

*Banjir  
Berpotensi Bahaya dan Ancaman  
Terhadap Kelestarian Lingkungan Hidup*

PROF. DR. IR. SYARIFUDDIN KADIR, M.SI



 **Banyubening**  
Penerbit

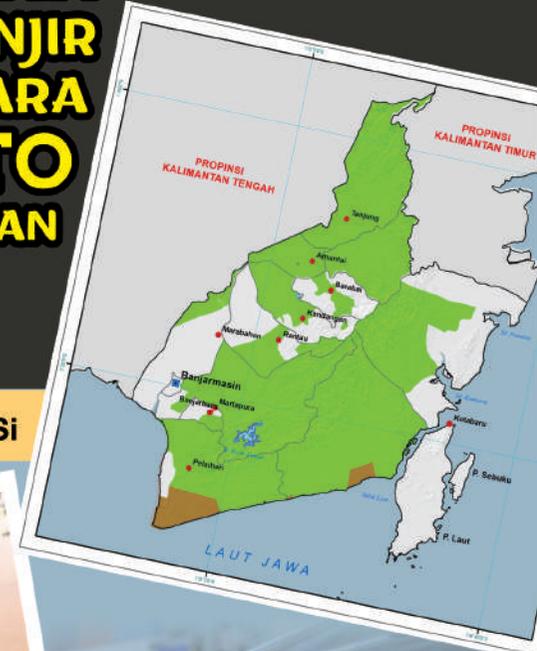


Prof. Dr. Ir. Syarifuddin Kadir, M.Si

PENGENDALIAN KERAWANAN BANJIR  
DI SUB DAS NEGARA DAS BARITO  
KALIMANTAN SELATAN

# PENGENDALIAN KERAWANAN BANJIR DI SUB DAS NEGARA DAS BARITO KALIMANTAN SELATAN

Prof. Dr. Ir. Syarifuddin Kadir, M.Si



PENERBIT BANYUBENING  
(CV BANYU BENING)

**PENGENDALIAN KERAWANAN BANJIR  
DI SUB DAS NEGARA DAS BARITO  
KALIMANTAN SELATAN**

Prof. Dr. Ir. Syarifuddin Kadir, M.Si

**PENERBIT BANYUBENING  
(CV BANYU BENING)**

# **PENGENDALIAN KERAWANAN BANJIR DI SUB DAS NEGARA DAS BARITO KALIMANTAN SELATAN**

**Penulis: Prof. Dr. Ir. Syarifuddin Kadir, M.Si**

Desain Cover :  
Nurlina, S.Si.,M.Sc

Tata Letak :  
Wiwin Tyas Istikowati, S.Hut., M.Sc., Ph.D  
Anggara Putra Yudha

Proofreader :  
Prof. Dr.Ir.Muhammad Ruslan M.S  
Dr.Ichsan Ridwan, S.Si., M.Kom.

14,5 x 21 cm  
xvii + 268 halaman  
Cetakan Pertama  
Maret 2020

**ISBN :**  
**978-623-91831-5-8**

Alamat:  
Jl. Sapta Marga Blok E No. 38 RT 007 RW 003  
Guntung Payung, Landasan Ulin, Banjarbaru 70721  
Telp/WA: 0821-1079-1314  
E-mail: [banyubeningbjb@gmail.com](mailto:banyubeningbjb@gmail.com)

**Copyright © 2020 by Penerbit Banyubening**

All Right Reserved

Hak cipta dilindungi undang-undang  
Dilarang keras menerjemahkan, memfotokopi, atau  
memperbanyak sebagian atau seluruh isi buku ini  
tanpa izin tertulis dari Penerbit.

# KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadiran Allah Rabbul Alamin yang telah melimpahkan karunia dan rahmatNya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Buku ini yang berjudul “**Pengendalian Kerawanan Banjir di Sub DAS Negara DAS Barito Kalimantan Selatan**”. Buku ini dibuat berdasarkan kajian dari: a) Hasil penelitian Penelitian Disertasi Program Doktor; b) Kegiatan literature review yang berkaitan dengan Kerawanan Banjir

Sub DAS Negara sebagai bagian dari DAS Barito, mempunyai sejumlah masalah lingkungan terkait dengan fungsinya sebagai pengatur tata air seperti: a) fluktuasi debit air yang tidak normal; b) rawan banjir; c) penyumbang sedimentasi; dan d) lahan kritis, sehingga termasuk salah satu dari 108 DAS di Indonesia yang diprioritaskan penanganannya. Selanjutnya Balai Penelitian dan Pengembangan Daerah Kalimantan Selatan dan Fakultas Kehutanan Unlam 2010 melaporkan bahwa pada bagian hilir sub DAS Negara di Kabupaten Tabalong pada periode tahun 2007 sampai 2010, terdapat 76 lokasi (desa) kejadian banjir dan di Kabupaten Hulu Sungai Utara 149 desa. Selanjutnya Kesbanglingmas Kabupaten Tabalong (2011) melaporkan bahwa kejadian bencana banjir tahun 2005 – 2010 di sub DAS Negara Kabupaten Tabalong cenderung meningkat.

Peningkatan luas lahan kritis, perubahan penggunaan lahan, peningkatan jumlah penduduk dan kecenderungan periode kejadian banjir yang semakin meningkat pada bagian hilir, perlu dilakukan kajian tata air DAS (jaringan sungai, infiltrasi dan debit air), dan kekritisian lahan sebagai paramater kunci menentukan kerawanan pemasok banjir yang melengkapi parameter lainnya (penggunaan lahan, curah hujan dan lereng).

Kebaruan (*Novelty*) pada kajian ini adalah: a) tata air (kerapatan aliran, debit air, dan infiltrasi); dan b) kekritisian lahan, sebagai parameter kunci menentukan kerawanan pemasok banjir untuk melengkapi

paramater lainnya (penggunaan lahan, curah hujan, dan lereng) yang telah dilakukan dan dilaporkan pada kajian penelitian sebelumnya.

Pada kesempatan in penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar besarnya kepada:

1. Rektor Universitas Lambung Mangkurat (Prof.Dr.Sutarto Hadi,M.Si.,M.Sc)
2. Dekan Fakultas Kehutanan Universitas Lambung Mangkurat Banjarbaru (Dr.H.Kissinger, S.Hut, M.Si)
3. Bapak Tim Promotor yang membimbing **penulis membuat disertasi yang terdiri atas: Prof. Dr. Ir. Zaenal Kusuma, S.U., sebagai Promotor; Prof. Dr. Ir. M. Lutfhi Rayes, M.S., sebagai Ko-Promotor-1; dan Prof. Dr. Ir. H. M. Ruslan,M.S., sebagai Ko-Promotor-2.**
4. Rekan-rekan yang tidak saya sampaikan namanya satu persatu yang telah membantu penyusunan buku ini
5. Ayahanda Abdul Kadir (Alm), Ibunda Hj.Siti Hawiah (Alm) yang melahirkan, membesarkan, memfasilitasi memperoleh ilmu pengetahuan, dan senantiasa mendoakan memperoleh nikmat kesehatan, rezeki dan ilmu pengetahuan semasa beliau masih hidup.
6. Ucapan terima kasih secara khusus kepada istri tercinta Hj. Khaerna Hamdat, SPd., putri dan putra (Nur Indriyani Syarifuddin, S.Farm., Apt., Annisaul Karimah Syarifuddin dan Muhammad Dhiyauddin) yang selalu mendoakan dan memberikan dorongan, kesabaran, membantu dalam penyelesaian buku ini.

Tulisan ini belumlah sempurna, namun, disusun dengan upaya maksimal untuk lebih teliti, walaupun demikian jika masih terdapat kekurangan, maka segala komentar, karenanya, demi penyempurnaannya buku ini akan diterima dengan senang dan untuk itu di ucapkan terima kasih.

Semoga buku ini dapat bermanfaat kepada dosen, mahasiswa, peneliti dan praktisi kehutanan, dan lingkungan hidup yang ingin mengetahui tentang kerawanan banjir dan upaya pengendaliannya di sub DAS Negara DAS Barito Provinsi Kalimantan Selatan.

Banjarbaru, Maret 2020

Penulis

A handwritten signature in black ink, consisting of several loops and a long horizontal stroke, positioned above the author's name.

Prof. Dr. Ir. H. Syarifuddin Kadir, M. Si  
NIP.19630408 198903 1 018

# DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR.....	iii
DAFTAR ISI .....	vi
DAFTAR TABEL .....	x
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
<b>BAB I PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Perumusan Masalah .....	5
1.3. Tujuan.....	5
1.4. Manfaat .....	6
<b>BAB II KONSEPSI UMUM.....</b>	<b>7</b>
2.1. Daerah Aliran Sungai .....	7
2.1.1. Penggunaan dan Penutupan Lahan.....	9
2.1.2. Curah Hujan .....	12
2.1.2.1. Metode Rata-Rata Aljabar Atau Aritmatik .....	13
2.1.2.2. Metode Polygon Thiesen .....	13
2.1.2.3. Metode Garis Isohyet.....	15
2.1.3. Lereng .....	17
2.1.3.1. Menggunakan Peta Lereng Buatan Instansi Lain .....	18
2.1.3.2. Menyiapkan Peta Lereng Dari Informasi Kontur .....	19
2.1.3.3. Menyiapkan Peta Lereng Dengan Menggunakan GIS.....	19
2.1.4. Tata Air (Kerapatan sungai, debit air dan infiltrasi) .....	21
2.1.4.1. Kerapatan Sungai .....	21
2.1.4.2. Debit Air .....	24
2.1.4.3. Infiltrasi .....	26
2.1.5. Kekritisan lahan .....	32
2.2. Erosi .....	34
2.2.1. Proses Terjadinya Erosi .....	34
2.2.2. Faktor Penentu Erosi.....	35
2.2.3. Pendugaan Erosi .....	37

2.2.4. Dampak, Pencegahan Dan Pengendalian Erosi .....	38
2.3. Banjir .....	39
2.3.1. Kejadian Banjir .....	42
2.3.2. Kerawanan Banjir .....	44
2.4. Upaya Pengendalian Banjir .....	51
2.4.1. Pengelolaan DAS Terpadu.....	53
2.4.2. Teknik Rehabilitasi Hutan dan Lahan .....	56
2.5. Analisis Strategi .....	60
2.5.1. Analisis Strategi Operasional (SWOT).....	60
2.5.2. Analisis Program Operasional (AHP) .....	61
<b>BAB III KERANGKA KONSEPTUAL KAJIAN.....</b>	<b>63</b>
3.1 Kerangka Konseptual.....	63
3.2 Asumsi .....	67
3.2.1 Normal .....	67
3.2.2 Tidak normal .....	67
3.3 Definisi Operasional .....	67
<b>BAB IV PENDEKATAN DAN METODE KAJIAN .....</b>	<b>72</b>
4.1. Tempat Dan Waktu Penelitian .....	72
4.1.1 Tempat Penelitian .....	72
4.1.2 Fungsi Kawasan Di Catchment Area Jaing Sub DAS Negara .....	74
4.2. Bahan Dan Alat .....	74
4.3. Teknik Pengumpulan Data Dan Parameter Yang Diamati .....	76
4.3.1 Penggunaan Dan Penutupan Lahan Lahan .....	76
4.3.2 Curah Hujan.....	77
4.3.3 Lereng.....	78
4.3.4 Tata Air (Kerapatan Sungai, Debit Air Dan Infiltrasi) .....	79
4.1.1.1. Kerapatan Sungai.....	79
4.1.1.2. Debit Air .....	80
4.3.1.3. Infiltrasi .....	82
4.3.5 Kekritisn Lahan .....	83
4.4. Analisis Data.....	85
4.4.1. Kejadian Banjir .....	85
4.4.2. Kerawanan Banjir .....	86

4.4.2.1. Penggunaan Dan Penutupan Lahan .....	86
4.4.2.2. Curah Hujan .....	87
4.4.2.3. Lereng .....	88
4.4.2.4. Tata air (kerapatan sungai, debit air dan infiltrasi)...	89
4.4.2.5. Tingkat Kekritisan Lahan .....	90
4.5. Analisis Strategi .....	96
4.5.1 Analisis Strategi Operasional (SWOT).....	96
4.5.2 Analisis Program Operasional (AHP).....	97
4.6. Arahan Pengendalian Banjir .....	98
4.6.1. Revolusi Hijau .....	98
4.6.2. Diagram Alir Konsep Pengelolaan DAS.....	99

**BAB V KARAKTERISTIK PENENTUAN KERAWANAN BANJIR..... 101**

5.1. Penggunaan dan Penutupan Lahan .....	103
5.1.1. Penggunaan dan Penutupan Lahan tahun 2013.....	103
5.1.2. Perubahan Penggunaan dan Penutupan Lahan tahun 2000 – 2013 .....	106
5.1.3. Upaya Pengendalian Perubahan Penggunaan dan Penutupan Lahan.....	110
5.2. Curah Hujan .....	117
5.2.1. Metode Penentuan Rata-Rata Curah Hujan .....	118
5.2.2. Kondisi Curah Hujan Catchment Area Jaing.....	120
5.2.3. Upaya Pengendalian Curah Hujan Untuk Kerawanan Banjir .....	128
5.3. Lereng.....	130
5.3.1. Pengaruh Lereng Untuk Kerawanan Banjir .....	130
5.3.2. Upaya Pengendalian Kecuraman Lereng .....	135
5.4. Tata Air .....	137
5.4.1. Kerapatan jaringan sungai .....	137
5.4.2. Debit air sungai.....	141
5.4.3. Infiltrasi .....	151
5.5. Lahan Kritis .....	166
5.5.1. Pengaruh Lahan Kritis Terhadap Kerawanan Banjir .....	166
5.5.2. Lahan Kritis di Catchment Area Jaing Sub DAS Negara .....	168
5.5.3. Tingkat Kekritisan Lahan Tahun 2003, 2009 dan 2013 .....	171

5.5.4. Upaya Pengendalian Lahan Kritis Untuk Pengendalian Kerawanan Pemasok Banjir .....	173
<b>BAB VI KERAWANAN BANJIR SUB DAS NEGARA DAS BARITO .....</b>	<b>179</b>
6.1 Kerawanan Banjir Di Catchment Area Jaing Sub DAS Negara .....	179
6.1.1 Penggunaan Dan Penutupan Lahan .....	180
6.1.2 Curah Hujan.....	182
6.1.3 Lereng.....	184
6.1.4 Tata Air (Kerapatan Jaringan Sungai, Debit Air Dan Infiltrasi) .....	185
6.1.4.1 Kerapatan Jaringan Sungai .....	185
6.1.5 Tingkat Kekritisan Lahan .....	187
6.2 Tingkat Kerawanan Banjir .....	188
6.3 Arahan Prioritas Kebijakan Rehabitasi Hutan Dan Lahan (RHL) Di Catchment Area Jaing.....	192
6.3.1 Risiko Bencana Banjir.....	192
6.3.2 Simulasi Pengendalian Tingkat Kerawanan Pemasok Banjir... ..	194
6.3.2.1. Alternatif I .....	195
6.3.2.2. Alternatif II .....	197
6.3.2.3. Alternatif III .....	199
6.4 Komponen Yang Terancam (Dampak Negatif Kejadian Banjir).....	201
6.4.1 Manusia .....	202
6.4.2 Prasarana Umum .....	202
6.4.3 Harta Benda Perorangan .....	202
6.4.4 Konsepsi Pengurangan Risiko Bencana.....	202
6.5 Upaya Pengendalian Banjir Di Sub DAS Negara (Hulu Dan Hilir) .....	203
6.5.1 Upaya Pengendalian Banjir Di Catchment Area Jaing Sub DAS Negara Bagian Hulu Sebagai Pemasok Kerawanan Banjir .....	203
6.5.2 Upaya Pengendalian Banjir Sub DAS Negara Bagian Hilir Sebagai Penerima Kerawanan Dan Kejadian Banjir .....	204
6.6 Analisis SWOT ( <i>Strengths, Weakness, Opportunity, Dan Threats</i> ) Pengendalian Kerawanan Banjir Di Catchment Area Jaing .....	205
6.7 Arahan Pengelolaan DAS.....	212

<b>BAB VII PENUTUP .....</b>	<b>219</b>
7.1 Kesimpulan .....	219
7.1.1. Karakteristik Catchment Area Jaing Sub Das Negara .....	219
7.1.2. Tingkat Kerawanan Banjir Kondisi Eksisting .....	219
7.1.3. Kebijakan Revolusi Hijau Untuk Pengendalian Kerawanan Banjir .....	219
7.1.4. Kebaruan (Novelty) Hasil Penelitian Untuk Pengendalian Kerawanan Banjir .....	220
7.2 Saran .....	221
7.2.1. Upaya Pengendalian Kerawanan Pemasok Banjir Sub DAS Negara Bagian Hulu .....	221
7.2.2. Upaya Pengendalian Kerawanan Banjir Sub DAS Negara Bagian Hilir Sebagai Penerima Kerawanan Dan Kejadian Banjir .....	222
 <b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>	 <b>223</b>
<b>BIODATA PENULIS .....</b>	<b>248</b>

# DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Tipe Iklim Berdasarkan Schmidt dan Fergusson (1951) .....	16
Tabel 2.2. Standar Evaluasi Koefisien Regim Sungai .....	26
Tabel 2.3. Hubungan Kemiringan Lereng dan Tingkat Infiltrasi (Chow, 1968).....	30
Tabel 2.4. Hubungan Permeabilitas Tanah dan Nilai Infiltrasi (Rayes, 2007).....	31
Tabel 2.5. Klasifikasi Nilai Hujan Infiltrasi (Chow, 1968).....	31
Tabel 2.6. Nilai Tingkat Infiltrasi Aktual (Chow, 1968).....	32
Tabel 2.7. Klasifikasi Tingkat Kekritisan Lahan Berdasarkan Total Skor .....	33
Tabel 2.8. Hasil Survey Lokasi Titik Kejadian Banjir Provinsi Kalimantan Selatan .....	43
Tabel 2.9. Formulasi Penentuan Potensi Pasokan Air Banjir (Paimin et al.,2009).....	45
Tabel 2.10. Faktor Karakteristik DAS Sebagai Penciri Daerah Rawan Banjir .....	47
Tabel 2.11. Faktor Karakteristik DAS Sebagai Penciri Daerah Rawan Banjir Genangan .....	48
Tabel 2.12. Parameter, Besaran dan Skor Penentuan Kerawanan Banjir Genangan.....	49
Tabel 4.1. Fungsi Kawasan di Catchment Area Jaing Sub DAS Negara .....	74
Tabel 4.2. Penggunaan dan Penutupan Lahan.....	77
Tabel 4.3. Curah Hujan Sebagai Variabel Kerawanan Banjir (Wischmeier, 1958; Chow, 1968; Wiersum dan Supriyo Ambar, 1980; dalam Kementerian Kehutanan 2009b).....	78
Tabel 4.4. Kriteria dan Indikator Penilai DAS.....	82
Tabel 4.5. Faktor Klasifikasi Infiltrasi Tanah untuk Penentuan Kerawanan Banjir (Lee,1986) .....	83
Tabel 4.6. Klasifikasi Tingkat Kekritisan Lahan Berdasarkan Total Skor.....	84
Tabel 4.7. Kriteria dan Skor Penggunaan dan Penutupan Lahan .....	
Tabel 4.8. Kriteria dan Skor Curah Hujan Sebagai Variabel Kerawanan Banjir.....	87
Tabel 4.9. Kriteria dan Skor Lereng Variabel Kerawanan Banjir .....	88

Tabel 4.10. Kriteria dan Skor Kerapatan Jaringan Sungai sebagai Parameter Kerawanan Banjir (Soewarno (1991) .....	89
Tabel 4.11. Kriteria dan Skor Koefisien Regime Sungai (Q maks/Q min) .....	90
Tabel 4.12. Kriteria dan Skor Infiltrasi (tekstur tanah) Sebagai Parameter Kerawanan Banjir (Lee, 1986) .....	90
Tabel 4.13. Kriteria dan Skor Tingkat Kekritisan Lahan Sebagai Parameter Kerawanan Banjir .....	91
Tabel 4.14. Bobot Parameter Kerawanan Pemasok Banjir di Catchment Area Jaing Sub DAS Negara Provinsi Kalimantan Selatan Paimin at al.,2009; dan Hasil Analisis Metode Penelitian, 2014) .....	93
Tabel 4.15. Klasifikasi Tingkat Kerawanan Banjir dan Total Nilai Kelas Tingkat Kerawanan .....	95
Tabel 5.1. Penggunaan dan Penutupan Lahan di Catchment Area Jaing Sub DAS Negara Tahun 2013 .....	104
Tabel 5.2. Penggunaan dan Penutupan Lahan di Catchment Area Jaing sub DAS Negara (tahun 2000 sampai 2013) .....	108
Tabel 5.3. Penutupan Lahan Rata-Rata Tahun 2000, 2011 dan 2013 .....	110
Tabel 5.4. Curah Hujan Rata-Rata dari 3 Stasiun (Murung Pudak, Kembang Kuning dan Masingai) Tahun 2003 sampai 2012 ...	122
Tabel 5.5. Kelas Lereng di Catchment Area Jaing Sub DAS Negara .....	132
Tabel 5.6. Debit Air Rata-Rata, Maksimum dan Minimum Setiap Bulan .....	143
Tabel 5.7. Debit dan Tinggi Muka Air (TMA) Rata-Rata Bulan Mei – Juli 2012 (Stasiun Jaing Hilir, Tengah dan Hulu) .....	146
Tabel 5.8. Rata-rata Kapasitas Infiltrasi Pada Berbagai Penggunaan .....	154
Tabel 5.9. Nilai Infiltrasi Karet Alam dan Karet Unggul di SubDAS Negara .....	156
Tabel 5.10. Rata-Rata Volume Infiltrasi Pada Berbagai Penggunaan dan Penutupan Lahan di Catchment Area Jaing .....	157
Tabel 5.11. Kapasitas dan Volume Infiltrasi Pada Penutupan Lahan Karet Alam dan Unggul di Catchment Area Jaing Sub DAS Negara .....	160

Tabel 5.12. Tingkat Kekritisan Lahan Berdasarkan Wilayah Administrasi.....	169
Tabel 5.13. Tingkat Kekritisan Lahan Berdasarkan Fungsi Kawasan .....	171
Tabel 5.14. Tingkat Kekritisan Lahan Tahun 2003, 2009 dan 2013 di Catchment Area Jaing Sub DAS Negara .....	172
Tabel 6.1. Nilai Skor Setiap Penutupan dan Penggunaan Lahan di Catchment Area Jaing Sub DAS Negara Tahun 2013 .....	182
Tabel 6.2. Kriteria dan Skor Curah Hujan Sebagai Variabel Kerawanan Banjir.....	183
Tabel 6.3. Kriteria dan Skor Lereng Sebagai Variabel Kerawanan Banjir.....	184
Tabel 6.4. Kriteria dan Skor Kerapatan Sungai Sebagai Parameter Kerawanan Banjir .....	186
Tabel 6.5. Kriteria dan Skor Koefisien Regime Sungai Sebagai Parameter Kerawanan Banjir .....	186
Tabel 6.6. Kriteria dan Skor Infiltrasi Sebagai Parameter Kerawanan Banjir.....	187
Tabel 6.7. Kriteria dan Skor Tingkat Kekritisan Lahan tahun 2013 .....	188
Tabel 6.8. Tingkat Kerawanan Banjir di Catchment Area Jaing Sub DAS Negara (Kondisi Eksisting).....	189
Tabel 6.9. Hasil Simulasi Tingkat Kerawanan Pemasok Banjir Pada Alternatif I (Semak Belukar Menjadi Tanaman Karet Alam).....	196
Tabel 6.10. Hasil Simulasi Tingkat Kerawanan Pemasok Banjir Pada Alternatif II (Lahan Terbuka Menjadi Tanaman Karet Alam) .....	198
Tabel 6.11. Hasil Simulasi Tingkat Kerawanan Pemasok Banjir Pada Alternatif III (Reklamasi Bekas Pertambangan Menjadi Tanaman Kehutanan) .....	200
Tabel 6.12. Matrik Tingkat Kerawanan Pemasok Banjir Kondisi Eksisting, dan Alternatif I - III (hasil simulasi alternatif I sampai III) .....	200
Tabel 6.13. Matrik Analisis SWOT Pengendalian Kerawanan Pemasok Banjir.....	209

Tabel 6.14. Analisis Terhadap Faktor Penggunaan dan Penutupan Lahan.....	213
Tabel 6.15. Bobot dan Skor Faktor Biofisik Karakteristik Catchment Area Jaing.....	214
Tabel 6.16. Tingkat Kerawanan Banjir di Catchment Area Jaing Sub DAS Negara (Kondisi Eksisting) .....	214
Tabel 6.17. Arahan Kebijakan RHL untuk Penggunaan Lahan di Catchment Area Jaing sub DAS Negara .....	216

# DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. DAS Sebagai Pengatur Tata Air (Poerwo, 2010) .....	8
Gambar 2.2. Metode Rata-Rata Aljabar Atau Aritmatik .....	13
Gambar 2.3. Metode Polygon Thiesen .....	14
Gambar 2.4. Urutan Nomor Orde Sungai (Ramdan, 2004.) .....	23
Gambar 2.5. Siklus Hidrologi Suatu DAS (Kementerian Kehutanan, 2009d) .....	41
Gambar 2.6. Upaya RHL Berbasis Pengelolaan DAS (Dep.Kehutanan, 2006).....	53
Gambar 2.7. Proses penyusunan rencana pengelolaan DAS (RPDAS) terpadu (Kementerian Kehutanan, 2009c).....	56
Gambar 2.8. Matriks analisis SWOT (Rangkuti dan Freddy, 2005) .....	61
Gambar 3.1. Kerangka Konseptual Pengelolaan DAS Untuk Pengendalian Banjir Di sub DAS Negara DAS Barito Provinsi Kalimantan Selatan .....	64
Gambar 4.1. Peta Administrasi Catchment Area Jaing Sub DAS Negara .....	72
Gambar 4.2. Peta Lokasi Catchment Area Jaing di Sub DAS Negara.....	73
Gambar 4.3. Stasiun Pengukuran Debit Air Menggunakan Pengukur TMA Automatic .....	81
Gambar 4.4. Gambar 14. Stasiun Pengukuran Debit Air Menggunakan Pengukur TMA manual Dan Menggunakan Current Meter... 81	
Gambar 4.5. Diagram Alir Penentuan Tingkat Kekritisan Lahan .....	85
Gambar 4.6. Struktur Hipotetik Dari AHP Upaya Pengendalian Banjir.....	98
Gambar 4.7. Diagram Alir Konseptual Pengelolaan Daerah Aliran Sungai Untuk Pengendalian Banjir di Sub DAS Negara .....	100
Gambar 5.1. Peta Titik Pengambilan Sampel Penggunaan Dan Penutupan Lahan, Kelerengan Dan Infiltrasi Di Catchment Area Jaing Sub DAS Negara .....	102
Gambar 5.2. Penggunaan Lahan Dan Penutupan Lahan Di Catchment Area Jaing Sub DAS Negara Tahun 2013.....	105
Gambar 5.3. Penggunaan Lahan Perkebunan Karet .....	106

Gambar 5.4. Grafik Perubahan Penutupan Lahan Di Catchment Area Jaing sub DAS Negara (2000 – 2013).....	107
Gambar 5.5. Wawancara Dengan Masyarakat Di Catchment Area Jaing .....	112
Gambar 5.6. Penggunaan Lahan Dalam Bentuk Agroforestry (Dayak Deah) Untuk Kesejahteraan Dan Tata Air .....	114
Gambar 5.7. Siklus Hidrologi Yang Menunjukkan Kesatuan Sistem Tanah-Air (Baja, 2012a).....	117
Gambar 5.8. Peta curah hujan Catchment area Jaing sub DAS Negara menggunakan metode Polygon Thiessen .....	120
Gambar 5.9. Grafik kondisi curah hujan setiap tahun dalam bulan (Januari sampai – Desember) tahun 2003 – 2012.....	124
Gambar 5.10. Sketsa Sederhana Siklus Hidrologi (Soewarno,2000) .....	126
Gambar 5.11. Aliran Batang Dan Alir Lolos Mencapai Permukaan Tanah.....	127
Gambar 5.12. Grafik Luas Masing-Masing Kelas Lereng.....	133
Gambar 5.13. Peta Kelas Lereng Di Catchment Area Jaing sub DAS Negara .....	134
Gambar 5.14. Kejadian Banjir Pada Bagian Hilir Sub DAS Negara .....	137
Gambar 5.15. Peta Digital Elevation Model (DEM) Catchment Area Jaing.....	138
Gambar 5.16. Peta Jaringan Sungai Di Catchment Area Jaing.....	140
Gambar 5.17. Diskusi Terkait Debit Air, Kondisi Penggunaan Lahan Dan Lokasi Penelitian (Kepada Desa Pangelak Kecamatan Upau, Kapolsek Upau, Prof. Dr. Ir. Zaenal Kusuma, S.U., Dan Syarifuddin Kadir).....	142
Gambar 5.18. Hidrograf Debit Air Catchment Area Jaing sub DAS Negara tahun 2012 (Stasiun Pengukuran Debit Air Pada Sungai Jaing Hilir) .....	144
Gambar 5.19. Pengukuran Debit Air Bagian Tengah Catchment Area Jaing Sub DAS Negara Menggunakan Current Meter (Stasiun Pengukuran Debit Air).....	145
Gambar 5.20. Grafik TMA dan Debit Air Setiap Bulan (Mei-Juli) di Catchment Area Jaing Sub DAS Negara.....	147

Gambar 5.21. Peta Pengukuran Debit Air (Bagian Hulu, Tengah Dan Hilir).....	148
Gambar 5.22. Pengukuran Debit Air Menggunakan Current Meter .....	148
Gambar 5.23. Persiapan Pengukuran Infiltrasi .....	152
Gambar 5.24. Pengukuran Infiltrasi Di Catchment Area Jaing Pada Waktu Bersamaan Kegiatan Supervisi Promotor Prof. Zaenal Kusuma, S.U.....	152
Gambar 5.25. Grafik Kapasitas Infiltrasi Pada Setiap Penggunaan Lahan Karet Alam Pada Tekstur Lempung Berliat .....	161
Gambar 5.26. Tingkat kekritisan lahan tahun 2003, 2009 dan 2013 di Catchment Area Jaing sub DAS Negara .....	173
Gambar 5.27. Peta Lahan Kritis Catchment Area Jaing Sub DAS Negara .....	174
Gambar 6.1. Peta Tingkat Kerawanan Banjir Di Catchment Area jaing Sub DAS Negara (Kondisi Eksisting).....	190
Gambar 6.2. Dokumentasi acara sosialisasi “Banjir dan Upaya Pengendaliannya” .....	191
Gambar 6.3. Dokumentasi bersama Wakil Bupati, Ketua DPRD Kab.Tabalong dan para pengambil kebijakan lainnya. pada acara sosialisasi “ Banjir dan Upaya Pengendaliannya di Sub DAS Negara.....	193
Gambar 6.4. Peta Fungsi Kawasan Catchment Area Jaing Sub DAS Negara .....	195
Gambar 6.5. Hasil Simulasi Tingkat Kerawanan Pemasok Banjir Pada Alternatif I.....	197
Gambar 6.6. Hasil Simulasi Tingkat Kerawanan Pemasok Banjir Pada Alternatif II.....	198
Gambar 6.7. Hasil Simulasi Tingkat Kerawanan Pemasok Banjir Pada Alternatif III .....	201
Gambar 6.8. Diagram Posisi Strategi Pengendalian Kerawanan Pemasok Banjir.....	208



# BAB I

## PENDAHULUAN

---

---

### 1.1. Latar Belakang

**B**anjir merupakan peristiwa yang terjadi akibat kondisi tata air dan lahan kritis yang tidak normal serta tingginya curah hujan pada bagian hulu dan tengah suatu DAS atau *catchment area* melebihi kondisi normal. Curah hujan mengalir kebagian hilir hingga melebihi daya tampung sungai, melimpah dan menggenangi bagian kiri dan kanan sungai.

Menurut Zhang *et al.* (2008), DAS umumnya dianggap sebagai unit pembangunan terutama daerah yang mengandalkan ketersediaan air. Hernandez-Ramirez, (2008) mengemukakan bahwa perencanaan penggunaan lahan, pengelolaan dan restorasi ekologi menggunakan DAS sebagai unit pengelolaan. Selanjutnya, menurut Soemarno (2011) DAS dapat dimanfaatkan sebagai sarana pemantauan tata guna lahan yang baik, karena siklus hidrologi DAS menunjukkan keterkaitan biofisik antara daerah hulu, tengah dan hilir sebagai kesatuan ekosistem.

Masalah utama yang dihadapi ekosistem DAS umumnya adalah peningkatan populasi manusia dan perubahan penggunaan lahan, yang dapat menurunkan kualitas dan kuantitas air (Kometa dan Ebot, 2012). Selanjutnya menurut Kusuma (2007), interaksi komponen dalam ekosistem DAS ini dapat dinyatakan dalam bentuk keseimbangan *input* dan *output*, ini mencirikan keadaan hidrologi ekosistem tersebut.

Asdak (2010) mengemukakan bahwa ekosistem terdiri atas komponen biotik dan abiotik yang saling berinteraksi membentuk satu kesatuan yang teratur, dinyatakan juga bahwa DAS dibagi menjadi daerah hulu yang dicirikan oleh kerapatan drainase, kelerengan yang lebih tinggi dan jenis vegetasi umumnya berupa tegakan hutan dan atau lainnya sehingga bukan merupakan daerah rawan banjir tetapi rawan pemasok banjir, sebaliknya daerah hilir merupakan daerah rawan banjir.

Menurut Rayes (2007), dalam memanfaatkan sumberdaya alam dalam suatu DAS untuk penggunaan lahan tertentu, diperlukan pertimbangan yang matang dalam mengambil keputusan mengingat tingginya persaingan dalam penggunaan lahan, baik untuk pertanian maupun non pertanian.

DAS atau *catchment area* merupakan suatu ekosistem yang terdiri atas komponen biofisik dan komponen sosial ekonomi yang saling berinteraksi dalam proses siklus hidrologi. Komponen biofisik di *catchment area* Jaing terdiri atas: a) komponen penggunaan lahan; b) tanah; dan c) air sebagai bagian dari curah hujan. Komponen sosial ekonomi yang merupakan aktivitas manusia untuk memenuhi kebutuhan hidup dan meningkatkan kesejahteraannya, melalui usaha budidaya tanaman semusim dan atau tanaman tahunan. Proses biofisik hidrologi secara alami dan aktivitas manusia di *catchment area* dapat menurunkan fungsinya sebagai pengatur tata air dan dapat meningkatkan tingkat kerawanan sebagai pemasok banjir pada bagian hilir sub DAS Negara.

Besarnya pasokan air banjir diidentifikasi dari besarnya curah hujan dan karakteristik daerah tangkapan air, untuk proses tata air seperti infiltrasi dan penutupan lahan (Paimin, Sukresno, dan Pramono, 2009). Selanjutnya menurut Zhang dan Wang (2007), banjir adalah hasil dari faktor-faktor saling terkait yang kompleks termasuk, iklim, topografi, aspek topologi dan antropogenik. Kemudian dinyatakan juga bahwa dalam konteks perubahan global dan pemanasan iklim, penggunaan lahan dan perubahan tutupan lahan menjadi perhatian utama karena perannya yang penting dalam perubahan limpasan, erosi tanah, pengendalian dan pencegahan banjir. Penutupan lahan menjadi faktor utama penyebab terjadinya variasi aliran permukaan yang merupakan sumber kerawanan banjir, walaupun terjadi perubahan curah hujan (Jiang, Huang, dan Ruan, 2008).

Sub DAS Negara sebagai bagian dari DAS Barito, mempunyai sejumlah masalah lingkungan terkait dengan fungsinya sebagai pengatur tata air, seperti fluktuasi debit air yang tidak normal, rawan banjir, penyumbang sedimentasi, dan lahan kritis, sehingga termasuk salah satu

dari 108 DAS di Indonesia yang diprioritaskan penanganannya dan di Provinsi Kalimantan Selatan termasuk super prioritas (Keputusan Menhut No. SK. 328/Menhut-II/2009). Provinsi Kalimantan Selatan, terdapat lahan kritis seluas 761.042,6 ha atau 20,6 % dari total luas wilayah ini, yang tersebar pada 12 kabupaten/kota (Rahmanto, 2013). Selanjutnya menurut Kadir (2011), sub DAS Negara terdapat lahan kritis seluas 194,661 ha atau 18 % dari total luas sub DAS ini. Selain itu, Suryatinah (2010) melaporkan bahwa sebanyak 82 Kecamatan dan 550 Desa yang tersebar di Provinsi Kalimantan Selatan termasuk sub DAS Negara, ternyata masih rawan banjir sehingga kedepan perlu pengelolaan dan pengendalian banjir yang terencana serta menyeluruh. Data penggunaan lahan tahun 2000 - 2011, terlihat bahwa di *catchment area* Jaing telah terjadi perubahan penggunaan lahan (Balai Pemantapan Kawasan Hutan wilayah V Kalimantan, 2012).

Balai Penelitian dan Pengembangan Daerah Kalimantan Selatan dan Fakultas Kehutanan Unlam 2010 melaporkan bahwa pada bagian hilir sub DAS Negara di Kabupaten Tabalong pada periode tahun 2007 sampai 2010, terdapat 76 lokasi (desa) kejadian banjir di Kabupaten Hulu Sungai Utara 149 desa. Selanjutnya Kesbanglingmas Kabupaten Tabalong (2011) melaporkan bahwa kejadian bencana banjir tahun 2005 – 2010 di sub DAS Negara Kabupaten Tabalong semakin meningkat. Selain itu pada *catchment area* ini terdapat didalamnya areal konsesi pertambangan PT Adaro Indonesia, area pemukiman penduduk, perkebunan karet dan kelapa sawit. *Catchment area* ini terdapat kawasan lindung dan kawasan budidaya, selain itu pada bagian hilir *catchment area* ini terdapat areal persawahan dan industri yang senantiasa mengharapkan ketersediaan air secara lestari, hal lain yang mendukung penelitian ini adalah pada akhir tahun 2010 telah dibangun Stasiun Pengamat Arus Sungai (SPAS) dan aksesibilitas terjangkau.

*Catchment area* Jaing sub DAS Negara seluas 25.852,1 ha, terdapat 11 jenis penutupan dan penggunaan lahan, digunakan kebun karet 16.737,2 ha (64,7%). Masyarakat Dayak Deah berkebun karet untuk meningkatkan kesejahteraannya secara turun temurun yang berkembang sejak tahun 1909 di *catchment area* ini di luar atau dalam kawasan hutan.

Penggunaan dan pentupan lahan yang tidak sesuai dapat menurunkan fungsi DAS sebagai pengatur tata air, sehingga perlu adanya Kondisi DAS sebagai pemasok kerawanan banjir, yang sehingga perlu adanya kajian indikasi dan implikasi dari kerusakan lingkungan pada DAS tersebut (Kometa dan Ebot, 2012). Selanjutnya perluasan tanaman pertanian dapat berdampak pada kawasan hutan (Meng *et al.*, 2011), sesuai Liu dan Chen (2006) mengemukakan bahwa pertumbuhan penduduk dan perluasan lahan pertanian di bagian hulu dan tengah DAS, secara signifikan merangsang perubahan ekosistem dan menyebabkan perubahan jumlah air pada bagian hilir DAS.

Asdak (2010) mengemukakan bahwa Infiltrasi sebagai salah satu faktor dalam siklus hidrologi memainkan peranan penting dalam mendistribusi curah hujan, sehingga sangat berpengaruh terhadap limpasan permukaan, banjir dan ketersediaan air. Infiltrasi yang menyebabkan tersimpannya air di dalam tanah secara umum dipengaruhi oleh berbagai sifat tanah dan vegetasi, tersimpannya air dalam tanah sebagai bagian dari proses siklus hidrologi (Syed *et al.*, 2008). Selanjutnya Yang dan Zhang (2011) mengemukakan bahwa umumnya aliran permukaan hanya terjadi ketika intensitas curah hujan lebih besar dari laju infiltrasi.

Sub DAS Negara bagian hulu mempunyai peranan perlindungan dari segi tata air terhadap DAS hilir, revolusi hijau melalui kegiatan vegetatif meningkatkan peranan sebagai pengatur tata air, kegiatan sosial-ekonomi dan budaya masyarakat merupakan bentuk intervensi manusia terhadap sistem alami DAS, seperti pengembangan lahan untuk pemukiman dan kawasan budidaya untuk peningkatan kesejahteraan masyarakat, hal ini tidak lepas dari semakin meningkatnya tuntutan atas sumberdaya alam.

Peningkatan luas lahan kritis, perubahan penggunaan lahan, peningkatan jumlah penduduk dan kecenderungan periode kejadian banjir yang semakin meningkat pada bagian hilir, perlu dilakukan kajian tata air DAS (jaringan sungai, infiltrasi dan debit air), dan kekritisannya lahan sebagai

paramater kunci menentukan kerawanan pemasok banjir yang melengkapi parameter lainnya (penggunaan lahan, curah hujan dan lereng).

Kajian ini diharapkan, agar diperoleh arahan yang mampu menimbulkan dampak positif terhadap pengendalian kerawanan pemasok banjir, dengan menentukan teknik revolusi hijau baik secara vegetatif maupun secara sipil teknis yang diharapkan dapat menormalkan fluktuasi debit air, meningkatkan infiltrasi, tingkat kekeritisan lahan yang rendah yang pada gilirannya dapat meningkatkan fungsi DAS sebagai pengatur tata air, meningkatkan produktivitas lahan dan meningkatkan kesejahteraan masyarakat di sub DAS Negara.

### **1.2. Perumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan di atas, pertanyaan-pertanyaan penelitian yang akan dikaji dan dianalisis adalah:

1. Apakah karakteristik mendukung fungsi DAS pengatur tata air untuk pengendalian kerawanan banjir.
2. Apakah teknik rehabilitasi hutan dan lahan secara vegetatif dan mekanis yang dijadikan acuan oleh para pelaksana dan pengambil kebijakan pengelolaan sub DAS Negara Provinsi Kalimantan Selatan, dapat meningkatkan fungsinya sebagai pengatur tata air yang baik untuk pengendalian kerawanan pemasok banjir.
3. Apakah arahan teknik rehabilitasi hutan dan lahan baik secara vegetatif maupun secara mekanis mampu menimbulkan dampak positif terhadap pengendalian kerawanan pemasok banjir di sub DAS Negara DAS Barito Provinsi Kalimantan Selatan.

### **1.3. Tujuan**

Penelitian ini bertujuan merumuskan arahan pengelolaan daerah aliran sungai dalam rangka pengendalian kerawanan pemasok banjir di sub DAS Negara Provinsi Kalimantan Selatan, tujuan ini dilakukan melalui tahapan kajian sebagai berikut:

1. Menganalisis karakteristik Biofisik sub DAS Negara DAS Barito Provinsi Kalimantan Selatan.
2. Menentukan tingkat kerawanan pemasok banjir sub DAS Negara DAS Barito Provinsi Kalimantan Selatan.

3. Menentukan arahan prioritas kebijakan revolusi hijau di sub DAS Negara DAS Barito Provinsi Kalimantan Selatan untuk pengendalian kerawanan banjir.

#### **1.4. Manfaat**

Hasil kajian pengelolaan DAS yang dilaksanakan di sub DAS Negara diharapkan dapat bermanfaat.

1. Untuk pengembangan ilmu pengetahuan dan teknologi (IPTEK) dalam rangka kajian kerawanan banjir dan metode pengendaliannya.
2. Acuan dalam memahami masalah yang berhubungan dengan karakteristik sub DAS Negara DAS Barito Provinsi Kalimantan Selatan dan pengaruhnya terhadap kerawanan banjir.
3. Acuan bagi para perencana pengelolaan lingkungan hidup khususnya yang berhubungan dengan kerawanan banjir di sub DAS Negara.

## BAB II

# KONSEPSI UMUM

---

---

### 2.1. Daerah Aliran Sungai

**A**sdak (2010) mengemukakan bahwa DAS merupakan ekosistem yang di dalamnya terjadi proses biofisik hidrologis yang dapat terjadi secara alamiah, selain itu, DAS merupakan tempat aktivitas manusia untuk kepentingan sosial-ekonomi dan untuk kepentingan budaya. Proses biofisik hidrologis DAS merupakan bagian dari siklus hidrologis, sedangkan kegiatan sosial-ekonomi dan budaya masyarakat dilakukan untuk meningkatkan kesejahteraannya merupakan bentuk intervensi manusia terhadap sistem alami DAS yang bermukim dalam DAS dan sekitarnya.

Aktivitas manusia dalam memanfaatkan sumberdaya alam hutan, tanah dan air untuk budidaya tanaman, pertambangan, pembangunan dan kegiatan lainnya dapat mengakibatkan terjadi perubahan kondisi tata air suatu DAS ataupun pada ukuran lebih kecil seperti sub DAS atau sub-sub DAS. Fungsi DAS sebagai pengatur tata air disajikan pada Gambar 2.1.



**Gambar 2.1.** DAS sebagai pengatur tata air (Poerwo, 2010).

Masyarakat pedesaan di DAS, berupaya meningkatkan kesejahteraannya melalui kegiatan pertanian, namun hal ini dapat merusak ekosistem DAS, sebagai pengatur tata air, dan untuk kelestarian lingkungan pada DAS tersebut (Kometa dan Ebot, 2012). Selanjutnya Budhiono dan Murdiyarso (1990) mengemukakan bahwa daerah aliran sungai merupakan suatu “ekosistem yang di dalamnya terjadi interaksi diantara komponen-komponen fisik (tanah dan iklim), dan faktor biotik (vegetasi)”. Selain itu, menurut Kusuma (2007), interaksi komponen dalam ekosistem DAS yang terdiri atas beberapa komponen penyusunnya dan sedimen yang dihasilkan ini mencirikan adanya proses hidrologi ekosistem tersebut.

Hernandez-Ram (2008), menyatakan bahwa DAS merupakan ekosistem sumberdaya alam yang di dalamnya terdapat proses *input-output*, hal ini karena ekosistem merupakan suatu sistem yang terdiri atas komponen-komponen yang saling berinteraksi sehingga membentuk suatu kesatuan, sebagai suatu ekosistem. DAS yang merupakan suatu ekosistem terbuka yang terdiri atas *input* berupa curah hujan sebagai hasil proses

kondensasi yang mencapai permukaan bumi, sedangkan *output* berupa debit air dan *evapotranspirasi* dari vegetasi dan permukaan bumi lainnya.

Komponen DAS atau *catchment area* yang berupa vegetasi, tanah dan air dalam hal ini sebagai processor. Pada Gambar 1 menunjukkan bahwa adanya hubungan timbal balik antar komponen ekosistem DAS, maka apabila terjadi perubahan pada salah satu komponen lingkungan, ia akan mempengaruhi komponen yang lainnya, Perubahan komponen tersebut akan mempengaruhi keutuhan sistem ekologi di daerah tersebut (Asdak, 2007).

Menurut Sirang, Kadir, dan Jauhari (2010) mengemukakan bahwa dalam penyusunan *data base* DAS terutama dalam rangka perencanaan pengelolaan DAS dan rehabilitasi hutan dan lahan, maka batas DAS perlu didelineasi setiap DAS dan sub DAS menggunakan *Geographic Information System* (GIS) sekaligus mereview kembali batas sub DAS yang pernah dibuat sebelumnya, hal ini bertujuan agar dalam pemantauan dan evaluasi yang berkaitan erat dengan pengaruh kondisi hidrologi dapat diidentifikasi dengan jelas dan mudah.

Karakteristik *catchment area* suatu DAS atau sub DAS dapat menjadi parameter penentuan kondisi hidrologi seperti; kerawanan banjir, kekeringan dan longsor. Karakteristik *catchment area* Jaing sub DAS Negara di Kabupaten Tabalong yang menjadi parameter identifikasi atau penentuan kerawanan banjir disajikan sebagai berikut.

### **2.1.1. Penggunaan dan Penutupan Lahan**

Penggunaan lahan yang dilaksanakan sesuai dengan peruntukannya pada kawasan lindung dan atau kawasan budidaya pertanian akan memberikan keuntungan maksimum, untuk kepentingan perlindungan dan untuk kesejahteraan masyarakat (Zhang dan Wang, 2007). Penggunaan lahan adalah segala macam campur tangan manusia, baik berpindah-pindah ataupun menetap terhadap suatu tempat atau kelompok sumberdaya alam dan sumberdaya buatan, yang secara keseluruhan disebut lahan, dengan tujuan untuk mencukupi kebutuhan keluarganya baik spiritual atau material, ataupun kebutuhan keduanya.

Penggunaan lahan pada umumnya digunakan berdasarkan pada pemanfaatan lahan masa kini (*present land use*), karena aktivitas manusia bersifat dinamis, sehingga perhatian kajian seringkali diarahkan pada perubahan penggunaan lahan (baik secara kualitatif maupun kuantitatif) atau segala sesuatu yang berpengaruh pada lahan, sehingga penggunaan lahan dalam kenyataannya di lapangan menunjukkan suatu kompleksitas.

Dalam inventarisasi seringkali dilakukan pengelompokan dan penggolongan atau klasifikasi agar dapat diperlakukan sebagai unit-unit yang seragam untuk suatu tujuan khusus (BPDAS Barito, 2009). Selanjutnya menurut Kusuma (2007) mengemukakan bahwa karakteristik vegetasi dalam suatu DAS seringkali dapat dikenal dengan jalan membedakan tipe-tipe penggunaan lahan utama seperti hutan, padang rumput, lahan pertanian, lahan pemukiman dan kemudian menghitung persentase luasnya dalam suatu DAS.

Kementerian Kehutanan (2009<sup>b</sup>) menyatakan bahwa pembuatan peta unit lahan dilakukan dengan *overlay* menggunakan GIS. *Overlay* untuk pembuatan peta unit lahan dilakukan berdasarkan tujuan penggunaan pata unit lahan. Untuk perencanaan kegiatan pengelolaan DAS dilakukan *overlay* karakteristik DAS yang terdiri atas: a) lereng; b) tanah; dan atau c) penggunaan lahan menggunakan metode *intersect*. Poligon yang diperoleh selanjutnya dilakukan pemberian nomor dan simbol setiap unit.

*Raharjo (2011) mengemukakan bahwa penutupan lahan pada suatu DAS berkaitan dengan sesuatu jenis yang nampak di permukaan bumi, sedangkan penggunaan lahan berkaitan dengan pemanfaatan obyek oleh manusia untuk memenuhi kebutuhannya. Penutupan lahan pada suatu DAS berkaitan dengan kondisi fisik yang terdiri atas: a) vegetasi; b) tanah; c) air; d) dan unsur-unsur budaya yang ada di permukaan bumi tanpa memperhatikan aktivitas manusia terhadap penggunaan suatu obyek dipermukaan bumi. Penutupan lahan merupakan kondisi alamiah, sedangkan penggunaan lahan pada suatu DAS atau suatu wilayah administrasi berkaitan dengan aktivitas manusia.*

Selanjutnya Holway dan Burby (1993) mengemukakan bahwa penggunaan lahan yang dilakukan sesuai dengan peruntukannya, seperti

untuk pemukiman pada lahan yang relatif datar atau lahan lainnya yang dipersyaratkan dengan elevasi bangunan yang dapat mengurangi risiko bencana alam banjir.

Penggunaan lahan dalam suatu DAS adalah bagaimana suatu lahan dikelaskan berdasarkan aktivitas manusia dalam pemanfaatannya, sedangkan penutupan lahan adalah properti alamiah dari lahan tersebut. Selanjutnya Badan Penelitian dan Pengembangan Daerah Provinsi Kalimantan Selatan dan Fakultas Kehutanan Unlam (2010) mengemukakan bahwa penggunaan lahan ialah faktor yang berpengaruh terhadap kondisi tata air suatu DAS atau sub-DAS.

Penggunaan lahan yang digunakan sebagai unsur utama dalam penentuan tingkat kerawanan banjir yang diperoleh dari hasil interpretasi/penafsiran citra *landsat*. Penggunaan dan penutupan lahan merupakan bagian dari karakteristik suatu DAS yang menjadi parameter penentuan tingkat kerawanan pemasok banjir yang menyebabkan periode kejadian banjir semakin meningkat.

Menurut Zhang dan Barten (2009) melaporkan bahwa perubahan penutupan lahan dengan kegiatan penebangan kayu menyebabkan terjadi perubahan karakteristik aliran *headwater* seperti kuantitas dan waktu aliran dasar dan aliran badai, konsentrasi sedimen dan nutrisi terlarut, suhu air, dan stabilitas saluran aliran tahunan dalam kondisi normal. Selanjutnya dikemukakan juga bahwa penebangan kayu umumnya mengurangi transpirasi dan intersepsi kanopi pada suatu tegakan, selanjutnya penurunan *evapotranspirasi* akan menyebabkan aliran permukaan meningkat

Gregory, Yanli, dan Barten (2007) mengemukakan bahwa penggunaan lahan dikategorikan ke dalam tiga indeks prioritas sebagai berikut:

- a. Prioritas indeks konservasi untuk hutan dan lahan basah penting untuk peran mereka dalam memasok air bersih,
- b. Prioritas indeks pemulihan untuk daerah dengan potensi merugikan yang mempengaruhi pasokan air jika praktek pengelolaan

terbaik, tidak diikuti, dan prioritas indeks manajemen sumberdaya air untuk kemungkinan sumber-sumber pencemaran sumber *nonpoint*.

### 2.1.2. Curah Hujan

Hidayat (2011) melaporkan bahwa curah hujan adalah bagian dari siklus hidrologi yang mencapai permukaan bumi baik melalui vegetasi yang terdapat pada suatu DAS ataupun langsung ke permukaan bumi yang selanjutnya melalui proses hidrologi kembali ke atmosfer. Curah hujan yang mencapai permukaan bumi ditentukan melalui suatu penakar yang dinyatakan dalam satuan satu mm yang dapat disetarakan pada tempat yang datar seluas satu m<sup>2</sup>, tanpa adanya kebocoran, penguapan ataupun proses mengalir dan meresap ketempat lainnya.

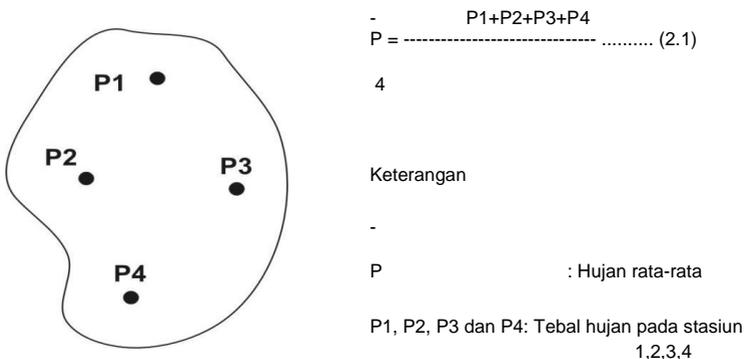
Limantara (2010) mengemukakan bahwa presipitasi diartikan sebagai air yang terdapat di dalam atmosfer. Presipitasi adalah hasil dari uap air yang telah melalui proses kondensasi dan jatuh dalam rangkaian siklus hidrologi melalui vegetasi atau langsung kepermukaan bumi yang dinyatakan dalam satuan mm, sedangkan derajat curah hujan biasanya dinyatakan oleh jumlah curah hujan dalam satuan waktu dan disebut intensitas curah hujan. Selanjutnya Sosrodarsono *et al.* (2003) mengemukakan bahwa curah hujan diperlukan untuk penyusunan suatu rancangan pemanfaatan air dan rancangan pengendalian banjir.

Hujan merupakan unsur fisik lingkungan yang beragam baik berdasarkan waktu dan tempat terjadinya, hujan juga merupakan faktor penentu dan faktor pembatas bagi perencanaan dan pelaksanaan kegiatan pertanian, kehutanan dan perkebunan. Oleh karena itu klasifikasi iklim untuk wilayah Indonesia (Asia Tenggara) seluruhnya dikembangkan dengan menggunakan curah hujan sebagai kriteria utama. Sebagaimana dinyatakan bahwa tujuan klasifikasi iklim adalah menetapkan pembagian ringkas jenis iklim ditinjau dari segi unsur yang benar-benar aktif terutama presipitasi (Thorntwaite, 1933). Linsley (1982) mengemukakan bahwa untuk mendapatkan data curah hujan pada suatu wilayah dapat menggunakan metode rata-rata aljabar, *Poligon Thiesen* dan garis *Isohyet*, sebagaimana disajikan berikut ini.

### 2.1.2.1. Metode Rata-Rata Aljabar Atau Aritmatik

Aritmatik merupakan perhitungan curah hujan wilayah dengan rata-rata aljabar curah hujan di dalam dan sekitar wilayah yang bersangkutan, metode rata-rata aritmatik ialah metode pengukuran curah hujan yang paling sederhana (Soewarno, 2000).

Metode rata-rata aljabar atau aritmatik paling sederhana yaitu hanya dengan membagi rata pengukuran pada semua stasiun hujan dengan jumlah stasiun dalam wilayah tersebut, oleh karena itu metode ini hanya disarankan digunakan untuk wilayah yang relatif mendatar, memiliki sifat hujan yang relatif homogen dan tidak terlalu luas. Metode perhitungan rata-rata aljabar atau aritmatik sebagai berikut:

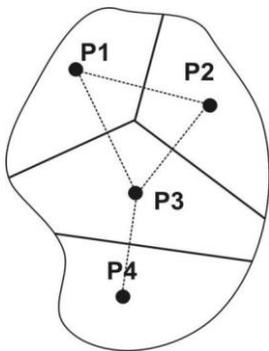


**Gambar 2.2.** Metode rata-rata aljabar atau aritmatik

### 2.1.2.2. Metode Polygon Thiessen

Metode *polygon* sering digunakan untuk menghitung curah hujan, metode ini digunakan apabila dalam suatu wilayah stasiun pengamatan curah hujannya tidak tersebar merata (Wu *at al.*, 2007). Curah hujan rata-rata dihitung dengan mempertimbangkan pengaruh tiap-tiap stasiun pengamatan, yaitu dengan cara menggambar garis tegak lurus dan membagi dua sama panjang garis penghubung dari dua stasiun pengamatan, hal ini lebih teliti dari pada metode lainnya (Ly, Charles, dan Degré, 2013). Selanjutnya Purwo (2002) mengemukakan bahwa curah

hujan yang tinggi merupakan salah satu faktor utama penyebab terjadinya banjir. Tingginya jumlah curah hujan dan besarnya koefisien aliran permukaan memicu suatu kawasan rentan pemasok banjir pada bagian hilir. Curah hujan wilayah tersebut dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut:



$$P = \frac{P1A1+P2A2+P3A3+P4A4}{A1+A2+A3+A4} \dots\dots (2.2)$$

Keterangan:

-  
P : Hujan rata-rata

P1, P2, P3, dan P4: Tebal hujan pada stasiun 1,2,3,4

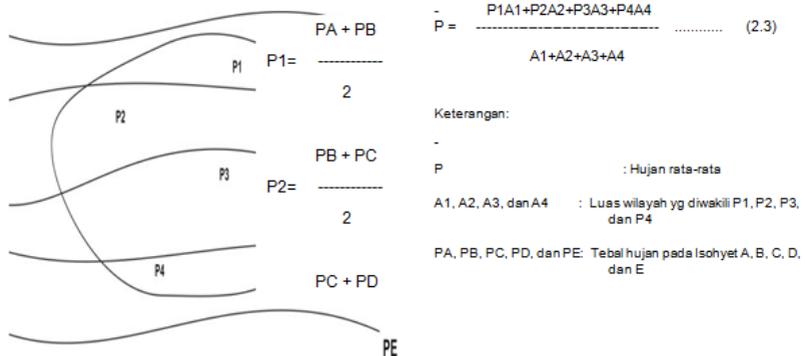
A1, A2, A3, dan A4: Luas wilayah yg diwakili oleh stasiun 1,2,3,4

**Gambar 2.3.** Metode Polygon Thiesen

Cara atau metode *Polygon Thiesen* ini memperhatikan tebal hujan, jumlah stasiun, dan luas wilayah yang diwakili oleh masing-masing stasiun untuk digunakan sebagai salah satu faktor dalam menghitung hujan rata-rata daerah yang bersangkutan. Polygon dibuat dengan cara menghubungkan garis-garis berat diagonal terpendek dari stasiun hujan yang ada, selain itu metode *polygon Thiesen* ini akan memberikan hasil yang lebih teliti dari pada cara aritmatik, akan tetapi penentuan stasiun pengamatan dan pemilihan ketinggian akan mempengaruhi ketelitian hasil. Metode ini termasuk memadai untuk menentukan curah hujan suatu wilayah, tetapi hasil yang baik akan ditentukan oleh sejauh mana penempatan stasiun pengamatan hujan mampu mewakili daerah pengamatan (Asdak, 2010).

### 2.1.2.3. Metode Garis *Isohyet*

Soewarno (2007) mengemukakan bahwa metode *Isohyet* dipandang lebih baik tetapi bersifat subyektif dan tergantung pada keahlian, pengalaman dan pengetahuan pemakai terhadap sifat curah hujan di wilayah setempat. Perhitungan dilakukan dengan menghitung luas wilayah yang dibatasi garis *isohyet* dengan planimeter. Curah hujan wilayah dihitung berdasarkan jumlah perkalian antara luas masing-masing bagian *isohyet* ( $A_i$ ) dengan curah hujan dari setiap wilayah yang bersangkutan ( $R_i$ ) kemudian dibagi luas total daerah tangkapan air ( $A$ ). Secara matematik persamaan tersebut disajikan berikut ini.



Menurut Asdak (2010), metode *Isohyet* adalah garis yang menghubungkan tempat-tempat yang mempunyai kesamaan tebal hujan, metode ini menggunakan *Isohyet* sebagai garis-garis yang membagi DAS menjadi daerah-daerah yang diwakili oleh stasiun-stasiun yang bersangkutan, yang luasnya dipakai sebagai faktor koreksi dalam perhitungan hujan rata-rata. Karakteristik hujan pada umumnya ditentukan sebagai berikut: a) Tebal Hujan (mm); b) Intensitas Hujan (mm/jam); c) Lama Hujan (jam); d) Sebaran Hujan. Berdasarkan pada metode tersebut di atas diperoleh data sebagai berikut: a) Rata-rata curah hujan bulanan (mm/tahun); b) Rata-rata hari hujan (hari/tahun); c) Jumlah Bulan Basah, Kering dan Lembab.

Berdasarkan data curah hujan yang diperoleh di sub DAS Negara pada tiga penakar curah hujan selama 10 (sepuluh) tahun, diperoleh tipe

iklim menurut klasifikasi oleh Schmidt dan Ferguson (1951), membagi tipe iklim dan jenis vegetasi yang tumbuh sesuai tipe iklim tersebut adalah sebagai berikut: a) tipe iklim A dan B ditumbuhi jenis vegetasi hutan hujan tropis; b) tipe iklim C vegetasi hutan yang pada musim kemarau dapat menggugurkan daun; c) tipe iklim D jenis vegetasi hutan musim; d) tipe iklim E dan F ditumbuhi vegetasi hutan savanna; dan f) tipe iklim G dan H dominasi tumbuh vegetasi padang ilalang. Tipe Iklim berdasarkan Schmidt dan Ferguson (1951) disajikan pada Tabel 2.1.

**Tabel 2.1.** Tipe Iklim Berdasarkan Schmidt dan Fergusson (1951)

No	Keterangan	Kisaran Q Ratio	Kisaran Q Ratio
1	A	Sangat Basah	$0,000 \leq Q \leq 0,143$
2	B	Basah	$0,143 \leq Q \leq 0,333$
3	C	Agak Basah	$0,333 \leq Q \leq 0,600$
4	D	Sedang	$0,600 \leq Q \leq 1,000$
5	E	Agak Kering	$1,000 \leq Q \leq 1,670$
6	F	Kering	$1,670 \leq Q \leq 3,000$
7	G	Sangat Kering	$3,000 \leq Q \leq 7,000$
8	H	Ekstrim Kering	$7,000 \leq Q$

Endriyanto dan Ihsan (2011) mengemukakan bahwa klasifikasi iklim didasarkan pada jumlah bulan kering dan jumlah bulan basah yang dihitung sebagai nilai rata-rata dalam waktu yang lama. Bulan kering adalah bulan dengan curah hujan kurang dari 60 mm, bulan lembab adalah bulan dengan curah hujan 60 - 100 mm, dan bulan basah adalah bulan dengan curah hujan lebih dari 100 mm. Selanjutnya di laporkan bahwa hasil pengamatan tahun 2001 sampai 2010 di Cukurgondang-Pasuruan, jumlah bulan basah terbanyak terjadi pada tahun 2010, yaitu 10 bulan, dan jumlah bulan basah terkecil terjadi pada tahun 2003 dan 2007, yaitu empat bulan.

Jumlah bulan kering terbanyak terjadi pada tahun 2003, 2007, dan 2008, yaitu tujuh bulan, dan jumlah bulan kering terkecil terjadi pada tahun 2002. Selanjutnya Balitbangda Provinsi Kalimantan Selatan dan Fakultas Kehutanan Unlam (2010) mengemukakan bahwa curah hujan

sebagai variabel penentuan kondisi banjir di Kalimantan Selatan dan ditentukan berdasarkan skoring dari jumlah hujan.

### **2.1.3. Lereng**

Menurut May dan Lisle (2012), bagian hulu DAS umumnya mempunyai lereng yang lebih curam yang dapat mempercepat aliran permukaan. Selanjutnya Thanapackiam *at al.* (2012) mengemukakan bahwa daerah pegunungan bagian hulu DAS, mempunyai profil sungai yang umumnya lebih cekung dan mempunyai jaringan sungai yang lebih rapat dari bagian hilir DAS.

Parameter kemiringan lereng untuk penentuan kerawanan pemasok banjir dalam suatu DAS, merupakan parameter fisik lahan yang relatif tetap atau dapat berubah dalam jangka waktu yang cukup lama dan kemungkinan perubahannya sangat kecil. Kondisi kelerengan pada DAS atau wilayah sangat berpengaruh terhadap terjadinya erosi dan sedimentasi. Kedua parameter tersebut merupakan indikator kerusakan yang terjadi pada suatu DAS. Selanjutnya Cojean dan Cai (2011) mengemukakan bahwa lereng merupakan salah faktor yang harus dipertimbangkan untuk upaya pengendalian banjir dan mengurangi bahaya longsor pada suatu DAS.

Menurut Soetrisno (1998), efek penting dari lereng adalah terhadap pengaliran air di atas permukaan tanah dan drainase, dan melalui faktor-faktor kandungan air tanah. Efek penting lainnya adalah melalui pengeringan terhadap temperatur dan air dari permukaan tanah. Lereng merubah intensitas pengeringan dengan cara merubah sudut jatuh sinar matahari.

Keadaan topografi dapat menggambarkan keadaan suatu wilayah dalam suatu DAS, selain itu kondisi topografi sangat berpengaruh terhadap terjadinya erosi dan sedimentasi, keduanya dianggap merupakan indikator kerusakan yang terjadi pada suatu DAS. Pada daerah dengan topografi berbukit atau bergunung umumnya termasuk pada kelerengan yang curam dan biasanya potensi kerusakan lahan sangat nyata yang ditandai oleh besarnya aliran permukaan.

Besarnya kecepatan aliran permukaan (*surface run-off*) menyebabkan tingginya pengikisan permukaan tanah dan rendahnya kesempatan aliran air yang masuk kedalam tanah (infiltrasi), dengan demikian karakteristik topografi suatu wilayah berkaitan erat dengan keadaan kelerengannya (BPDAS Barito, 2009).

Kecepatan air larian yang besar umumnya ditentukan oleh kemiringan lereng yang tidak terputus dan panjang serta terkonsentrasi pada saluran-saluran sempit yang mempunyai potensi yang besar untuk terjadinya erosi alur dan erosi parit. Kedudukan lereng juga menentukan besar kecilnya erosi yang terjadi, dimana lereng bagian bawah lebih mudah tererosi dibandingkan lereng bagian atas, karena momentum air larian lebih besar dan kecepatan air larian lebih terkonsentrasi ketika mencapai lereng bagian bawah (BPDAS Barito, 2009). Selanjutnya menurut Peraturan Menteri Kehutanan nomor P.32/Menhut-II/2009, untuk menyiapkan peta lereng terdapat tiga pilihan yang dapat dilakukan yaitu :

#### **2.1.3.1. Menggunakan Peta Lereng Buatan Instansi Lain**

Penggunaan peta lereng yang telah tersedia dapat digunakan dengan cara informasi lereng yang diberikan diperiksa dengan teliti dan diperbaharui seperlunya. Perbandingan visual dengan informasi kontur pada peta topografi, serta interpretasi foto udara dan pengecekan di lapangan dapat digunakan untuk memeriksa dan memperbaiki informasi lereng. Jika ternyata peta lereng tersebut kurang banyak menyajikan informasi lereng yang diperlukan dalam penyusunan rencana teknik rehabilitasi hutan dan lahan (RTRHL) DAS, maka harus disiapkan peta lereng yang baru dan sesuai dengan kondisi eksisting, hal ini dilakukan untuk keperluan pelaksanaan RHL dan memudahkan monitoring dan evaluasi hasil kegiatan RHL (Departemen Kehutanan, 2009<sup>a</sup>).

Arsyad (2010) mengemukakan bahwa kemiringan lereng akan mempengaruhi besarnya erosi dan aliran permukaan. Oleh karena itu Xu *et al.* (2011) mengemukakan penggunaan lahan yang mempunyai kemiringan lebih besar 15 %, untuk kegiatan pertanian perlu di lakukan tindakan sipil teknis berupa terasering untuk mengurangi aliran permukaan.

### 2.1.3.2. Menyiapkan Peta Lereng Dari Informasi Kontur

Kementerian Kehutanan (2009<sup>b</sup>) menyatakan bahwa peta lereng merupakan informasi untuk analisis kerawanan banjir yang dapat diperoleh dari informasi garis kontur menggunakan peta topografi dengan cara menghitung kemiringan lereng menggunakan rumus sederhana sebagai berikut :

$$S = \frac{IC}{D/100} \times SK \dots\dots\dots (2.4)$$

Keterangan :

S = kemiringan lereng (%);

IC = interval kontur (m);

D = jarak antar garis kontur pada peta (cm); SK=menyebut skala peta topografi yang dianalisis.

### 2.1.3.3. Menyiapkan Peta Lereng Dengan Menggunakan GIS

Menurut Baja (2012<sup>a</sup>), GIS dianggap sebagai suatu sistem peta kelas tinggi, yang dibutuhkan dalam setiap tahapan perencanaan tata guna lahan, yang bertahap dari perencanaan awal kegiatan, inventarisasi informasi, analisis, manipulasi data sampai pada penyajian hasil untuk pengambilan keputusan.

Pembuatan peta lereng secara digital dapat dilakukan dengan menggunakan peta kontur digital, dengan tahapan sebagai berikut :

1. Peta kontur digital, diubah/dikonversi menjadi DEM (*Digital Elevation Model*),
2. DEM diolah menggunakan *Spatial Analysis* diturunkan menjadi peta lereng yang masih didalam format raster,
3. Peta lereng raster kemudian direklasifikasi menurut kelas lereng yang sudah ditentukan,
4. Peta hasil reklasifikasi kemudian dikonversi menjadi vektor, dan
5. Peta lereng vektor dihaluskan menggunakan analisis *Smooth line* dan *smooth poligon* atau *on screen digitation*.

De Bruijn dan Klijn (2009) mengemukakan bahwa peta penyajian informasi risiko banjir dan aspek-aspek pendukungnya dalam skala spasial yang lebih detail sangat relevan dalam menentukan prioritas pengendalian

banjir ataupun perencanaan penggunaan lahan. Perihal kerincian skala spasial juga dikemukakan Bales dan Wagner (2009), topografis berkualitas tinggi merupakan faktor yang diperlukan untuk menghasilkan peta genangan (banjir) yang akurat. Terkait dengan kerincian skala spasial tersebut, pemetaan kerawanan banjir dalam penelitian ini menggunakan data topografis berupa citra SRTM 30 Arc Sec yang berarti memiliki resolusi 30 × 30 meter sebagai dasar bagi pembuatan peta kemiringan lereng. Citra SRTM tersebut sampai saat ini merupakan data topografis yang tergolong berkualitas baik, karena citra SRTM yang umumnya dapat diakses publik adalah citra SRTM dengan resolusi 90 × 90 meter. Kualitas resolusi citra SRTM yang digunakan dalam penelitian ini memberikan batasan akurasi bagi peta rawan banjir yang dihasilkan.

#### **2.1.4. Tata Air (Kerapatan Sungai, Debit Air Dan Infiltrasi)**

Masalah banjir berdampak sangat luas terhadap berbagai aspek kehidupan masyarakat pada bagian hilir DAS. Oleh karena itu upaya untuk mengatasinya harus merupakan bagian yang tak terpisahkan dari kegiatan pembangunan yang menyeluruh dalam rangka meningkatkan kesejahteraan masyarakat. Sehubungan dengan **paradigma baru** dalam melaksanakan pembangunan yang dikaitkan dengan penyelenggaraan otonomi daerah, terjadinya krisis ekonomi serta berbagai permasalahan yang ada, semakin meningkatkan bobot dan kompleksitas permasalahan yang dihadapi. Berdasarkan hal tersebut di atas, maka diperlukan upaya penyempurnaan terhadap kebijakan, strategi dan penanganan masalah banjir yang telah ada, baik yang menyangkut aspek teknis maupun aspek kebijakan lainnya, agar diperoleh hasil yang maksimal untuk pengendalian kerawanan banjir.

Berbagai fenomena bencana khususnya banjir yang periode dan luas wilayah kejadiannya semakin meningkat pada suatu DAS, merupakan indikasi yang kuat terjadinya ketidakselarasan dalam pemanfaatan ruang, oleh manusia dengan kepentingan ekonominya dan alam dengan kelestarian lingkungannya.

Menurut Asdak (2010), dalam hubungannya dengan tata air atau sistem hidrologi, DAS mempunyai karakteristik yang sangat spesifik serta

berkaitan erat dengan unsur utamanya seperti jenis tanah, tata guna lahan, topografi, kemiringan dan panjang lereng. Karakteristik biofisik DAS dalam merespon curah hujan yang jatuh di wilayah DAS tersebut dapat memberikan pengaruh terhadap besar kecilnya *evapotranspirasi*, *infiltrasi*, *perkolasi*, aliran permukaan, kandungan air tanah dan aliran sungai. Diantara faktor-faktor yang berperan dalam menentukan sistem hidrologi tersebut di atas, faktor tata guna lahan, kemiringan dan panjang lereng dapat direkayasa oleh manusia, sedangkan faktor yang lain bersifat alamiah. Variabel alamiah tata air sebagai faktor yang mempengaruhi proses kejadian dan kerawanan banjir pada suatu DAS atau sub DAS ialah kerapatan aliran, debit air sungai dan infiltrasi.

#### **2.1.4.1. Kerapatan Sungai**

Indarto (2010) mengemukakan bahwa kerapatan jaringan sungai (*Stream density*) ialah jumlah panjang semua sungai dan anak sungai di dalam DAS dibagi dengan luas DAS. Kerapatan jaringan sungai merupakan salah satu karakteristik penting yang perlu diperhatikan untuk mengevaluasi potensi aliran permukaan.

Panjang sungai dihitung sebagai jarak datar dari muara sungai (*outlet*) ke arah hulu sepanjang sungai induk, adapun lebar sungai merupakan pembagian antara luas DAS dengan panjang sungai (Ramdan, 2004). Selanjutnya Soewarno (1991) mengemukakan bahwa orde atau tingkat percabangan sungai adalah posisi percabangan alur sungai di dalam urutannya terhadap induk sungai dalam satu DAS. Alur sungai paling hulu yang tidak memiliki cabang disebut orde pertama, pertemuan dua orde pertama disebut orde kedua, pertemuan orde pertama dengan orde kedua disebut orde kedua, dan pertemuan dua orde kedua disebut orde ketiga, begitu seterusnya. Secara umum dapat dinyatakan bahwa pertemuan dua orde yang mempunyai kesamaan menghasilkan nomor orde satu tingkat lebih tinggi, sedangkan pertemuan dua orde sungai yang berbeda memberikan nomor orde yang bersamaan nilainya dengan nomor orde tertinggi diantara kedua orde yang sungai yang bertemu, Gambar urutan orde sungai disajikan pada Gambar 5.

Pola aliran atau susunan sungai pada suatu DAS merupakan karakteristik fisik. Hal ini karena pola aliran sungai mempengaruhi efisiensi sistem drainase dan karakteristik hidrografis dan pola aliran menentukan bagi pengelolaan suatu DAS atau sub DAS.

Kerapatan sungai adalah suatu angka indeks yang menunjukkan banyaknya anak sungai di dalam suatu DAS. Indeks tersebut dapat diperoleh dengan persamaan menurut Asdak (2010) sebagai berikut:

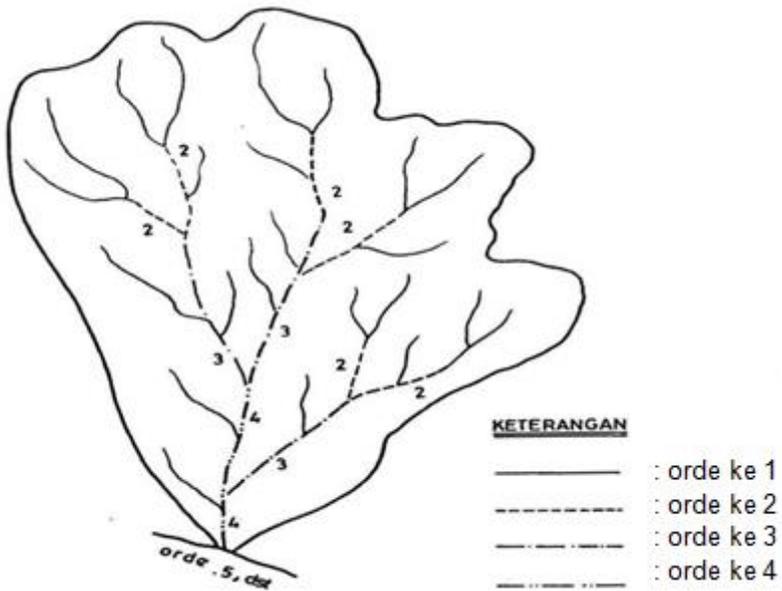
$$Dd = L / A \dots\dots\dots (2.5)$$

Dimana:

Dd : Indeks kerapatan sungai ( $\text{km}/\text{km}^2$ )

L : Jumlah panjang sungai termasuk panjang anak-anak sungai (km)

A : Luas DAS ( $\text{km}^2$ )



**Gambar 2.4.** Urutan nomor orde sungai (Ramdan, 2004.)

Klasifikasi indeks kerapatan sungai tersebut menurut (Soewarno,1991) adalah :

- a.  $Dd : < 0,25 \text{ km/km}^2$  : Kriteria kerapatan sangat rendah
- b.  $Dd : 0,25 - 8,50 \text{ km/km}^2$  : Kriteria kerapatan rendah
- c.  $Dd : 8,50 - 16,75 \text{ km/km}^2$  : Kriteria kerapatan sedang
- d.  $Dd : 16,75 - 25,00 \text{ km/km}^2$  : Kriteria kerapatan tinggi
- e.  $Dd : > 25,00 \text{ km/km}^2$  : Kriteria kerapatan sangat tinggi

Menurut Asdak (2010), secara umum semakin besar nilai Dd semakin baik sistem pengaliran (*drainase*) di daerah tersebut, artinya semakin besar jumlah air larian total (semakin kecil infiltrasi), dan semakin kecil air tanah yang tersimpan di daerah tersebut. Dengan demikian Dd mempunyai korelasi dengan perilaku laju air larian, jumlah air larian total, dan jumlah air tanah yang tersimpan.

Berdasarkan indeks tersebut diatas, dapat diperkirakan suatu gejala yang berhubungan dengan aliran sungai, sebagai berikut:

1. Jika nilai  $D_d$  rendah, maka alur sungai melewati batuan dengan resistensi keras sehingga angkutan sedimen yang terangkut aliran sungai lebih kecil jika dibandingkan pada alur sungai yang melewati batuan dengan resistensi yang lebih lunak, apabila kondisi lain yang mempengaruhinya.
2. Jika nilai  $D_d$  sangat tinggi, maka alur sungainya melewati batuan yang kedap air. Keadaan ini menunjukkan bahwa air hujan yang menjadi aliran lebih besar jika dibandingkan suatu daerah dengan  $D_d$  rendah melewati batuan yang permeabilitasnya besar.

Menurut Andah (2003), terdapat hubungan empiris karakteristik penggunaan lahan dan variabel dari iklim, tata air, mikroorganisme dan tanah. Hubungan ini diekspresikan melalui satu struktur hirarki dari jaringan aliran dikenal sebagai "order". Penentuan *order* ini tergantung pada jaringan aliran sungai dalam suatu DAS, hal ini menjadi bagian pertimbangan dalam pengelolaan atau pengamanan kuantitas air sungai dalam suatu DAS atau sub-DAS.

Horton (1949) dalam Ramdan (2004) mengemukakan bahwa kerapatan sungai berhubungan dengan sifat drainase DAS. Sungai dengan kerapatan yang kurang dari  $0,73 \text{ km/km}^2$  umumnya berdrainase jelek atau sering mengalami penggenangan, sedangkan sungai dengan kerapatan antara  $0,73 - 2,74 \text{ km/km}^2$  umumnya memiliki kondisi drainase yang baik atau jarang mengalami penggenangan.

Lynsley (1982) mengemukakan bahwa jika nilai kerapatan aliran sungai lebih kecil dari  $1 \text{ mile/mile}^2$  ( $0,62 \text{ km/km}^2$ ), maka DAS akan mengalami penggenangan, sedangkan jika nilai kerapatan aliran sungai lebih besar dari  $5 \text{ mile/mile}^2$  ( $3,10 \text{ km/km}^2$ ), maka DAS akan sering mengalami kekeringan.

#### **2.1.4.2. Debit Air**

Debit air (*water discharge*,  $Q$ ) ialah volume air yang mengalir melalui suatu penampang melintang sungai per satuan waktu, dalam satuan  $\text{m}^3/\text{detik}$ , Volume debit ( $Q$ ) ialah total volume aliran (limpasan)

yang keluar dari daerah tangkapan air atau DAS/Sub DAS, dalam satuan mm atau m<sup>3</sup>. Debit puncak atau debit banjir ( $Q_{maks}$ ) ialah besarnya volume air maksimum yang mengalir melalui suatu penampang melintang suatu sungai per satuan waktu, dalam satuan m<sup>3</sup>/detik, sedangkan debit minimum ( $Q_{min}$ ) adalah besarnya volume air minimum yang mengalir melalui suatu penampang melintang suatu sungai per satuan waktu, dalam satuan m<sup>3</sup>/detik, salah satu faktor yang dapat dijadikan dasar penilaian kondisi tata air ialah Koefisien Regim Sungai (KRS) yaitu bilangan yang menunjukkan perbandingan antara nilai debit maksimum ( $Q_{maks}$ ) dengan nilai debit minimum ( $Q_{min}$ ) pada suatu DAS atau Sub DAS (Kementerian Kehutanan, 2009<sup>d</sup>).

Shaw (2005) mengemukakan bahwa pengukuran aliran sungai atau debit air dapat dilakukan dengan menggunakan alat *hydrometry* atau stasiun pengamat arus sungai (SPAS) berbentuk bangunan atau panggung yang ditempatkan vertikal dan teguh pada pinggir sungai atau jembatan, dengan kondisi sebuah titik sungai yang stabil dan tidak terpengaruh oleh turbulensi atau aksi gelombang.

Aliran air atau limpasan (*runoff*) sinonim dengan aliran air sungai (*stream flow*), hasil air daerah tangkapan air (*catchment yield*), yaitu bagian dari air hujan (*presipitasi*) yang mengalir di atas permukaan tanah (*surface runoff*) dan atau di dalam tanah (*subsurface runoff*) menuju ke suatu sungai. Hasil air (*water yield*) adalah total limpasan dari suatu daerah pengaliran air (*drainage basin*) yang disalurkan melalui saluran air permukaan dan akuifer (*reservoir air tanah*). Standar evaluasi koefisien regim sungai disajikan pada Tabel 2.2.

**Tabel 2.2.** Standar Evaluasi Koefisien Regim Sungai

Indikator	Parameter	Standar Evaluasi	Keterangan
Debit Air Sungai	$Q = A \times V$	KRS	Q:debit sungai A:Luas Penampang V:Kecepatan aliran
	Q max KRS = ----- Q min	KRS < 50 baik KRS = 50-120 sdg KRS > 120 buruk	- KRS: koefisien regim sungai - Keragaman debit bulanan

Sumber: Kementerian Kehutanan (2009<sup>b</sup>).

### 2.1.4.3. Infiltrasi

Indarto (2010) mengemukakan bahwa Infiltrasi merujuk pada gerakan air kebawah atau masuknya air hujan kedalam permukaan tanah, laju infiltrasi menunjukkan jumlah air yang masuk kedalam tanah pada waktu tertentu yang dinyatakan dalam tebal air per waktu, misalnya 10 mm/jam atau 10 mm/det, sedangkan kapasitas infiltrasi ialah batas tertinggi laju infiltrasi yang dinyatakan dalam tebal air per satuan waktu yang dinyatakan dalam satuan mm/jam atau mm/det.

Infiltrasi ialah proses meresap atau masuknya air ke dalam tanah melalui permukaan tanah yang merupakan jumlah tebal air yang dapat meresap ke dalam tanah dalam satuan waktu. Infiltrasi adalah sumber utama adanya air tanah, tanpa adanya infiltrasi air hujan ke dalam tanah maka terbatas air di dalam tanah. Selanjutnya Indarto (2010) mengemukakan bahwa laju infiltrasi (*infiltration rate*) adalah jumlah air yang masuk kedalam tanah untuk periode tertentu. Laju infiltrasi dipengaruhi oleh: a) Tekstur tanah; b) Penutupan tanah; c) Kadar lengas di dalam tanah; d) Suhu tanah; e) Jenis presipitasi; dan f) Intensitas hujan.

Pengukuran infiltrasi pada suatu lahan atau dibawah penutupan lahan yang terdiri atas laju infiltrasi dan kapasitas Infiltrasi yang dinyatakan dalam tebal air persatuan waktu dan dinyatakan dalam satuan biasanya *inchi* per jam atau centimeter per jam. Curah hujan yang melebihi

kapasitas infiltrasi dapat menyebabkan terjadinya aliran permukaan menuju tempat yang lebih rendah dan berakhir pada sungai, anak sungai atau tempat penampungan lainnya di dalam suatu *catchment area*. Menurut Asdak (2010), faktor-faktor yang mempengaruhi laju infiltrasi antara lain adalah sebagai berikut: a) kemampuan tanah untuk mengosongkan air di permukaan dan masuk ke dalam tanah; b) Jumlah air yang tersedia di permukaan tanah; dan c) Sifat permukaan tanah.

Berdasarkan ketiga unsur tersebut di atas, ketersediaan air merupakan hal terpenting karena ia akan menentukan besarnya tekanan potensial pada permukaan tanah. Hubungan antara kapasitas infiltrasi dan waktu yang terjadi selama dan beberapa saat setelah kejadian hujan dapat dinyatakan dalam bentuk kurva kapasitas infiltrasi. Secara umum kapasitas infiltrasi yang terjadi pada suatu DAS pada awal kejadian hutan cukup tinggi, akan tetapi kapasitas infiltrasi semakin lama menjadi turun dan mendekati nilai konstan. Besarnya penurunan kapasitas infiltrasi pada suatu DAS umumnya dipengaruhi oleh faktor: a) kelembaban tanah; b) penumpukan bahan liat; dan c) kondisi vegetasi..

Sosrodarsono *at al.* (2003) mengemukakan bahwa faktor tumbuh-tumbuhan mempengaruhi variasi laju infiltrasi, karena vegetasi selain berperan mengurangi pengerasan permukaan tanah, juga dapat meningkatkan infiltrasi. Menurut Lee (1986), kapasitas infiltrasi pada tanah bervegetasi lebih tinggi dibanding tanah tidak bervegetasi, dan tipe vegetasi sangat menentukan kapasitas infiltrasi tersebut. Terkait dengan masalah hubungan vegetasi dan infiltrasi ini, Widiyanto *et al.* (2004) mengemukakan bahwa penebangan hutan atau pepohonan secara serentak dan babat habis telah mengganggu fungsi hidrologi hutan, karena penebangan tersebut menimbulkan kerusakan tanah permukaan berupa penurunan bahan organik, jumlah ruang pori, dan laju infiltrasi air hujan. Upaya memperbaiki sifat fisik tanah dan fungsi hidrologi hutan rusak dapat dibebankan pada tanaman kopi saja, tetapi perlu ada upaya lain seperti pemberian tambahan bahan organik, penutupan dengan tanaman bawah, pembuatan lubang resapan, pembuatan teras dan saluran air.

Stothoff *et al.* (1999) mengemukakan bahwa tanah tipis berbatuan menunjukkan bahwa besarnya infiltrasi disebabkan pada tanah ini terdapat pori mikro berupa celah tanah yang merupakan faktor dominan dalam *recharge* air, namun demikian komparasi proses infiltrasi tanah dangkal berbatuan dengan tanah alluvial menunjukkan bahwa besar dan kontinuitas resapan tanah dangkal lebih baik dibanding tanah alluvial, akan tetapi proses pada aliran tanah alluvial lebih baik dibandingkan pada tanah dangkal. Selanjutnya Suprayogo *et al.* (2004) mengemukakan bahwa secara kuantitatif faktor utama yang menyebabkan perubahan makroporositas tanah pasca alih guna lahan hutan menjadi kopi monokultur dan dampaknya terhadap infiltrasi, menunjukkan bahwa alih guna lahan tersebut mengakibatkan penurunan makroporositas tanah sehingga dapat menurunkan tingkat infiltrasi. Selanjutnya dikemukakan makroporositas lahan hutan 18,2%, sedangkan pada kopi berumur 10 tahun yang memiliki makroporositas tertinggi kopi hanya 6,6%, oleh karena sistem kopi monokultur belum mampu menyamai fungsi hutan dalam mempertahankan fungsi hidrologi tanah, maka untuk meningkatkan infiltrasi perlu dilakukan perbaikan makroporositas tanah melalui peningkatan bahan organik, dengan menambah serasah melalui diversifikasi tanaman yang dapat meningkatkan jumlah dan penyebaran sistem perakaran.

Perbedaan biomassa akar pada berbagai jenis penggunaan lahan tersebut sesuai dengan hasil penelitian Suprayogo *et al.* (2004) melaporkan bahwa hasil penelitian yang dilakukan di lahan perkebunan kopi di Lampung menyimpulkan bahwa diversifikasi jenis tanaman dapat meningkatkan jumlah dan sebaran sistem akar yang dapat meningkatkan infiltrasi. Secara lebih tegas hasil penelitian Hairiah *et al.* (2004) di tempat yang sama melaporkan bahwa penanaman tumpangsari pada lahan kebun kopi dapat meningkatkan jumlah akar dalam tanah.

1. Model persamaan kurva kapasitas infiltrasi

Model persamaan kurva kapasitas infiltrasi, adapun persamaan perhitungan infiltrasi menurut Asdak (2007) adalah:

$$f = f_c + (f_0 - f_c) e^{-kt} \dots\dots\dots (2.6)$$

Keterangan: a)  $f_0$  = Kapasitas infiltrasi saat awal proses infiltrasi(cm/menit); b)  $f$  = Kapasitas infiltrasi atau laju maksimum air masuk kedalam; c) tanah(cm/menit); c)  $f_c$  = Kapasitas infiltrasi saat laju infiltrasi telah konstan (cm/menit); d)  $f_0$  = Kapasitas infiltrasi saat awal proses infiltrasi(cm/menit); e)  $e = 2,78$ ; f)  $t$  = Waktu mencapai infiltrasi konsta (jam); g)  $m$  = gradient; h)  $k = 1/m \log e$  ( $K = -1/0,434 m$ ); dan i)  $m$  = gradient.

Perhitungan volume infiltrasi total ( $V_t$ ) selama waktu ( $t$ ) menggunakan persamaan Horton (1938) yang dilakukan persamaan yang menghasilkan luasan di bawah kurva sebagai berikut :

$$V(t) = f_c \cdot t + \frac{(f_0 - f_c)}{K} (1 - e^{-Kt}) \dots\dots\dots (2.7)$$

Satuan volume total ( $V_t$ ) = tinggi kolom air (cm, mm, dan inchi tergantung satuan pada penggunaan parameter infiltrasi. Dari perhitungan menggunakan persamaan kurva di atas diperoleh:  $f_c = 1.0$  cm/jam;  $f_0 = 10,4$  cm/jam dan  $K = 3,06$ . Selanjutnya dapat dihitung volume total infiltrasi selama 2 jam untuk area setiap 1 ha dapat dihitung sebagai berikut.

a. Jumlah tinggi air (2 jam)  $= 1,0 \cdot 2 + \frac{(10,4 - 1,0)}{3,06} (1 - 2,718^{-3,06 \cdot 2}) = 5,07 \text{ cm}$   
 $= 0,0507 \text{ m}$

b. Volume air infiltrasi pada areal 1ha selama 2 jam;  $V = 0,0507 \times 10^4 \text{ m}^3 = 507 \text{ m}^3$

## 2. Teknik Penentuan Klasifikasi Tingkat Infiltrasi

Menurut Kementerian Kehutanan (2009<sup>b</sup>), beberapa komponen lingkungan DAS yang dapat digunakan untuk pengkajian daerah resapan air adalah: a) hujan dan penggunaan lahan; b) kemiringan lereng; dan c) jenis tanah/batuan.

Beberapa teknik transformasi komponen lingkungan untuk penentuan infiltrasi adalah lereng, tanah, curah hujan, dan tipe penggunaan lahan.

a. Lereng

Menurut Rayes (2007), kondisi panjang lereng, kecuraman lereng, dan bentuk lereng pada suatu DAS dapat mempengaruhi jumlah erosi dan volume aliran permukaan. Informasi lereng diperoleh pada legenda peta lereng yang dapat tercantum tingkat kecuraman atau kelas lereng dan seringkali dapat menjadi petunjuk jenis tanah, tertentu dan pengaruhnya pada penggunaan dan pengelolaan tanah dapat dievaluasi sebagai bagian satuan peta. Selain itu peta topografi dapat dihitung dan diubah menjadi peta kelerengan, kemudian dilakukan transformasi berdasarkan pengaruhnya terhadap tingkat infiltrasi sebagaimana disajikan pada Tabel 2.3.

**Tabel 2.3.** Hubungan Kemiringan Lereng dan Tingkat Infiltrasi (Chow, 1968)

Kelas	Lereng (%)	Deskripsi	Transform nilai faktor	
			Infiltrasi (fc)	Notasi
I	< 8	Datar	> 0,80	a
II	8 - 15	Landai	0,70 – 0,80	b
III	15 - 25	Bergelombang	0,50 – 0,70	c
IV	25 – 40	Curam	0,20 – 0,50	d
V	> 40	Sangat curam	< 0,20	e

b. Tanah

Kondisi permeabilitas tanah pada suatu DAS atau wilayah kajian dapat menjadi parameter penentuan infiltrasi sebagaimana disajikan pada Tabel 2.4.

**Tabel 2.4.** Hubungan Permeabilitas Tanah dan Nilai Infiltrasi (Rayes, 2007)

Kelas	Deskripsi	Permeabilitas (cm/jam)	Tranform nilai faktor	
			Infiltrasi (fc)	Notasi
I	Cepat	> 12,5	> 0,45	a
II	Agak cepat	6,25 – 12,5	0,20 – 0,45	b
III	Sedang	2,0 – 6,25	0,10 – 0,20	c
IV	Agak lambat	0,5 – 2,0	0,04 – 0,10	d
V	Lambat	< 0,5	< 0,04	e

c. Curah Hujan

Kementerian Kehutanan (2009<sup>b</sup>) menyatakan bahwa curah hujan merupakan salah satu faktor yang berperan penting meningkatkan infiltrasi pada suatu DAS. Jumlah Curah hujan yang tinggi dan berlangsung pada periode waktu lama dapat meningkat infiltrasi melalui hubungan kondisi hujan dengan infiltrasi (RD). Hasil perhitungan nilai hubungan RD tersebut dalam kaitannya dengan potensial infiltrasinya diklasifikasikan pada Tabel 2.5.

**Tabel 2.5.** Klasifikasi Nilai Hujan Infiltrasi (Chow, 1968)

Kelas	Deskripsi	Nilai "hujan infiltrasi" RD	Notasi
I	Rendah	< 2500	a
II	Sedang	2500 – 3500	b
III	Agak besar	3500 – 4500	c
IV	Besar	4500 – 5500	d
V	Sangat besar	> 5500	e

d. Tipe Penggunaan Lahan

Penggunaan lahan berdasarkan tipe vegetasi sebagai faktor yang berperan meningkatkan kapasitas infiltrasi pada suatu DAS atau *catchment area*. Pengaruh vegetasi terhadap kondisi infiltrasi dapat melalui: 1) vegetasi mengurangi jumlah air perkolasi melalui transpirasi; 2) perakaran dan pori-pori memperbesar permeabilitas tanah; dan 3) vegetasi menahan *run-off*. Selain itu vegetasi melalui tajuknya dapat mengurangi energi kinetik pukulan butiran curah hujan yang mencapai permukaan tanah dan

serasah yang dihasilkan memperkecil jumlah erosi dan aliran permukaan (Kementerian Kehutanan, 2009<sup>b</sup>).

Peran vegetasi pada suatu DAS kaitannya dengan nilai klasifikasi tingkat infiltrasi aktual secara kualitatif disajikan pada Tabel 2.6.

**Tabel 2.6.** Nilai Tingkat Infiltrasi Aktual (Chow, 1968)

No	Klasifikasi			Kelas
	Kelas	Deskripsi	Notasi	
1	I	Besar	A	Hutan lebat
2	II	Agak Besar	B	Hutan Produksi, Perkebunan
3	III	Sedang	C	Semak, padang rumput
4	IV	Agak kecil	D	Hortikultura (landai)
5	V	Kecil	E	Pemukiman, sawah

#### 2.1.5. Kekritisan Lahan

Kementerian Kehutanan (2009<sup>d</sup>) menyatakan bahwa lahan kritis ialah lahan yang berada di dalam dan di luar kawasan hutan yang sudah tidak berfungsi lagi sebagai media pengatur tata air dan unsur produktivitas lahan sehingga menyebabkan terganggunya keseimbangan ekosistem DAS.

Degradasi DAS ialah hilangnya nilai dengan perubahan waktu, termasuk menurunnya potensi produksi lahan dan air yang diikuti tanda-tanda perubahan watak hidrologi sistem sungai (kualitas, kuantitas, kontinuitas). Tingkat kekritisan DAS ditentukan berdasarkan nilai indeks potensial erosi atau besarnya sedimen per satuan luas per satuan waktu masing-masing DAS/Sub-DAS. Nilai indeks potensi erosi DAS/Sub-DAS ditentukan berdasarkan nilai indeks empat faktor yaitu: topografi, kemiringan lereng, pola aliran dan tata guna lahan yang memiliki suatu nilai skor pada setiap karakteristiknya yang didukung dengan data/peta-peta mengenai keadaan DAS/Sub-DAS (BPDAS Barito, 2009).

Penentuan tingkat kekritisan lahan suatu DAS atau wilayah administrasi dapat diperoleh melalui metode skoring parameter kekritisian

lahan kawasan hutan lindung, budidaya pertanian dan kawasan lindung di luar hutan yang terdapat pada DAS atau wilayah kajian. Berdasarkan hasil jumlah skor parameter yang diperoleh berdasarkan fungsi kawasan yang disajikan pada Lampiran 21a sampai 21c, selanjutnya ditentukan klasifikasi tingkat kekritisan lahan yang disajikan pada Tabel 2.7.

**Tabel 2.7.** Klasifikasi Tingkat Kekritisan Lahan Berdasarkan Total Skor

No	Total Skor Pada:			Tingkat Kekritisan Lahan
	Kawasan Hutan Lindung	Kawasan Budidaya Pertanian	Kawasan Lindung di Luar Kawasan Hutan	
1	120 - 180	115 – 200	110 – 200	Sangat Kritis
2	181 - 270	201 – 275	201 – 275	Kritis
3	271 - 360	276 – 350	276 – 350	Agak Kritis
4	361 - 450	351 – 425	351 – 425	Potensial Kritis
5	451 - 500	426 – 500	426 – 500	Tidak Kritis

Sumber: Balai Pengelolaan DAS Barito (2009).

Peraturan Dirjen RPLS Nomor : SK.167/V-SET/2004 tentang petunjuk teknis penyusunan data spasial lahan kritis menyatakan bahwa prosedur penyusunan petunjuk teknis tersebut juga memperhatikan penerapan kriteria inventarisasi lahan kritis berdasarkan SK Dirjen RRL No. 041/Kpts/V/1998 tanggal 21 April 1998.

Kadir (2006) melaporkan bahwa hasil penelitian analisis tingkat kekritisan lahan pada Sub-Sub DAS Tabalong Sub DAS Negara Kabupaten Tabalong Kalimantan Selatan 2006 menggunakan kriteria penentuan lahan kritis (metode) di atas diperoleh bahwa kawasan lindung dalam hutan didominasi oleh klasifikasi potensial kritis yaitu seluas 15.186,193 Ha (96,20 %), kawasan lindung di luar hutan didominasi oleh klasifikasi potensial kritis yaitu seluas 1.078,068 Ha (56,60 %) dan kawasan budidaya usaha pertanian diperoleh klasifikasi kritis seluas 1.972,724 Ha (3,54 %) agak kritis seluas 23.954,298 Ha (42,95 %) potensial kritis seluas 25.897,590 Ha (46,44 %) dan tidak kritis seluas 3.942,341 Ha (7,07 %). Berdasarkan data tersebut di atas maka dalam rangka kelestarian tata air,

kawasan lindung baik dalam hutan maupun diluar kawasan hutan perlu dijaga kelestariannya melalui kegiatan rehabilitasi hutan dan lahan yang diprioritaskan pada lahan-lahan yang kritis.

## 2.2. Erosi

Erosi adalah peristiwa pindahnya atau terangkutnya tanah atau bagian-bagian tanah dari suatu tempat ketempat lain oleh media alami, yaitu air atau angin (Arsyad 1989). Selanjutnya menurut Yu (2003), rendahnya kapasitas infiltrasi menyebabkan besarnya erosi sebagai akibat tingginya aliran permukaan.

### 2.2.1. Proses Terjadinya Erosi

Asdak (2010) mengemukakan bahwa proses erosi terdiri atas tiga bagian yang terdiri atas; pengelupasan, pengangkutan, dan pengendapan. Selanjutnya dinyatakan bahwa beberapa tipe erosi permukaan yang umum dijumpai di daerah tropis adalah: 1) erosi percik (*splash erosion*); 2) Erosi kulit (*sheet erosion*); 3) Erosi alur (*riil erosion*); 4) Erosi parit (*gully erosion*); dan 5) Erosi tebing sungai (*streambank erosion*).

1. Erosi percikan (*splash erosion*) adalah proses curah hujan yang mencapai permukaan tanah sebagai air lolos pada tajuk vegetasi atau lainnya, menimbulkan energi kinetik yang dapat menyebabkan terkelupasnya partikel tanah bagian atas.
2. Erosi kulit (*sheet erosion*) adalah proses yang terjadi dari kombinasi air hujan dan air larian pada lahan berlereng, hal ini ditandai oleh terkikisnya lapisan tipis permukaan tanah.
3. Erosi alur (*riil erosion*) adalah proses erosi yang terjadi pengelupasan dan pengangkutan partikel-partikel tanah, akibat tingginya curah hujan sehingga terjadi aliran permukaan yang terkonsentrasi di dalam saluran-saluran air.
4. Erosi parit (*gully erosion*) merupakan proses erosi terjadi akibat terjadinya erosi alur yang membentuk jajaran parit yang lebih dalam dan lebar.
5. Erosi tebing sungai (*streambank erosion*) adalah erosi yang terjadi akibat kondisi aliran sungai yang tidak normal dan kondisi kepekaan tanah menyebabkan terjadinya pengikisan tanah pada tebing-tebing sungai.

### 2.2.2. Faktor Penentu Erosi

Menurut Utomo (1989), pengelolaan faktor yang mempengaruhi terjadinya erosi adalah sebagai berikut:

1. Faktor energi meliputi: a) erosivitas; b) aliran permukaan; c) angin; d) relief; e) sudut lereng; f) panjang lereng; dan h) jarak antar teras;
2. Faktor ketahanan meliputi: a) erodibilitas; b) infiltrasi; dan c) pengelolaan tanah; dan
3. Faktor pelindung meliputi: a) kepadatan penduduk; b) tanaman penutup; d) nilai kegunaan; dan e) pengelolaan lahan.

Indarto (2010) mengemukakan bahwa aktivitas manusia terhadap erosi sangat berpengaruh sekali seperti adanya perubahan-perubahan tata guna lahan yang sering terjadi di daerah aliran sungai. Selanjutnya Arsyad (2010), mengemukakan bahwa secara keseluruhan terdapat lima faktor yang menyebabkan dan mempengaruhi besarnya erosi antara lain:

#### 1. Faktor Iklim

Iklim adalah faktor yang menentukan kejadian erosi, dalam hal ini curah hujan dinyatakan dalam nilai indeks erosivitas hujan. Di daerah beriklim basah faktor iklim yang dominan mempengaruhi erosi adalah dispersi hujan terhadap tanah, jumlah dan kecepatan aliran permukaan (Arsyad, 2010). Selanjutnya Kartasapoetra (2000) mengemukakan bahwa pada daerah yang beriklim tropis, curah hujan dan temperatur merupakan faktor yang paling besar mempengaruhi terjadinya erosi. Berdasarkan karakteristik *catchment area* Jaing, maka dapat dinyatakan bahwa curah hujan merupakan salah satu faktor iklim yang paling berpengaruh terhadap kejadian erosi.

#### 2. Faktor Vegetasi

Menurut Utomo (1989), Vegetasi mempengaruhi erosi karena butir-butir hujan jatuh kepermukaan tanah dan dapat menimbulkan kerusakan dilindungi oleh vegetasi. Selanjutnya Arsyad (1989) mengemukakan bahwa pengaruh vegetasi terhadap aliran permukaan dan erosi karena adanya: 1) pengaruh akar dan kegiatan-kegiatan biologi yang berhubungan dengan pertumbuhan vegetatif dan pengaruhnya terhadap stabilitas struktur dan porositas tanah; 2) intersepsi hujan oleh tajuk

tanaman; 3) mengurangi kecepatan aliran permukaan; 4) kekuatan perusak air; dan 5) transpirasi yang mengakibatkan kandungan air tanah berkurang sehingga meningkatkan infiltrasi.

### 3. Faktor Tanah

Menurut Arsyad (1989), *erodibilitas* tanah adalah kondisi mudah tidaknya tanah tererosi atau ketahanan tanah terhadap erosi. Kepekaan tanah untuk tererosi dibedakan oleh sifat fisik dan kimia tanah tersebut. Kepekaan erosi tanah adalah fungsi berbagai interaksi sifat-sifat fisik dan kimia tanah. Sifat-sifat tanah yang mempengaruhi kepekaan erosi adalah: 1) Sifat-sifat tanah yang mempengaruhi laju infiltrasi; permeabilitas dan kapasitas menahan air; dan 2) Sifat-sifat tanah yang mempengaruhi ketahanan struktur tanah terhadap dispersi dan butir-butir hujan yang jatuh dan aliran permukaan mengikis tanah hingga berpindah dari suatu tempat ketempat lain.

### 4. Faktor Topografi

Asdak (2010) mengemukakan bahwa dua unsur topografi yang paling mempengaruhi erosi adalah panjang lereng dan derajat kemiringan lereng. Unsur lain yang mungkin berpengaruh adalah arah lereng, konfigurasi, keseragamannya. Selanjutnya dikemukakan juga bahwa kedudukan lereng juga menentukan besar kecilnya erosi, lereng bagian bawah lebih mudah tererosi dari pada lereng bagian atas karena momentum air larian lebih besar dan kecepatan air larian lebih terkonsentrasi ketika mencapai lereng bagian bawah. Selanjutnya Kartasapoetra (2000) mengemukakan bahwa kemiringan lahan merupakan faktor yang sangat perlu diperhatikan, sejak penyiapan lahan pertanian, usaha penanaman, pengambilan produk serta pengawetan lahan tersebut, karena lahan yang mempunyai kemiringan yang lebih besar lebih mudah terganggu.

### 5. Faktor Manusia

Pengaruh manusia terhadap erosi mudah dikenali dengan adanya perubahan-perubahan tata guna lahan yang sering terjadi di suatu wilayah daerah aliran sungai. Banyak daerah-daerah tropis yang dulunya sebagian besar tertutup oleh hutan yang lambat laun berubah menjadi lahan

persawahan, pemukiman, belukar bahkan ada yang terbuka (Arsyad, 2010).

### 2.2.3. Pendugaan Erosi

Pendugaan/perkiraan besarnya erosi dilakukan dengan menggunakan persamaan matematis seperti yang digunakan oleh Wischmeier dan Smith (1978) dalam bentuk persamaan yang dikenal dengan *Universal Soil Loss Equation* (USLE) yang diterjemahkan dalam bahasa Indonesia dengan istilah "Persamaan Umum Kehilangan Tanah (PUKT)". Selain itu dapat juga menggunakan metode modifikasi persamaan USLE sebagaimana dilakukan oleh Snyder pada tahun 1980/metode RUSLE/revisi model USLE, atau menggunakan metode *sediment delivery ratio* (Asdak, 2007). Selanjutnya dikemukakan pendugaan besarnya erosi dengan menggunakan rumus USLE yang bentuk persamaannya sebagai berikut:

$$A = R \times K \times L \times S \times C \times P \dots\dots\dots (2.8)$$

Dimana: A= Jumlah tanah yang hilang (Ton/ha/th), R = Faktot erosivitas hujan tahunan rata-rata (mj.cm/ha/jam/tth), K = Faktor erodibilitas, tanah (Ton,ha.jam/ha/mj.cm), L = Faktor panjang lereng, S = Faktor kemiringan lereng, C = Faktor pengelolaan tanaman, P = Faktor konservasi tanah.

Pendugaan besarnya erosi dengan menggunakan metode modifikasi persamaan USLE yang dilakukan oleh Ruslan (1992) dengan menambah perkalian 0,61. Selain itu, Baja (2012<sup>a</sup>) mengemukakan bahwa erosi dapat di analisis menggunakan USLE, namun memiliki beberapa keterbatasan, yang sering dipandang sebagai prasyarat yang ditetapkan dalam prosedur pemodelan. Keterbatasan tersebut sebagai berikut:

1. Persamaannya menggunakan pendekatan empiris yang tidak mewakili proses fisik yang sebenarnya dari erosi tanah,
2. Persamaannya digunakan untuk memprediksi kehilangan tanah rata-rata tahunan, dan tidak untuk kejadian hujan tunggal,
3. Hanya digunakan untuk perkiraan erosi lembar dan rill, dan
4. Tidak memperhitungkan deposisi sedimen.

#### 2.2.4. Dampak, Pencegahan Dan Pengendalian Erosi

kejadian erosi pada lahan pertanian menyebabkan perubahan praktek pertanian (Jacob *at al.*, 2009). Selanjutnya Roig-Munar *at al.* (2012) mengemukakan bahwa degradasi lahan menyebabkan terjadi erosi yang mempengaruhi perubahan kondisi sungai. Lebih lanjut Samuels (2008) mengemukakan bahwa pantai yang menonjol keluar ke Samudera Atlantik terlibat dalam proses yang berkesinambungan erosi. Selanjutnya Lantican, Guerra, dan Bhuiyan (2003), erosi terdiri atas: a) Meningkatnya tren konsekuen pendangkalan kanal; b) Mengakibatkan signifikan penurunan produktivitas dan pendapatan petani; c) Meningkatnya biaya operasi rutin dan pemeliharaan sungai.

Menurut Asdak (2010) berdasarkan rumus USLE, maka komponen yang dapat dikendalikan untuk usaha pencegahan erosi adalah faktor pengelolaan tanaman (c), konservasi (P), dan faktor topografi (LS). Selanjutnya dinyatakan bahwa komponen erodibilitas tanah (K) umumnya di anggap konstan kendatipun dapat pula berubah tergantung dari perubahan struktur tanah.

Menurut Baja (2012<sup>a</sup>), DAS merupakan suatu ekosisten yang kompleks, dan kualitas serta kesehatannya sangat ditentukan oleh aktivitas tata guna lahan, hal ini menandakan pentingnya prosedur pemodelan yang dikembangkan, khususnya dalam konteks di mana pola spasial tata guna lahan di masa depan dapat dirancang berbasis risiko degradasi pada suatu DAS, agar erosi dapat terkendali. Selanjutnya menurut Arsyad (2010), konservasi tanah dan air serta pemilihan usaha tani sesuai penggunaan lahan dapat merupakan bagian dari upaya penyelamatan sumberdaya alam (tanah, air, dan hutan).

Rayes (2007) mengemukakan bahwa kecuraman lereng suatu lahan dapat meningkatkan aliran permukaan yang berpengaruh terhadap besarnya erosi. Selanjutnya Franti *et al.* (1998) mengemukakan bahwa terasering bertujuan memperpendek panjang lereng yang dapat mengurangi limpasan permukaan yang juga dapat mengurangi jumlah erosi. Selanjutnya menurut Kartasapoetra dan Sotedjo (2000) mengemukakan bahwa erosi dapat disebut pengikisan atau kelongsoran,

yang sesungguhnya merupakan proses penghanyutan tanah oleh desakan-desakan atau kekuatan-kekuatan air dan angin, baik yang berlangsung secara alami ataupun sebagai akibat tindakan/perbuatan manusia. Kadir (2002) melaporkan bahwa kawasan lindung DAS Riam Kanan merupakan salah satu DAS yang dikelompokkan sebagai DAS prioritas penangannya di Indonesia, peranan DAS ini sangat penting bagi daerah Kalimantan Selatan, hal ini disebabkan oleh adanya bangunan waduk PLTA dibagian DAS ini, selain berfungsi sebagai pengendali banjir, namun beberapa tahun terakhir waduk ini terjadi pendangkalan karena besarnya erosi yang terjadi pada *catchment area* ini.

### **2.3. Banjir**

Nan, William dan Lawrence (2005) mengemukakan bahwa curah hujan dengan intensitas yang cukup tinggi dan berlangsung pada periode waktu yang lama pada bagian hulu dan tengah DAS, meningkatkan limpasan permukaan sehingga melebihi daya tampung sungai atau penampungan air lainnya, hal ini menyebabkan terjadinya banjir atau sejumlah air menggenangi bagian kiri dan kanan sungai. Pada lahan dengan kemiringan yang curam dapat menyebabkan terjadinya banjir bandang (*flash flood*).

Banjir adalah suatu fenomena alam yang terjadi bilamana air menggenangi suatu tempat yang umumnya terjadi pada bagian kiri dan kanan sungai, baik yang disebabkan oleh karena luapan air sungai atau sarana penampung kelebihan air seperti; waduk, danau dan penampungan air lainnya. Pengaliran air dan tidak normalnya sungai atau drainase lainnya dapat menimbulkan genangan pada tempat-tempat yang berpotensi menimbulkan banjir misalnya: daerah pemukiman yang padat penduduk, prasarana perhubungan, perikanan dan pertanian.

Genangan yang cukup tinggi suatu lokasi dan terjadi dalam waktu cukup yang lama dapat memberikan dampak yang merugikan bagi hampir semua bentuk kehidupan dan mengganggu perekonomian, hal ini sesuai Karamouz, *et al.*, (2009), upaya pengendalian dan pencegahan banjir dilakukan karena dapat merusak pertanian dan industri yang umumnya dekat sungai.

Dampak banjir yang merugikan masyarakat baru dirasakan sebagai masalah apabila kegiatan kehidupan manusia sehari-hari mulai terganggu dan atau telah menimbulkan risiko kerugian material, gangguan kesehatan dan terjadinya korban jiwa (PT. Tarateka kerjasama Balai Wilayah Sungai Sumatera VIII, 2009).

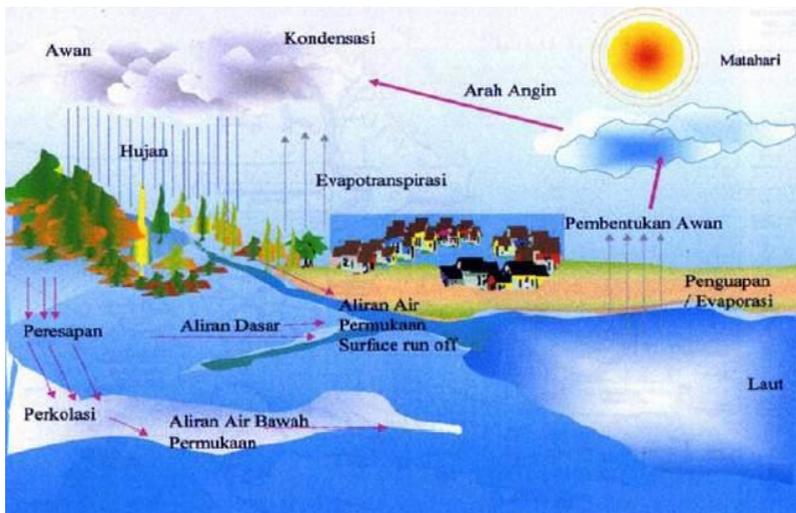
DAS Barito yang terdapat pada wilayah administrasi Provinsi Kalimantan Tengah dan Provinsi Kalimantan Selatan cukup memprihatinkan, hal ini ditandai dengan semakin tingginya fluktuasi debit air, terjadinya penurunan produktivitas lahan, frekuensi terjadinya banjir dan kekeringan semakin meningkat, serta semakin banyaknya bencana tanah longsor yang melanda pada berbagai DAS ini. DAS Barito di wilayah Provinsi Kalimantan Selatan terdiri atas 4 sub DAS dan 10 wilayah Kabupaten. Sub DAS Negara yang merupakan bagian dari DAS Barito mengalami kondisi banjir pada periode 2007 sampai 2012 cukup meningkat (Balitbanda Provinsi Kalimantan Selatan, 2010; dan Pemerintah Daerah Kabupaten Tabalong, 2012)

**Kejadian banjir dapat terjadi** oleh aktivitas manusia dalam penggunaan lahan yang tidak berdasarkan azas kelestarian dan akibat dari hujan yang berkepanjangan pada bagian hulu DAS. Eksploitasi hutan dan penggunaan lahan lainnya yang tidak berazaskan kelestarian lingkungan juga dapat menyebabkan banjir. Selain itu luas lahan yang terbuka tidak dapat menahan air hujan yang menyebabkan tingginya debit air pada musim hujan yang melebihi daya tampung sungai, waduk, danau dan tempat penampungan air lainnya sehingga mengakibatkan banjir.

Kegiatan RHL merupakan salah satu upaya pengendalian kerawanan dan kejadian banjir sesuai rencana strategis Direktorat Jenderal RLPS tahun 2010 – 2014 meliputi; kawasan dalam hutan dan di luar kawasan hutan, dengan memperhatikan tingkat kerusakan hutan dan tingkat kekritisan lahan, terutama pada bagian hulu DAS sebagai pemasok air banjir (Kementerian Kehutanan, 2009<sup>b</sup>).

Daerah aliran sungai sebagai ekosistem alami berlaku proses-proses biofisik hidrologis didalamnya, dimana proses-proses tersebut

merupakan bagian dari suatu daur hidrologi atau siklus air. Curah hujan, vegetasi, kelerengan dan aktivitas manusia memanfaatkan sumberdaya lahan termasuk pertambangan dalam suatu DAS atau bagian dari DAS, hal ini menjadi bagian dari proses terjadinya banjir dalam suatu DAS atau sub DAS termasuk sub DAS Negara. Déry *at al.* (2009) mengemukakan bahwa debit air pada suatu sungai merupakan bagian dari proses siklus hidrologi, perubahan iklim signifikan terhadap perubahan ekosistem lingkungan, biologi dalam suatu DAS. Proses siklus hidrologi dalam suatu DAS dan keterkaitan antara satu komponen dengan komponen lainnya disajikan pada Gambar 2.5.



**Gambar 2.5.** Siklus hidrologi suatu DAS (Kementerian Kehutanan, 2009<sup>d</sup>)

DAS atau sub DAS merupakan suatu ekosistem yang terdiri atas beberapa komponen lingkungan yang saling mempengaruhi, sehingga kerusakan salah satu komponen akan menyebabkan komponen lainnya terganggu dan dapat menyebabkan kerusakan lingkungan. Kerusakan lingkungan DAS yang semakin tinggi disebabkan karena sistem pengelolaan lingkungan yang masih bersifat sektoral dan kewilayahan pada suatu DAS serta penegakan hukum yang masih lemah.

Undang-Undang Lingkungan Hidup yang telah ditetapkan pemerintah No. 32 tahun 2009 tentang Perlindungan dan pengelolaan Lingkungan Hidup belum sepenuhnya diaplikasikan, pemanfaatan ruang dalam DAS atau wilayah administrasi di Provinsi Kalimantan Selatan masih dalam proses untuk menetapkan legalitas hukum menjadi peraturan daerah. (Azhari, 2007).

### **2.3.1. Kejadian Banjir**

Banjir adalah fenomena yang tidak dengan mudah dapat dicegah, namun demikian, perlindungan dan upaya prakiraan kejadian banjir yang mutakhir dapat mengurangi dampak yang diakibatkan banjir (Falconer, 2005).

Berdasarkan data kejadian banjir yang telah diperoleh baik primer maupun sekunder dan informasi melalui media elektronik dan lainnya, dinyatakan bahwa banjir yang terjadi di sub DAS Negara dominan terjadi pada bagian hilir sub DAS ini di wilayah Kabupaten Tabalong dan Kabupaten Hulu Sungai Utara, walaupun demikian juga terjadi banjir beberapa lokasi di wilayah kabupaten lainnya yang terletak di sub DAS Negara bagian hilir. Informasi atau data kejadian banjir diperoleh berdasarkan data primer dan data sekunder pada seluruh wilayah Provinsi Kalimantan Selatan (Badan penelitian pembangunan daerah Provinsi Kalimantan Selatan dan Fakultas Kehutanan Unlam 2010), selanjutnya dilaporkan rekapitulasi titik (desa) kejadian banjir disajikan pada Tabel 8.

Pada Tabel 2.8 terlihat bahwa sub DAS Negara DAS yang secara administrasi terletak wilayah kabupaten Hulu Sungai Utara (HSU), Balangan dan Kabupaten Tabalong. Selanjutnya terlihat bahwa wilayah kabupaten HSU mempunyai jumlah titik rawan banjir terbanyak yaitu sejumlah sembilan kecamatan dan 149 desa. Kejadian banjir yang terjadi pada periode 2007 sampai dengan 2010 di Kalimantan Selatan telah menyebabkan kerugian yang cukup besar secara fisik dan ekonomi.

**Tabel 2.8.** Hasil Survey Lokasi Titik Kejadian Banjir Provinsi Kalimantan Selatan

No	Kabupaten	Kecamatan	Desa
1	Tabalong	12	76
2	Balangan	5	35
3	Hulu Sungai Utara	9	149
4	Hulu Sungai Tengah	9	55
5	Hulu Sungai Selatan	5	48
6	Tapin	5	11
7	Banjar	10	65
8	Banjarbaru	2	3
9	Banjarmasin (ttk Jalan)	-	11
10	Batola	6	20
11	Tanah Laut	5	22
12	Tanah Bumbu	8	39
13	Kotabaru	6	16
Jumlah		82	550

Sumber: Balitbangda Provinsi Kal-Sel dan Fakultas Kehutanan UNLAM (2010).

Menurut Munaf (2007), kecenderungan tidak adanya koordinasi dan sinergi pengelolaan DAS di bagian hulu dan hilir, antar wilayah administrasi dan antar sektor merupakan salah satu faktor yang menyebabkan terjadinya kerusakan lingkungan, oleh karena itu perlunya direalisasikan konsep DAS secara terpadu (*one river, one plan and one integrated management*), hal ini sesuai dengan rencana strategis Direktorat jenderal RPLS bahwa tujuan pengelolaan DAS terpadu ialah: 1)Tata air DAS optimal; 2) Hutan dan lahan produktif, daya dukung dan daya tampung lingkungan meningkat; dan 3) Masyarakat lebih sejahtera.

### 2.3.2. Kerawanan Banjir

Tingkat kerawanan daerah yang terkena banjir (kebanjiran) dapat diidentifikasi dari kondisi karakteristik suatu wilayah yang terdiri atas: a) bentuk lahan; b) lereng kiri kanan sungai; meandering; pembendungan alami; dan adanya bangunan pengendali banjir. Menurut Paimin *et al.*, (2009), formulasi penentuan potensi pasokan air banjir pada suatu DAS atau sub DAS, yang terdiri atas parameter, klasifikasi, kategori dan skor disajikan pada Tabel 9.

Kementerian Kehutanan (2011<sup>a</sup>) mengemukakan bahwa skoring dan klasifikasi koefisien limpasan permukaan untuk penelusuran banjir melalui *overlay* beberapa faktor sebagai berikut: a) Lereng; b) Vegetasi penutup lahan; c) Infiltrasi tanah (jenis tanah); dan d) Timbunan air permukaan (pola aliran).

Menurut Kim dan Choi (2011), banjir berpotensi menimbulkan bahaya dan ancaman terhadap lingkungan, kehidupan manusia, dan sarana prasarana, sehingga perlu dilakukan kajian terhadap karakteristik suatu wilayah rawan banjir merupakan kawasan yang sering atau berpotensi tinggi mengalami bencana banjir. Selanjutnya Paimin *et al.* (2010) kerawanan potensi banjir merupakan suatu rangkaian kondisi yang menentukan apakah parameter alami dan manajemen berpotensi menyebabkan banjir pada bagian DAS. Pada umumnya kejadian banjir pada bagian tengah dan hilir DAS, sedangkan bagian hulu sebagai pemasok air banjir, sehingga upaya RHL pada bagian hulu perlu diprioritaskan.

Kementerian Kehutanan (2011<sup>a</sup>) mengemukakan bahwa parameter dan kriteria seluruh analisis yang terdapat dalam aplikasi sistem standar operasi prosedur (SSOP) penanggulangan banjir dan tanah longsor ini mengacu kepada semua pedoman dan petunjuk teknis yang dihasilkan oleh Direktorat Jenderal Bina Pengelolaan DAS dan Perhutanan Sosial dan juga Badan Penelitian dan Pengembangan Kehutanan Kementerian Kehutanan.

Kriteria nilai dan skor masing parameter atau faktor di atas sebagai penciri daerah rawan banjir limpasan adalah: a) lereng; b) tutupan vegetasi; c) infiltrasi tanah; dan d) timbunan permukaan (pola aliran).

Tingkat kerawanan banjir ditentukan berdasarkan nilai bobot dan skor masing-masing parameter karakteristik DAS sebagaimana disajikan pada Tabel 2.9.

**Tabel 2.9.** Formulasi Penentuan Potensi Pasokan Air Banjir (Paimin *et al.*, 2009)

No.	Parameter/Bobot	Klasifikasi	Kategori	Skor
1	<b>Alami (60 %)</b>			
	hujan harian maksimum rata-rata pada bulan basah (mm/hari) (35 %)	< 20	Rendah	1
		21 – 40	Agak Rendah	2
		41 – 75	Sedang	3
		76 – 150	Agak Tinggi	4
		>150	Tinggi	5
	Bentuk DAS (5 %)	Lonjong	Rendah	1
		Agak lonjong	Agak Rendah	2
		Sedang	Sedang	3
		Agak bulat	Agak Tinggi	4
		Bulat	Tinggi	5
	Gradien sungai (%) (10%)	< 0,5	Rendah	1
		0,5 – 1,0	Agak Rendah	2
		1,1 – 1,5	Sedang	3
		1,6 – 2,0	Agak Tinggi	4
		> 2,0	Tinggi	5
	Kerapatan drainase (5%)	Jarang	Rendah	1
		Agak Jarang	Agak Rendah	2
		Sedang	Sedang	3
		Rapat	Agak Tinggi	4
		Sangat Rapat	Tinggi	5
	Lereng rata-rata DAS (5%)	< 8 %	Rendah	1
		8 – 15 %	Agak Rendah	2
		16 – 25 %	Sedang	3
		26 – 40 %	Agak Tinggi	4
		> 40	Tinggi	5
2	<b>Manajemen (40 %)</b>			
	Penggunaan lahan (40%)	Hutan		
		Lindung/Konservasi	Rendah	1
		Hutan Produksi/Perkebunan	Agak Rendah	2
			Sedang	3

No.	Parameter/Bobot	Klasifikasi	Kategori	Skor
		Semak/Belukar/ Sawah/Tegalan+teras Tegalan/Permukiman	Agak Tinggi Tinggi	4 5

Yu *at al.* (2003) dan Kim dan Choi (2011), mengemukakan bahwa curah hujan yang tinggi dan kurangnya vegetasi penutupan lahan menyebabkan terjadi pengurangan infiltrasi, sehingga meningkatkan aliran permukaan dan erosi yang menjadi faktor terjadinya banjir.

**Tabel 2.10.** Faktor Karakteristik DAS Sebagai Penciri Daerah Rawan Banjir Limpasan

No	Parameter	Besaran	Kriteria Nilai	Skor	Teknik Perolehan Data
1	Lereng	> 30%	curam	40	- Secara manual dengan petatopografi/ RBL - DEM
		10 – 30%	berbukit	30	
		5 – 10%	bergelombang	20	
		0 – 5%	relatif datar	10	
2	Tutupan Vegetasi	Vegetasi kerapatan tinggi	Rendah	5	Interpretasi citra Satelit
		Vegetasi kerapatan sedang	Sedang	10	
		Vegetasi kerapatan jarang	Tinggi	15	
		Pemukiman, permukaan diperkeras	Tinggi	20	
3	Infiltrasi Tanah (Jenis Tanah)	Tekstur kasar	Ekstrim	20	- Interpretasi citra/peta - Lapangan
		Tekstur geluh	Cepat	15	
		Tekstur halus	Sedang	10	
		Tekstur liat	Lambat	5	
4	Timbunan Permu-kaan (pola aliran)	Selalu tergenang	Tinggi	5	Berdasarkan klasifikasi bentuk lahan di Indonesia
		Dijumpai depresi permukaan,danau &rawa	Normal	10	
		Sistem saluran baik	Rendah	15	
		Pengeringan Terlalu cepat	Diabaikan	20	

Sumber: Kementerian Kehutanan (2011<sup>a</sup>).

Penutupan lahan menjadi faktor utama penyebab terjadinya variasi aliran permukaan yang merupakan sumber kerawanan banjir, walaupun terjadi perubahan curah hujan (Jiang *et al.*, 2008). Dang, Babel, dan Luong (2010) menyatakan bahwa Indikator signifikan yang berkontribusi terhadap kerentanan banjir terdiri atas: a) komponen ekonomi; b) sosial; dan c) perspektif lingkungan. Selanjutnya Departemen Kehutanan dan Universitas Gajah Mada (2007) mengemukakan bahwa kategori dan skor masing- masing parameter atau faktor karakteristik DAS di sebagai penciri daerah rawan banjir genangan disajikan pada Tabel 2.11.

**Tabel 2.11.** Faktor Karakteristik DAS Sebagai Penciri Daerah. Rawan Banjir Genangan

No	Parameter	Besaran	Kategori	Skor	Teknik Perolehan Data
1	Tutupan Vegetasi	Vegetasi Kerapatan tinggi Vegetasi Kerapatan sedang Vegetasi Kerapatan rendah Permukiman, dan permukaan diperkeras	Rendah Sedang Tinggi Sgt Tinggi	1 2 3 4	- interpretasi citra
2	Infiltrasi tanah (Jenis tanah)	Tekstur kasar Tekstur geluh Tekstur halus	Cepat Sedang lambat	1 2 3	-interpretasi citra - lapangan
3	Drainase (tekstur tanah dan kedalaman)	Lancar Agak Lancar Terhambat	Rendah Sedang Tinggi	1 2 3	- peta tanah - lapangan
4	Bentuk lahan	Kipas alluvial & Kolluvial Dataran Dataran alluvial, rawa belakang, ledok alluvial	Rendah Sedang Tinggi	1 2 3	- Berdasarkan klasifikasi bentuk lahan indonesia - peta geomorfologi - interpretasi citra

No	Parameter	Besaran	Kategori	Skor	Teknik Perolehan Data
5	Lereng	0 - 3 % 3 - 8 % > 8 %	Tinggi Sedang Rendah	3 2 1	- Manual (peta RBI) - DEM

Sumber: Departemen Kehutanan dan Universitas Gajah Mada, (2007).

Badan penelitian dan pengembangan daerah Provinsi Kalimantan Selatan dan Fakultas Kehutanan Unlam (2010) mengemukakan bahwa dalam rangka penentuan tingkat kerawanan banjir dan bahaya banjir, menggunakan beberapa parameter baik data primer maupun data sekunder. Berdasarkan parameter penentuan kerawanan banjir dilakukan skoring berdasarkan besaran masing-masing. Parameter penentuan kerawanan banjir disajikan pada Tabel 2.12.

**Tabel 2.12.** Parameter, Besaran dan Skor Penentuan Kerawanan Banjir Genangan

No.	Parameter	Besaran	Skor
1	Curah hujan	< 1.000	10
		1.000 - 1.500	20
		1.500 - 2.000	30
		2.000 - 2.500	40
		2.500 - 3.000	50
		3.000 - 3.500	60
		> 3.500	70
2	Penutupan lahan dan penggunaan lahan	-Hutan	10
		-Semak belukar & perkebunan	20
		-Pertanian lahan kering	30
		-Kebun cmprn, pemukiman dan bandara	40
		-Sawah, tambak, lahan terbuka, pertambangan dan tubuh air	50

No.	Parameter	Besaran	Skor
3	Elevasi	0 – 5	100
		5 – 10	90
		15 – 20	80
		20 – 25	70
		25 – 30	60
		30 – 35	50
		35 – 40	40
		40 – 45	30
		45 – 50	20
		50 keatas	10
4	Kelerengan	> 21	10
		14 – 20	20
		8 – 14	30
		3 – 7	40
		0 – 2	50
5	Infiltrasi (tekstur)	Kasar	10
		Cukup kasar	20
		Sedang	30
		Cukup baik	40
		Baik	50
6	Jenis tanah	Komp.Pods.Mr-Kng LatoLito, Latosol	10
		Komp.Pods.Mr&Laterik, PMK	20
		Aluvial, Organosol Glei Humus	30
			40
7	Kerapatan aliran	>5 mile/mile <sup>2</sup>	10
		1 - 5 mile/mile <sup>2</sup>	20
		<1 mile/mile <sup>2</sup>	30

Sumber: Badan penelitian pembangunan daerah Provinsi Kalimantan Selatan dan Fakultas Kehutanan UNLAM (2010).

Berdasarkan pada referensi di atas dan kondisi sub DAS Negara DAS Barito, maka Kajian pengelolaan DAS untuk pengendalian banjir di sub DAS Negara ini akan digunakan beberapa variabel penentuan titik rawan pemasok banjir sebagai berikut: a) Curah hujan; b) Tata guna lahan

(penutupan dan penggunaan lahan); c) Kelerengan; d) Tata air (kerapatan sungai, debit air dan infiltrasi); dan e) Tingkat kekritisian lahan.

#### **2.4. Upaya Pengendalian Banjir**

Pengendalian banjir merupakan salah satu aspek dalam pengelolaan sumber daya air di wilayah sungai yang diberi perhatian di dalam UU No.7/2004 tentang SDA. Bencana yang diakibatkan oleh daya rusak air adalah antara lain banjir, longsor, amblesan tanah, kekeringan, dan bahkan sampai wabah penyakit yang diakibatkan oleh air (*waterborne disease*) yang biasa terjadi sesudah terjadinya banjir. Pengendalian daya rusak air diutamakan pada upaya pencegahan melalui perencanaan pengendalian daya rusak air yang disusun secara terpadu dalam pola pengelolaan sumberdaya air. Pencegahan banjir dilakukan melalui upaya fisik maupun non fisik tetapi diutamakan pada kegiatan non fisik. Penanggulangan daya rusak air dilakukan dengan mitigasi bencana, pemulihan daya rusak air dilakukan dengan memulihkan kembali fungsi lingkungan hidup dan sistem prasarana sumber daya air.

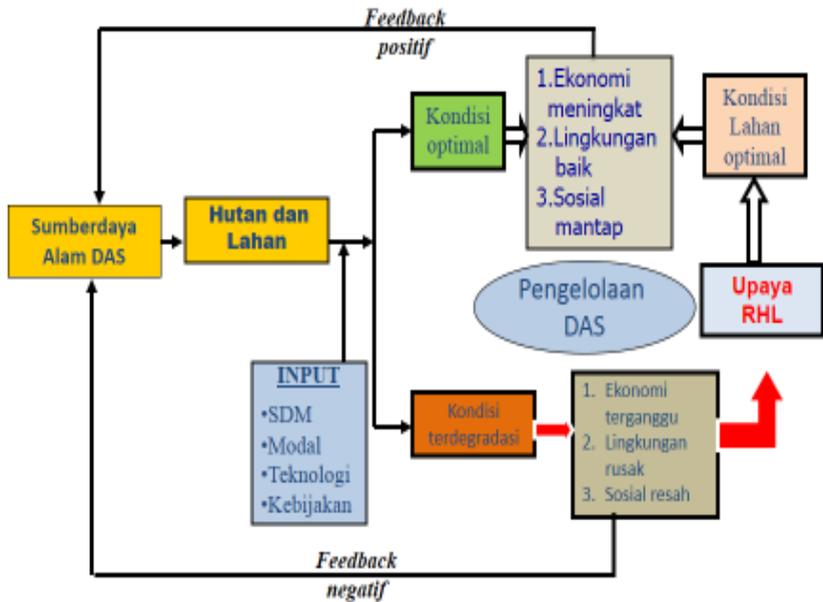
Permasalahan utama yang sedang dihadapi atau telah terjadi di wilayah DAS atau Sub DAS termasuk pada DAS atau sub DAS yang rawan terhadap bencana banjir perlu dilakukan penyusunan rencana teknik rehabilitasi hutan dan lahan daerah aliran sungai (RTKRHL-DAS). Identifikasi tingkat kekritisian lahan dan parameter lainnya dilakukan dengan cara sebagaimana diatur pada Peraturan Menteri Kehutanan Republik Indonesia Nomor : P.32/menhut-II/2009 tentang tata cara penyusunan rencana teknik rehabilitasi hutan dan lahan daerah aliran sungai (RTKRHL-DAS) selain itu juga dapat mengacu pada peraturan Dirjen RLPS No: P.04/V-DAS/2009 tentang pedoman monitoring dan evaluasi daerah aliran sungai.

Soemarno (2008) mengemukakan bahwa keberhasilan pengelolaan lahan bagian hulu DAS ditentukan oleh: a) sumberdaya air; b) sumberdaya tanah; c) unsur teknologi; e) perekonomian daerah sekitarnya; dan d) sumberdaya manusia sebagai pelaku utama. Dengan demikian usaha pengelolaan lahan bagian hulu DAS dipengaruhi oleh: a) ketersediaan dan kesesuaian lahan; b) tingkat teknologi yang dikuasai oleh penduduk

setempat; dan c) lokasi geografis lingkungan sosial ekonomi. Benturan kepentingan dari berbagai pihak yang terlibat biasanya tercermin dalam konflik penggunaan lahan. Benturan-benturan kepentingan ini pada akhirnya akan menimbulkan berbagai masalah lingkungan hidup yang dapat menimbulkan terjadinya: a) erosi tanah; b) sedimentasi yang berlebihan; c) banjir; d) tanah longsor; dan e) gangguan-gangguan terhadap kawasan hutan.

Penggunaan/pemanfaatan hutan dan lahan yang tidak sesuai dengan kaidah-kaidah konservasi dan melampaui kemampuan daya dukungnya, akan menyebabkan terjadinya lahan kritis. Disamping itu perilaku masyarakat yang belum mendukung konservasi seperti *illegal logging* dan penyerobotan lahan hutan akan menyebabkan deforestasi dan memacu terjadinya bencana alam banjir dan tanah longsor pada musim penghujan, kebakaran dan kekeringan pada musim kemarau, serta pencemaran air sungai, pendangkalan waduk, abrasi pantai, dan tidak berfungsinya sarana pengairan sebagai akibat sedimentasi yang berlebihan. Untuk menghindari hal kejadian banjir dan longsor perlu dilakukan upaya rehabilitasi hutan dan lahan kritis, dan pengembangan fungsi DAS terus ditingkatkan dan disempurnakan. Rehabilitasi hutan dan lahan kritis dimaksudkan untuk memulihkan kesuburan tanah, melindungi tata air, dan kelestarian daya dukung lingkungan.

Dalam rangka pemanfaatan sumberdaya alam baik berupa hutan, tanah dan air suatu DAS perlu perencanaan dan pengelolaan yang tepat melalui suatu sistem pengelolaan DAS secara terpadu. Upaya pokok pengelolaan DAS adalah berupa pengaturan penggunaan lahan dan usaha-usaha rehabilitasi hutan serta konservasi tanah secara sipil teknis (Kementerian Kehutanan, 2009<sup>b</sup>). Upaya RHL harus berbasis Pengelolaan DAS yang memanfaatkan sumberdaya alam hutan dan lahan yang bertujuan meningkatkan ekonomi, lingkungan baik dan sosial mantap dalam suatu DAS disajikan pada Gambar 2.6.



**Gambar 2.6.** Upaya RHL berbasis pengelolaan DAS (Dep.Kehutanan, 2006)

### 2.4.1. Pengelolaan DAS Terpadu

Pengelolaan DAS secara Terpadu merupakan sebuah pendekatan holistik dalam mengelola sumberdaya alam yang bertujuan untuk meningkatkan kehidupan masyarakat dalam mengelola sumberdaya alam secara berkesinambungan. Di daerah dataran tinggi curah hujan yang jatuh mencapai permukaan bumi, selanjutnya mengalir dan berkumpul pada beberapa parit, anak sungai, dan kemudian menuju ke sebuah sungai. Keseluruhan daerah yang menyediakan air bagi anak sungai dan sungai-sungai tersebut merupakan daerah tangkapan air (*catchment area*).

Meningkatnya bencana alam yang dirasakan, seperti bencana banjir yang terjadi hampir seluruh wilayah Indonesia tertuma pada bagian hilir DAS. Tanah longsor dan kekeringan yang umumnya terjadi pada bagian hulu DAS, hal ini diduga disebabkan oleh rendahnya daya dukung DAS. Berdasarkan hal itu pemerintah telah menetapkan beberapa DAS prioritas

penangannya di Indonesia untuk menjamin terwujudnya fungsi DAS sebagai pengatur tata air dan meningkatkan kesejahteraan masyarakat.

Kementerian Kehutanan (2009<sup>c</sup>) menyatakan bahwa Sumberdaya alam yang ditempatkan sebagai sumber Pendapatan Asli Daerah, perlu adanya upaya pengelolaan DAS secara terpadu yang harus melibatkan pemangku kepentingan dalam rangka pengelolaan sumberdaya alam yang terdiri dari unsur-unsur masyarakat, dunia usaha, Pemerintah, dan Pemerintah Daerah dengan prinsip-prinsip keterpaduan, kesetaraan dan berkomitmen untuk menerapkan penyelenggaraan pengelolaan sumberdaya alam yang adil, efektif, efisien dan berkelanjutan.

Konsekuensi akibat penambahan penduduk dan perkembangan ekonomi, konflik kepentingan dan kurang keterpaduan antar sektor, antar wilayah hulu-tengah-hilir pada suatu DAS menyebabkan peningkatan kerusakan DAS. Selanjutnya Kusuma (2007) mengemukakan bahwa pola pengelolaan DAS di Indonesia tidak dimungkinkan menerapkan sistem pengelolaan tunggal, untuk itu perlu diterapkan suatu sistem pengelolaan yang saling melengkapi.

Kementerian Kehutanan (2009<sup>c</sup>) mengemukakan bahwa prinsip-prinsip dasar dalam pengelolaan DAS adalah :

1. Pengelolaan DAS dilaksanakan secara terpadu didasarkan atas DAS sebagai satu kesatuan ekosistem, satu rencana dan satu sistem pengelolaan
2. Pengelolaan DAS terpadu melibatkan para pemangku kepentingan, terkoordinasi, menyeluruh dan berkelanjutan.
3. Pengelolaan DAS terpadu bersifat adaptif terhadap perubahan kondisi yang dinamis sesuai dengan karakteristik DAS.
4. Pengelolaan DAS terpadu dilaksanakan dengan pembagian tugas dan fungsi, beban biaya dan manfaat antar para pemangku kepentingan secara adil.
5. Pengelolaan DAS terpadu berlandaskan pada azas akuntabilitas.

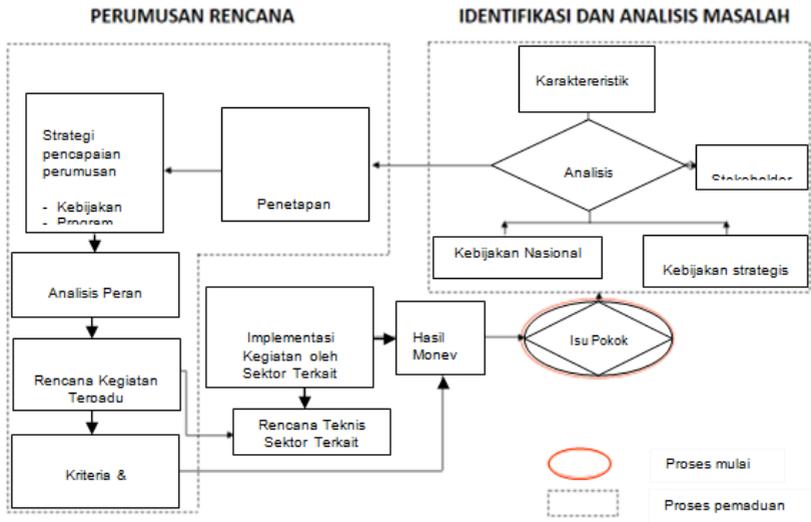
Beberapa hal yang mengharuskan pengelolaan DAS diselenggarakan secara terpadu adalah:

1. Interaksi daerah hulu sampai hilir pada suatu DAS yang dapat berdampak positif dan atau negatif, sehingga memerlukan koordinasi antar pihak.
2. Berbagai kegiatan dalam pengelolaan sumberdaya dan pembinaan aktivitas manusia terdapat keterkaitan antar keduanya.
3. Keterlibatan berbagai disiplin ilmu yang mendasari dan mencakup berbagai bidang kegiatan pengelolaan DAS.
4. Batas DAS tidak selamanya berhimpitan/bertepatan dengan batas wilayah administrasi pemerintahan kabupaten maupun provinsi.

Berdasarkan Peraturan Pemerintah Nomor 37 tahun 2012, dikemukakan bahwa Penyusunan Rencana Pengelolaan DAS dilakukan sebagai berikut: a) Bupati/walikota sesuai kewenangannya untuk DAS dalam kabupaten/kota; b) Gubernur sesuai kewenangannya untuk DAS dalam provinsi dan/atau lintas kabupaten/kota; dan c) Menteri untuk DAS lintas negara dan DAS lintas Provinsi.

Penyusunan DAS terpadu dilakukan sesuai kondisi wilayah administrasi kabupaten dan atau provinsi yang terdapat di dalamnya. DAS Barito yang secara administrasi terdapat pada wilayah Provinsi Kalimantan Selatan dan Provinsi Kalimantan Tengah, sehingga perencanaan pengelolaan DAS secara terpadu disusun oleh Gubernur Provinsi Kalimantan Selatan dan Provinsi Kalimantan Tengah, sedangkan RPDAS Batulicin yang terdapat pada wilayah Kabupaten Tanah Bumbu Provinsi Kalimantan Selatan, disusun oleh Bupati Kabupaten Tanah Bumbu.

Prosedur penyusunan rencana pengelolaan DAS terpadu dalam rangka pengelolaan DAS dengan melibatkan para pemangku kebijakan untuk menentukan isu pokok termasuk isu banjir pada suatu DAS sebagaimana disajikan pada Gambar 2.7.



**Gambar 2.7.** Proses penyusunan rencana pengelolaan DAS (RPDAS) terpadu (Kementerian Kehutanan, 2009<sup>c</sup>)

#### 2.4.2. Teknik Rehabilitasi Hutan dan Lahan

Menurut Kementerian Kehutanan (2009<sup>b</sup>), penggunaan hutan dan lahan yang tidak sesuai dengan kaidah konservasi dan kemampuan daya dukungnya dan daya tampung DAS dapat menyebabkan terjadinya lahan kritis, selain itu masyarakat yang belum mendukung upaya konservasi seperti *illegal logging* dan perambahan hutan dapat menyebabkan deforestasi dan memacu terjadinya bencana alam banjir dan longsor pada musim penghujan dan kebakaran dan kekeringan pada musim kemarau. Tingginya curah hujan, erosi dan aliran permukaan serta pencemaran air sungai menyebabkan kurang berfungsinya sarana pengairan akibat sedimentasi yang berlebihan. Selanjutnya dinyatakan bahwa untuk mengurangi luasan lahan kritis perlu dilakukan rehabilitasi hutan pengembangan fungsi DAS yang terus ditingkatkan dan disempurnakan. Untuk perencanaan secara teknik diperlukan rencana teknik revolusi hijau

Sirang dan Kadir (2009) mengemukakan bahwa berdasarkan analisis data spasial serta *ground chek* lapangan maka rekomendasi rencana teknik RHL secara vegetatif pada *Land Mapping Unit* (LMU) pada

revolusi hijau Prioritas Idan II di wilayah SWP DAS Batulicin, selanjutnya dinyatakan bahwa kegiatan RHL di rencanakan akan dilaksanakan terdiri atas prioritas I dan II, hal ini sesuai dengan tingkat kekritisn lahan. Setiap tahapan prioritas pelaksanaan kegiatan RHL secara vegetatif masing-masing terdiri atas Reboisasi dan penghijauan dengan luasan tertentu sesuai dengan fungsi kawasan lindung dan kawasan budidaya.

Borah (2011) mengemukakan bahwa saat ini model DAS banyak tersedia yang memiliki berbagai kompleksitas, kekuatan, dan kelemahan, termasuk dalam pemodelan atau penentuan teknik pengelolaan DAS dapat dipecahkan dengan berbagai metode seperti proses hidrologi (curah hujan yang berlebihan, aliran permukaan dan aliran dibawah permukaan, hal ini tergantung pada keakuratan data yang tersedia.

BPDAS Barito dan Fakultas Kehutanan Unlam (2011) mengemukakan bahwa dalam rangka penyusunan DAS Barito secara terpadu dinyatakan bahwa setiap unsur sumberdaya DAS termasuk dalam eksositem DAS. Selanjutnya dinyatakan bahwa berbagai pihak, baik instansi pemerintah, swasta, maupun masyarakat (perorangan atau kelompok), berkepentingan dalam pengelolaan dan pemanfaatan DAS dengan tujuan terwujudnya kondisi tata air yang optimal, terbentuknya kelembagaan pengelolaan DAS, terwujudnya peningkatan kesejahteraan masyarakat. Selain itu perlu dilakukan identifikasi isu dan permasalahan yang terdapat pada DAS Barito, selanjutnya rangka pengelolaan DAS Barito secara terpadu di reencanakan kegiatan atau rencana tindak RHL secara vegetatif yang terdiri atas: a) reboisasi hutan lindung; b) reboisasi hutan produksi; c) reboisasi hutan produksi; d) penghijauan kawasan budidaya dan kawasan lindung.

Menurut Soemarno (2006), beberapa kebutuhan penting dalam pengelolaan lahan di Daerah Aliran Waduk (DAW) Selorejo adalah sebagai berikut:

1. Kebutuhan dalam hal rehabilitasi lahan, konservasi tanah dan air terdiri atas:

- a. Perlu adanya upaya yang dilakukan untuk menormalkan fluktuasi debit air sungai sepanjang tahun (rasio debit minimum dan debit maksimum dalam setahun tidak kurang dari 1 : 40),
  - b. Perlu adanya upaya kecukupan air untuk kebutuhan domestik dan pertanian, khususnya pada musim kemarau,
  - c. Perlu adanya upaya agar erosi yang terjadi tidak melebihi batas yang diperolehan, dan
  - d. Perlu adanya pembinaan masyarakat untuk menciptakan sikap dan mental pelestari sumberdaya alam dan lingkungan.
2. Kebutuhan untuk mencapai pendapatan wilayah dan pendapatan perkapita sesuai dengan kondisi kelayakan terdiri atas:
- a. Perlu adanya upaya peningkatan pendapatan perkapita seluruh penduduk di DAW Selorejo sesuai standar yang ditetapkan,
  - b. Perlu adanya upaya peningkatan produksi pertanian dan sektor primer lainnya untuk memenuhi kebutuhan penduduk sekitar DAW,
  - c. Perlu adanya upaya memenuhi kebutuhan penduduk dan peningkatan kesejahteraannya,
  - d. Perlu adanya upaya menciptakan lapangan kerja disektor pertanian sepanjang tahun dan minimal dapat memenuhi penawaran angkatan kerja domestik yang telah ditetapkan, dan
  - e. Perlu adanya upaya penyediaan sembilan macam bahan kebutuhan pokok penduduk di sekitar DAW.
3. Kebutuhan daya dukung sumberdaya alam dan lingkungan hidup terdiri atas:
- a. Perlu adanya upaya perlindungan dan pemeliharaan kawasan hutan lindung dan hutan produksi serta kawasan rawan bencana, dan
  - b. Perlu adanya upaya pemanfaatan lahan oleh masyarakat dan untuk pembangunan lainnya sesuai daya dukung lingkungan pada tingkat layak bagi populasi ternak dan juga bagi manusia.

Kadir (2003) melaporkan bahwa hasil penelitian di DAS Riam Kanan Provinsi Kalimantan Selatan menyatakan bahwa untuk meningkatkan fungsi DAS sebagai pengatur tata air, maka jenis penggunaan lahan hutan dan pertanian serta penggembalaan, disarankan berdasarkan faktor biofisik, sosial ekonomi dan pertimbangan kebijakan pemerintah daerah, hal ini karena DAS Riam Kanan selain berfungsi sebagai kawasan lindung

juga sebagai areal pemukiman 11 desa wilayah Kecamatan Aranio. Selanjutnya dinyatakan bahwa jenis tanaman untuk areal perkebunan disarankan jenis karet, kopi dan pisang, untuk areal hutan disarankan jenis pinus, eukaliptus, akasia, albizia dan mahoni, untuk areal penggembalaan disarankan jenis rumput gajah.

Berdasarkan hasil penelitian Kadir (2006) yang dilaksanakan di areal HPH PT Kodeco Timber Kabupaten Kotabaru dikemukakan bahwa unit lahan dengan penutupan hutan sekunder mempunyai jumlah Tingkat Bahaya Erosi (TBE) yang rendah, sedangkan unit lahan dengan penutupan semak belukar dan alang-alang mempunyai TBE sedang, tinggi hingga ekstrim, hal ini sesuai dengan jumlah erosi yang terjadi pada unit lahan tersebut dan dengan demikian untuk menurunkan TBE pada unit lahan tersebut diperlukan tindakan konservasi baik secara mekanis maupun secara vegetatif. Selanjutnya dikemukakan kelas kemampuan lahan pada unit lahan alang-alang dan semak belukar terdapat pada kelas kemampuan lahan III, sedangkan pada unit lahan dengan penutupan hutan sekunder terdapat pada kelas kemampuan lahan II, sehingga pada unit lahan dengan penutupan alang-alang dan semak belukar disarankan penggunaan lahan ialah tanaman kehutanan atau kebun campuran, hal ini dilakukan untuk meningkatkan fungsi lahan sebagai pengatur tata air. Untuk kepentingan biofisik dan untuk kepentingan sosial ekonomi.

Kadir (2008) melaporkan hasil penelitian yang dilaksanakan di sub-DAS Teweh DAS Barito dinyatakan bahwa unit lahan penutupan hutan sekunder diperoleh TBE ringan (I-R) sampai sedang (II-S), sedangkan alang-alang diperoleh sedang (II-S) sampai sangat berat (IV-SB) dan semak belukar diperoleh berat sampai dengan sangat berat (III-B sampai dengan IV-SB). Selanjutnya dinyatakan bahwa tindakan konservasi perlu dilakukan pada unit-unit lahan yang memerlukannya sehingga TBE pada tingkat berat dan sangat berat nilainya dapat diperkecil, lebih lanjut dinyatakan bahwa untuk menurunkan erosi yang terjadi diperlukan penelitian lebih lanjut guna memperoleh teknis-teknis konservasi yang baru dan dapat mempercepat proses penurunan erosi.

## 2.5. Analisis Strategi

Analisis strategi yang dapat dilakukan dalam rangka kajian lingkungan termasuk untuk menentukan strategi pengendalian kerawanan banjir menggunakan analisis SWOT dan AHP.

### 2.5.1. Analisis Strategi Operasional (SWOT)

Menurut Soemarno (2011), analisis SWOT merupakan metode perencanaan strategis yang digunakan untuk mengevaluasi faktor-faktor kekuatan (*Strengths*), kelemahan (*Weaknesses*), peluang (*Opportunities*), dan ancaman (*Threats*) yang mungkin dihadapi dalam mencapai tujuan kegiatan usaha atau institusi dalam skala yang lebih luas. Untuk keperluan tersebut diperlukan kajian dari aspek lingkungan, baik yang berasal dari lingkungan internal maupun lingkungan eksternal yang mempengaruhi strategi institusi untuk mencapai tujuan. Selanjutnya dinyatakan bahwa analisis SWOT merupakan bagian dari perencanaan. Hal utama yang ditekankan bahwa dalam proses perencanaan tersebut, suatu institusi membutuhkan penilaian mengenai kondisi saat ini dan gambaran kedepan yang mempengaruhi proses pencapaian tujuan institusi. Dengan analisa SWOT akan didapatkan karakteristik dari kekuatan utama, kekuatan tambahan, faktor netral, kelemahan utama dan kelemahan tambahan berdasarkan analisa lingkungan internal dan eksternal yang dilakukan.

Penyusunan strategi pengembangan industri unggulan didasarkan pada analisis SWOT terhadap kondisi lingkungan, baik eksternal maupun internal, baik yang berpengaruh secara langsung maupun tidak langsung terhadap pengembangan industri perikanan di Kalimantan Selatan. Analisis SWOT didasarkan pada informasi dari *stakeholder* melalui *Focus Group Discussion* (FGD), wawancara mendalam (*in depth interview*) serta informasi yang digali dalam berbagai forum dan pertemuan serta hasil kajian pustaka telah dapat mengidentifikasi kekuatan, kelemahan, peluang dan ancaman yang ada (Jauhari *at al.*, 2009). Matrik analisis SWOT disajikan pada Gambar 9.

Analisis SWOT		
Faktor	Bermanfaat	Berbahaya
Internal	Kekuatan	Kelemahan
Ekternal	Peluang	Ancaman

**Gambar 2.8.** Matriks analisis SWOT (Rangkuti dan Freddy, 2005).

### 2.5.2. Analisis Program Operasional (AHP)

Penentuan prioritas program aksi dilakukan dengan metode *Analytical Hierarchy Process* (AHP), adalah salah satu metode yang banyak digunakan oleh pengambil keputusan untuk menyelesaikan persoalan yang menyangkut kesisteman, untuk menentukan prioritas pilihan-pilihan yang mengandung banyak kriteria. Metode AHP yang diperkenalkan Saaty (2008) mengemukakan bahwa pada prinsipnya adalah penyederhanaan suatu persoalan kompleks yang tidak terstruktur, strategik dan dinamik menjadi bagian-bagiannya, serta menatanya dalam suatu hirarki. Selanjutnya tingkat kepentingan setiap variabel diberi nilai numerik secara subyektif tentang arti penting setiap variabel tersebut secara relatif dibandingkan dengan variabel yang lain.

Berdasarkan berbagai pertimbangan tersebut kemudian dilakukan analisis untuk mendapatkan variabel yang memiliki prioritas tinggi dan berperan untuk mempengaruhi hasil pada sistem tersebut (Marimin, 2005). Selanjutnya Jauhari *et al.* (2009) mengemukakan bahwa masalah keputusan AHP secara grafis dapat dikonstruksikan sebagai diagram bertingkat, yang dimulai dengan *goal* atau sasaran atau fokus, kemudian kriteria level pertama, dilanjutkan dengan subkriteria dan akhirnya alternatif. Komponen-komponen pada setiap hirarki dielaborasi dari hasil AHP. Analisis ini memungkinkan pengguna untuk memberikan nilai bobot

relatif dari suatu kriteria majemuk (atau alternatif majemuk terhadap suatu kriteria) secara intuitif, yaitu dengan melakukan perbandingan berpasangan (*pairwise comparison*). Kemudian menentukan suatu cara yang konsisten untuk mengubah perbandingan berpasangan menjadi suatu himpunan bilangan yang merepresentasikan prioritas relatif dari setiap kriteria dan alternatif.

Saaty. Beliau **adalah** professor matematika University of Pittsburgh kelahiran Irak. Salah satu hal terkenal darinya **adalah** penemuan Metode ***Analytic Hierarchy Process (AHP)*** , yaitu salah satu metode pengambilan keputusan multikriteria. Beliau juga banyak menulis buku tentang riset operasi, matematika dan pengambilan keputusan.

**AHP** merupakan metode untuk membuat urutan alternatif keputusan dan pemilihan alternatif terbaik pada saat pengambil keputusan dengan beberapa tujuan atau kriteria untuk mengambil keputusan tertentu. Hal yang paling utama dalam **AHP adalah** hirarki fungsional dengan input utamanya persepsi manusia.

AHP merupakan metode untuk memecahkan suatu situasi yang kompleks tidak terstruktur kedalam beberapa komponen dalam susunan yang hirarki, dengan memberi nilai subjektif tentang pentingnya setiap variabel secara relatif, dan menetapkan variabel mana yang memiliki prioritas paling tinggi guna mempengaruhi hasil. **AHP merupakan** suatu metode pengambilan keputusan dengan melakukan perbandingan berpasangan antara kriteria pilihan dan juga perbandingan berpasangan antara pilihan yang ada. Permasalahan pengambilan keputusan dengan **AHP** umunya dikomposisikan menjadi kriteria, dan alternative pilihan.

AHP merupakan metode untuk memecahkan suatu situasi yang kompleks tidak terstruktur kedalam beberapa komponen dalam susunan yang hirarki, dengan memberi nilai subjektif tentang pentingnya setiap variabel secara relatif, dan menetapkan variabel mana yang memiliki prioritas paling tinggi guna mempengaruhi hasil.

## BAB III

# KERANGKA KONSEPTUAL KAJIAN

---

---

### 3.1 Kerangka Konseptual

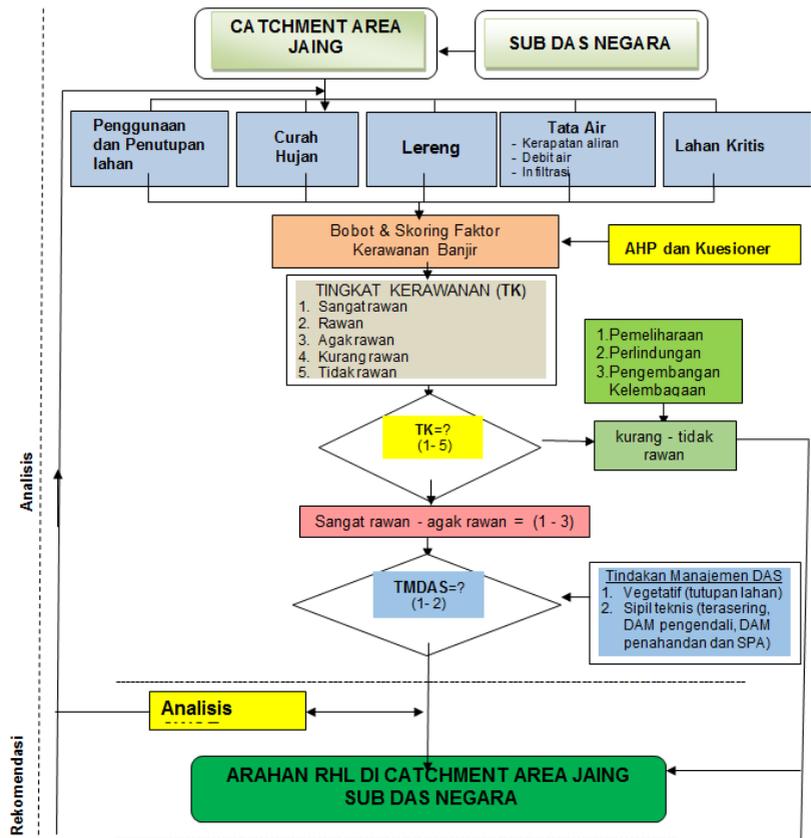
*Catchment area* Jaing seluas 25.852.12 ha, terletak pada bagian hulu sub DAS Negara Provinsi Kalimantan Selatan (BPDAS Barito, 2010), pada *catchment area* ini terdapat di dalamnya adalah: a) kawasan hutan; b) areal pertambangan; c) pemukiman; d) perkebunan kelapa sawit; e) perkebunan karet; dan f) areal persawahan. Pada bagian hilir sub DAS Negara terdapat kejadian banjir yang semakin meningkat pada periode 2007 sampai 2011, kejadian banjir pada periode tersebut di Kabupaten Tabalong 76 desa dan Kabupaten Hulu Sungai Utara 149 desa (Badan penelitian pembangunan daerah Provinsi Kalimantan Selatan dan Fakultas Kehutanan UNLAM (2010) dan Kesbanglingmas Kabupaten Tabalong (2011).

Menurut Zhang dan Wang (2007), banjir adalah hasil dari faktor-faktor saling terkait yang kompleks termasuk iklim, topografi, dan aspek topologi. Departemen Kehutanan dan Universitas Gajah Mada (2007) mengemukakan bahwa faktor karakteristik DAS sebagai penciri daerah rawan banjir genangan terdiri atas: 1) tutupan vegetasi; 2) tata air (Infiltrasi tanah, drainase); 3) bentuk lahan; dan 4) lereng. Selanjutnya menurut Saud (2007); dan Nugroho (2008), banjir disebabkan oleh faktor alam (curah hujan), sosial ekonomi dan budaya. Selain itu, penutupan lahan menjadi faktor utama penyebab terjadinya variasi aliran permukaan yang merupakan sumber kerawanan banjir, walaupun terjadi perubahan curah hujan (Jiang *et al.*, 2008). Besarnya pasokan air banjir diidentifikasi dari besarnya curah hujan dan karakteristik daerah tangkapan air, untuk proses tata air seperti infiltrasi dan penutupan lahan (Paimin *et al.*, 2009).

Balitbangda Provinsi Kalimantan Selatan dan Fakultas Kehutanan Unlam (2010) menyatakan bahwa untuk penyusunan master plan banjir dan pengelolannya di Kalimantan Selatan digunakan empat parameter

yaitu: 1) curah hujan; 2) penggunaan dan penutupan lahan; 3) infiltrasi; dan 4) kelereng dan elevasi. Selain itu Wismarini (2011) mengemukakan bahwa analisis indikator banjir berdasarkan faktor curah hujan, drainase, penggunaan lahan, dan topografi.

Kerangka konseptual pengelolaan DAS untuk pengendalian banjir di *Catchment Area* Jaing sub DAS Negara Provinsi Kalimantan Selatan disajikan pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1. Kerangka konseptual pengelolaan DAS untuk pengendalian banjir di sub DAS Negara DAS Barito Provinsi Kalimantan Selatan

Keterangan:

TIM DAS	=	Tindakan Manajemen DAS melalui RHL secara vegetatif dan atau sipil teknis.
SWOT	=	<i>Strength, Weakness, Opportunity, dan Threat.</i>
AHP	=	<i>Analytical Hierarchy Process.</i>
Kurang -tidak rawan	=	Biofisik DAS dengan kriteria tidak rawan dan kurang rawan banjir (tingkat kerawanan 4 dan 5).
Sangat rawan – agak rawan )	=	Biofisik DAS dengan kriteria sangat rawan, rawan dan agak rawan banjir (tingkat kerawanan 1 sampai 3).
RHL	=	Rehabilitasi hutan dan lahan vegetatif dan mekanis dengan mempertimbangkan morfologi DAS, kekritisan lahan dan fungsi kawasan (kawasan lindung dan kawasan budidaya).

Komponen parameter kajian DAS untuk pengendalian kerawanan banjir di *catchment area* jaing sub DAS Negara yaitu: 1) penggunaan dan penutupan lahan; 2) curah hujan; 3) lereng; 4) tata air (kerapatan aliran, debit air dan infiltrasi); dan 5) lahan kritis. Kajian ini selain parameter yang telah digunakan.

Pada kajian sebelumnya untuk penentuan kerawanan banjir tersebut di atas, juga digunakan dua komponen parameter tambahan pada penelitian ini yaitu: 1) tata air (kerapatan aliran, debit air dan infiltrasi); dan 2) lahan kritis yang diperoleh dari beberapa faktor.

Kajian DAS untuk pengendalian kerawanan sebagai pemasok banjir di *catchment area* Jaing dilakukan tujuh tahap, untuk memperoleh arahan prioritas kebijakan rehabilitasi hutan dan lahan (RHL) sebagai berikut:

1. Analisis terhadap faktor biofisik karakteristik *catchment area* Jaing yang terdiri atas: a) Penggunaan dan penutupan lahan; b) Curah hujan; c) Lereng; d) Tata air (kerapatan jaringan sungai, debit air dan infiltrasi); dan e) Lahan kritis.

2. Penentuan bobot dan skoring faktor biofisik karakteristik *catchment area* Jaing melalui *Analytical Hierarchy Process* (AHP) dan kuisioner para pengambil kebijakan lingkup pemerintah daerah Kabupaten Tabalong dan instansi lainnya yang terkait.
3. Berdasarkan pada point 3 di atas, ditentukan tingkat kerawanan banjir *catchment area* Jaing yang terdiri atas: a) Sangat Rawan; b) Rawan; c) Agak rawan; d) Kurang rawan; dan e) Tidak rawan.
4. Evaluasi tingkat kerawanan banjir sebagai berikut:
  - a. Kriteria kurang rawan dan tidak rawan banjir dianggap normal dan tidak perlu dilakukan simulasi perubahan penggunaan lahan.
  - b. Kriteria sangat rawan, rawan dan agak rawan banjir dianggap tidak normal dan perlu dilakukan simulasi alternatif perubahan penggunaan lahan.
5. Simulasi beberapa alternatif perubahan penggunaan lahan yang dapat menurunkan tingkat kerawanan banjir.
6. Analisis SWOT melalau *Focus group discussion* (FGD) dan kuisioner digunakan untuk mengidentifikasi faktor internal dan eksternal yang terdiri atas faktor kekuatan (*Strengths*), kelemahan (*Weaknesses*), peluang (*Opportunities*), dan ancaman (*Threats*) untuk menentukan strategi dalam rangka pengendalian tingkat kerawanan pemasok banjir.
7. Output penelitian (peta dan tabel data) arahan kebijakan RHL di *catchment area* Jaing untuk pengendalian tingkat kerawanan pemasok banjir.

Bedasarkan pada tahapan point 1 sampai 7, konseptual kajian DAS untuk pengendalian kerawanan pemasok banjir di *catchment area* Jaing, maka dapat disusun kerangka konseptual dalam bentuk diagram alir. Kajian pengelolaan DAS diawali dengan *input* paramater karakteristik *catchment area* Jaing sebagai faktor yang digunakan untuk penentuan tingkat kerawanan pemasok banjir dan akhir adalah *output* arahan revolusi hijau untuk pengendalian kerawanan pemasok banjir.

Output penelitian ini terdiri atas: a) Karakteristik *catchment area* Jaing (kondisi eksisting); b) Potensi kerawanan pemasok banjir; dan c) Arahan revolusi hijau hasil simulasi tingkat kerawanan pemasok banjir

(tabel dan peta arahan). Hasil kajian ini diharapkan dapat bermanfaat sebagai acuan para perencana dan pembuat kebijakan untuk bertindak dalam rangka pengendalian kerawanan dan kejadian banjir di sub DAS Negara Provinsi Kalimantan Selatan.

### **3.2 Asumsi**

Asumsi yang digunakan pada kajian ini terdiri atas kondisi *catchment area* yang normal dan kondisi *Catchment area* tidak normal sebagaimana disajikan berikut ini.

#### **3.2.1 Normal**

- a. *Catchment area* Jaing sub DAS Negara tidak rawan banjir atau kurang rawan banjir
- b. Penggunaan lahan (kawasan hutan 30 % dari luas *catchment area*)
- c. Fluktuasi debit air normal
- d. Tingkat kekritisan lahan pada kriteria tidak kritis

#### **3.2.2 Tidak Normal**

- a. *Catchment area* Jaing sub DAS Negara sebagai pemasok rawan banjir.
- b. Perlu dilakukan simulasi perubahan penggunaan lahan; semak belukar, alang-alang, lahan terbuka dan areal bekas pertambangan. Selain itu dilakukan analisis SWOT, dan AHP untuk menentukan arahan RHL.
- c. Fluktuasi debit air tidak normal
- d. Tingkat kekritisan lahan pada kriteria kritis dan sangat kritis

### **3.3 Definisi Operasional**

1. Gerakan Revolusi Hijau adalah aksi dalam rangka mengubah perilaku masyarakat secara cepat dan tepat untuk peduli pada kualitas lingkungan hidup melalui kegiatan penanaman dengan menggunakan pendekatan menyeluruh yang melibatkan seluruh pemangku kepentingan untuk peningkatan daya dukung Daerah Aliran Sungai dan kesejahteraan masyarakat secara berkelanjutan.
2. Pengelolaan DAS untuk identifikasi kerawanan banjir di *catchment area* Jaing merupakan kajian daerah rawan pemasok banjir, agar diperoleh arahan pengendalian kerawanan pemasok banjir yang efisien dan efektif.

3. Sub DAS Negara terdiri atas *Catchment area* Jaing, Jangkung, Uwi, Kinarum dan Siwak.
4. *Catchment area* Jaing sub DAS Negara seluas 25.852,12 ha, terletak pada bagian hulu sub DAS Negara, rawan pemasok banjir yang pada periode 2007 – 2011 kejadian banjir di bagian hilir sub DAS Negara (Kabupaten Tabalong 76 desa dan Kabupaten Hulu Sungai Utara 149 desa)
5. *Catchment Area* Jaing adalah suatu wilayah daratan yang menerima air hujan, menampung, dan mengalirkannya melalui satu outlet dalam sub-DAS Negara DAS Barito.
6. Banjir merupakan peristiwa yang terjadi akibat tingginya curah hujan pada bagian hulu dan tengah suatu DAS atau *catchment area* melebihi kondisi normal, mengalir kebagian hilir hingga melebihi daya tampung sungai, melimpah dan menggenangi bagian kiri dan kanan sungai.
7. Karakteristik *Catchment area* Jaing yang menjadi parameter penentuan kerawanan sebagai pemasok banjir terdiri atas: a) parameter manajemen (penggunaan dan penutupan lahan); dan b) parameter alami (curah hujan, lereng, tata air dan lahan kritis).
8. Penggunaan dan penutupan lahan merupakan bagian dari karakteristik *Catchment area* sebagai parameter manajemen, yang diperoleh dari hasil interpretasi citra Ikonos 2012, untuk menentukan jenis dan luas penyebaran penggunaan dan penutupan lahan.
9. Curah hujan pada kajian ini adalah curah hujan yang terdapat pada stasiun Murung Pudak, Haruai dan Upau, masing-masing 10 terakhir (2003 sampai 2012 yang diperoleh dari BMKG, Stasiun Klimatologi Kelas I Banjarbaru. Curah hujan ini terdiri atas jumlah curah hujan, hari hujan dan curah hujan maksimum. Curah hujan di analisis menggunakan metode *Polygon Thiessen*.
10. Lereng terdiri atas luas dan persentasenya yang diperoleh melalui program GIS, pembuatan peta lereng secara digital dilakukan menggunakan peta kontur digital, diubah/dikonversi menjadi DEM (*Digital Elevation Model*) - SRTM (*Shuttle Radar Topographic Mission*)
11. Tata air terdiri atas kerapatan jaringan sungai yang diperoleh menggunakan GIS, debit air menggunakan *currentmeter* dan infiltrasi

menggunakan *double ring infiltrometer* yang selanjutnya di analisis untuk menentukan kapasitas dan volume infiltrasi menggunakan metode Horton.

12. Lahan kritis diperoleh melalui *overlay* parameter peta pentupan lahan, lereng, erosi dan manajemen, menggunakan program GIS.
13. Penggunaan lahan (*Land use*) adalah aktivitas manusia memanfaatkan sumberdaya lahan untuk memenuhi kebutuhannya yang dilakukan pada kawasan budidaya maupun kawasan lindung, secara berpindah pindah atau menetap pada suatu lokasi, secara mandiri maupun berkelompok.
14. Penutupan lahan (*land cover*) adalah perwujudan secara fisik terhadap unsur budaya, vegetasi, dan benda alam yang ada di permukaan bumi tanpa memperhatikan aktivitas manusia terhadap obyek tersebut.
15. Tata air DAS adalah hubungan kesatuan individu unsur-unsur hidrologis yang meliputi kerapatan aliran, debit air dan infiltrasi yang mempengaruhi tingkat kerawanan banjir suatu DAS.
16. Kerapatan aliran sungai atau kepadatan aliran merupakan perbandingan antara panjang seluruh alur sungai terhadap luas permukaan lahan yang menampung sungai tersebut ( $\text{km}/\text{km}^2$ ). Peta jaringan sungai di peroleh melalui peta DEM (*Digital Elevation Model*) yang dihasilkan oleh SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*) dengan bantuan perangkat lunak *Global Mapper*.
17. Debit air (*water discharge, Q*) adalah volume air yang mengalir melalui suatu penampang melintang sungai per satuan waktu, dalam satuan  $\text{m}^3/\text{detik}$ .
18. Volume air ( $\text{m}^3$ ) adalah total volume aliran (limpasan) yang keluar dari daerah tangkapan air atau DAS/Sub DAS, dalam satuan  $\text{mm}$  atau  $\text{m}^3$ .
19. Infiltrasi adalah proses masuknya atau meresapnya air dari permukaan kedalam tanah secara vertikal. Pengukuran infiltrasi dilakukan pada semua penggunaan dan penutupan lahan di *catchment area* Jaing.
20. Lahan Kritis adalah lahan di luar kawasan hutan maupun dalam kawasan hutan yang telah mengalami kerusakan, sehingga berkurang

atau kehilangan fungsinya sampai pada batas yang ditentukan atau diharapkan. Lahan kritis di analisis pada kawasan kawasan budidaya dan kawasan lindung.

21. Kuisisioner dilaksanakan pada kelompok tani di *catchment area* Jaing untuk memperoleh masukan terkait penggunaan lahan, sedangkan Kuesioner oleh para pengambil kebijakan instansi terkait, memperoleh masukan untuk kelengkapan analisis AHP serta untuk analisis SWOT.
22. Pengelolaan DAS atau *catchment area* merupakan suatu upaya manusia dalam memanfaatkan sumberdaya lahan di dalam suatu DAS untuk kepentingan ekologis dan untuk kepentingan sosial yang dapat meningkatkan kesejahteraan manusia dalam suatu ekosistem DAS.
23. Pengelolaan DAS terpadu merupakan suatu program perencanaan pengelolaan DAS lintas sektoral antar instansi terkait, antar wilayah kabupaten dan atau Provinsi dengan melibatkan semua komponen terkait dalam rangka mewujudkan kelestarian dan keserasian ekosistem DAS sesuai amanat Peraturan Pemerintah Nomor 37 tahun 2012.
24. Rehabilitasi Hutan dan Lahan (RHL) adalah aktivitas perorangan maupun secara kelembagaan untuk mempertahankan, memulihkan dan meningkatkan fungsi hutan dan lahan sehingga daya dukung meningkat, produktivitas dan peranannya dalam mendukung sistem penyangga kehidupan tetap terjaga.
25. Hutan adalah suatu kesatuan ekosistem berupa hamparan lahan berisi sumber daya alam hayati yang didominasi pepohonan dalam persekutuan alam lingkungannya, yang satu dengan lainnya tidak dapat dipisahkan.
26. Kawasan Hutan adalah wilayah tertentu yang ditetapkan oleh Pemerintah untuk dipertahankan keberadaannya sebagai hutan tetap
27. Indeks Kualitas Lingkungan Hidup yang selanjutnya disingkat IKLH adalah ukuran kuantitatif yang digunakan untuk menggambarkan tingkat kualitas suatu ruang lingkungan hidup.

28. Analisis SWOT melalui Focus group discussion (FGD) dan Kuisisioner digunakan untuk mengidentifikasi faktor internal dan eksternal untuk menentukan strategi pengelolaan catchment area Jaing.
29. Kerangka konseptual menggambarkan hubungan atau kaitan antara konsep satu terhadap konsep yang lainnya dalam proses kajian pengelolaan DAS untuk pengendalian kerawanan pemasok banjir di catchment area Jaing. Kerangka konseptual ini terdiri atas; tahapan, variabel pengukuran dan analisis, asumsi serta defenisi operasional.

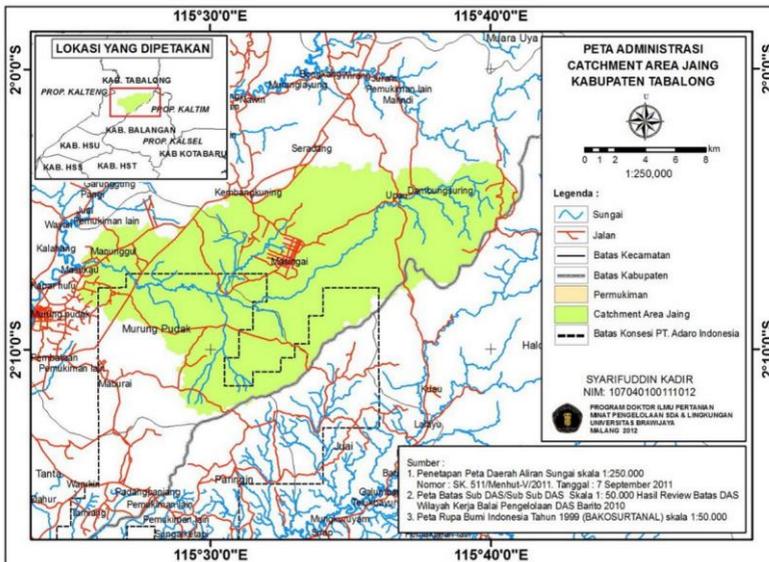
# BAB IV

## PENDEKATAN DAN METODE KAJIAN

### 4.1. Tempat dan Waktu Penelitian

#### 4.1.1 Tempat Penelitian

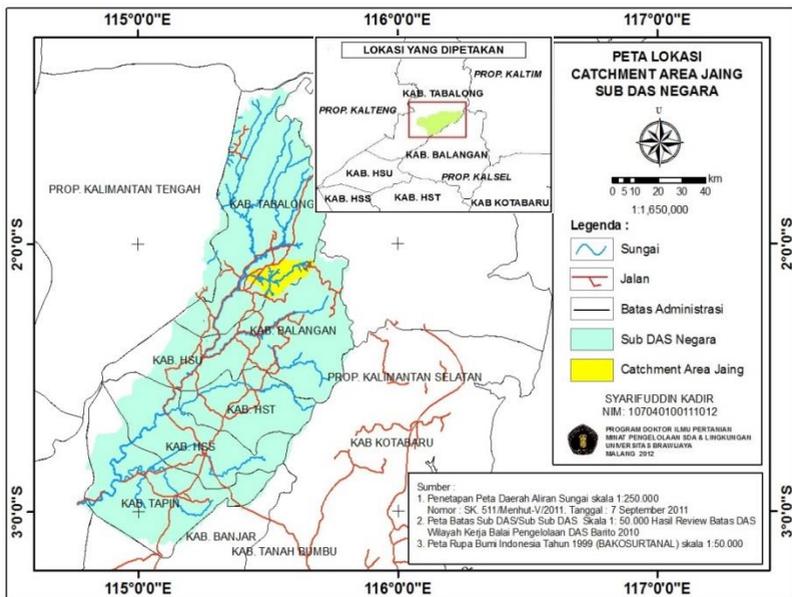
Kajian daerah aliran sungai (DAS) dilaksanakan di *catchment area* Jaing seluas 25.852 Ha, yang terletak di sub DAS Negara DAS Barito Provinsi Kalimantan Selatan. Secara administrasi lokasi penelitian terletak di Kabupaten Tabalong yang terdiri atas Kecamatan Murung Puduk, Haruai, dan Kecamatan Upau. Secara geografis *catchment area* Jaing sub DAS Negara terletak di antara 2° 3' 15" LS sampai 2° 12' 30" LS, dan 115° 24' 05" BT sampai 115° 42' 08" BT yang disajikan pada Gambar 11. Penentuan titik koordinat sampel lokasi penelitian di lapangan dengan menggunakan GPS) yang disajikan pada Gambar 16. Peta administrasi objek penelitian di *catchment area* Jaing disajikan pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1. Peta administrasi *catchment area* Jaing Sub DAS Negara

Gambar 4.1, terlihat bahwa sebagian *catchment area* Jaing terletak pada areal konsesi pertambangan PT Adaro Indonesia Provinsi Kalimantan Selatan, areal konsesi PT Adaro, terletak di Kecamatan Murung Pudak, Haruai dan Kecamatan Upau Kabupaten Tabalong. Areal konsesi pertambangan ini di *catchment area* Jaing 2.243,85 ha, namun belum semuanya dilakukan kegiatan pertambangan.

*Catchment area* Jaing adalah bagian dari sub DAS Negara DAS Barito di wilayah Kabupaten Tabalong Provinsi Kalimantan Selatan, DAS Barito yang merupakan wilayah kerja Balai Pengelolaan DAS Barito yang terletak di wilayah Provinsi Kalimantan Tengah (DAS Barito bagian hulu) dan wilayah Provinsi Kalimantan Selatan (DAS Barito bagian hilir). Peta lokasi *catchment area* Jaing di sub DAS Negara Provinsi Kalimantan Selatan disajikan pada Gambar 4.2.



**Gambar 4.2.** Peta lokasi *catchment area* Jaing di Sub DAS Negara

Gambar 4.2 terlihat bahwa *catchment area* Jaing yang terletak pada bagian hulu sub DAS Negara, pemasok air kebagian hilir sub DAS

Negara yang bermuara di Kabupaten Hulu Sungai Utara (HSU). *Catchment area* ini terdiri atas berbagai komponen di dalamnya yang memungkinkan rawan pemasok banjir, seperti perubahan penggunaan dan penutupan lahan semak belukar, lahan terbuka pemukiman, pertambangan, pengembangan lahan pertanian dan penggunaan lahan lainnya yang tidak berdasarkan azas kelestarian lingkungan.

#### 4.1.2 Fungsi Kawasan di Catchment Area Jaing Sub DAS Negara

*Catchment area* Jaing yang menjadi lokasi objek penelitian ini, mempertimbangkan fungsi kawasan, sesuai dengan Surat Keputusan Menteri Kehutanan Nomor 435/Menhut-II/2009, Tanggal 23 Juli 2009, tentang penunjukan kawasan hutan Provinsi Kalimantan Selatan. Fungsi kawasan di *catchment area* Jaing disajikan pada Tabel 4.1.

**Tabel 4.1.** Fungsi Kawasan di *Catchment Area* Jaing Sub DAS Negara.

No	Fungsi Kawasan	Luas (ha)	Persentase (%)
1	Hutan lindung (HL)	1.773,48	6,86
2	Hutan produksi (HP)	11.887,00	45,98
3	Areal penggunaan lain (APL)	12.191,65	47,16
4	Total	25.852,13	100,00

Sumber: SK Menteri Kehutanan No. 435/Mehut-II/2009

#### 4.2. Bahan dan Alat

Bahan dan alat yang disiapkan dalam rangka kajian biofisik DAS antara lain sebagai berikut :

1. Peta yang terdiri atas: a) Lahan Kritis (skala 1: 50.000) untuk mengetahui tingkat kekritisian lahan sebelum pelaksanaan penelitian; b) Kawasan Hutan untuk mengetahui fungsi kawasan hutan di *catchment area* Jaing; c) peta DAS sub-DAS (skala 1:50.000) untuk mengetahui DAS sub DAS di lokasi penelitian; d) peta morfologi DAS (skala 1: 50.000) untuk mengetahui kondisi morfologi lokasi penelitian; e) peta administrasi (skla 1: 50.000) untuk mengetahui administrasi desa lokasi penelitian, f) citra SRTM (*Shuttle Radar Topography*

*Mission*), citra ALOS resolusi spasial 2,5 m liputan Juli tahun 2012 untuk memperoleh informasi gambaran permukaan bumi pada bidang datar, dan menunjukkan posisi atau lokasi relatif suatu tempat dari suatu tempat lainnya.

2. *Hard Ware*: Komputer (CPU, Monitor, Plotter, Printer) untuk analisis dan pengolahan data, serta penulisan laporan penelitian disertai.
3. *SoftWare*: *Arc GIS 9 ArcMap version 9.3, Global Mapper 11* untuk proses analisis dan penyajian data yang dilakukan secara spasial, sistem yang berbasis *komputerisasi* yang digunakan untuk, menyimpan, menganalisis, mengumpulkan dan memanipulasi informasi geografi.
4. *Currentmeter* untuk mengukur kecepatan aliran air sungai, sehingga diperoleh debit air bagian hulu, tengah dan bagian hilir *catchment area* Jaing sub DAS Negara
5. *Water level* untuk mengetahui perubahan tinggi muka air sungai, alat ini ditempatkan pada pinggir sungai Jaing bagian hulu, tengah dan hilir.
6. GPS (*Global Positioning System*) untuk menentukan titik kordinat lokasi pengambilan sampel dan penentuan kordinat objek lainnya.
7. *Stopwatch* untuk menghitung waktu pada perhitungan kecepatan aliran sungai
8. Meteran untuk mengukur jarak (panjang, lebar sungai dan untuk keperluan pengukuran jarak lainnya)
9. *Double ring infiltrometer* untuk mengukur infiltrasi, sehingga di ketahui kapasitas dan volume infiltrasi setiap penggunaan dan penutupan lahan.
10. Kamera untuk dokumentasi pelaksanaan kegiatan pengambilan data dan untuk keperluan pengolahan analisis data hasil rekaman di lapangan.
11. Alat tulis menulis untuk merekam hasil pengumpulan data primer dan sekunder, serta untuk keperluan penulisan disertai hasil penelitian.

### 4.3. Teknik Pengumpulan Data dan Parameter yang Diamati

Untuk mengetahui peranan biofisik DAS terhadap tingkat kerawanan banjir di *Catchment area* Jaing sub DAS Negara dibutuhkan data primer di lapangan dan sekunder pada beberapa instansi terkait baik pemerintah maupun swasta. Penelitian ini bersifat deskriptif kuantitatif. Hasil penelitian memberikan gambaran keruangan mengenai tingkat kerawanan banjir dan arahan pengelolaan DAS untuk pengendalian pemasok banjir di *Catchment area* Jaing sub DAS Negara berdasarkan parameter komponen lingkungan yang terukur secara kuantitatif. Penelitian ini menggunakan pendekatan wilayah ekologi DAS yang proses analisis dan penyajiannya dilakukan secara spasial dengan memanfaatkan teknologi Sistem Informasi Geografis (SIG), sehingga hasil dalam penelitian ini memiliki referensi geografis dan penyajiannya berupa peta.

Penelitian ini terdiri atas lima sub penelitian (jenis) parameter yang akan diamati atau diukur selama penelitian yaitu: a) penutupan dan penggunaan lahan; b) curah hujan; c) lereng; d) tata air (jaringan sungai, infiltrasi, dan debit air); e) lahan kritis. Parameter ini diharapkan diperoleh data *time series* selain data hasil pengukuran lanagan, berfungsi untuk menganalisis serangkaian data yang dalam suatu rentang-waktu untuk mengetahui perkembangan karakteristik *catchment area* Jaing, hal ini sesuai Faisal, Indarto dan Usman (2009) mengemukakan bahwa data *time series* digunakan untuk mengetahui perubahan kondisi karakteristik suatu DAS. Titik pengukuran dan pengambilan sampel (*Ground Check*) *penggunaan lahan, kelerengan dan infiltrasi ditentukan melalui overlay peta penggunaan dan penutupan lahan lahan, kelerengan dan tanah*). Metode masing-masing parameter penentuan kerawanan pemasok banjir adalah:

#### 4.3.1 Penggunaan dan Penutupan Lahan

Penggunaan dan penutupan lahan yang digunakan sebagai unsur utama dalam penentuan tingkat kerawanan pemasok banjir, data ini diperoleh dari hasil interpretasi/penafsiran citra ALOS resolusi spasial 2,5 m liputan Juli tahun 2012 menggunakan SIG, yang selanjutnya dilakukan *Ground Check* sesuai titik *disajikan pada Gambar 16*, sedangkan kordinat lokasi yang di sajikan pada Lampiran 20. Hasil analisis kondisi penggunaan

dan penutupan lahan di *catchment area* Jaing sub DAS Negara, maka diklasifikasikan menjadi 11 jenis yang disajikan pada Tabel 4.2.

Kuesioner dan wawancara digunakan untuk mengetahui kecenderungan penggunaan lahan, kondisi sosial ekonomi masyarakat dan kepedulian pengendalian kerawanan banjir. Kuesioner dan wawancara dilakukan pada kelompok tani, tokoh masyarakat dan kepala pemerintahan tingkat desa.

**Tabel 4.2.** Penggunaan dan Penutupan Lahan

No	Penggunaan dan penutupan lahan	Kode
1	Hutan lahan kering sekunder	Hs
2	Hutan tanaman	Ht
3	Semak belukar	B
4	Perkebunan	Pk
5	Pemukiman	Pm
6	Lahan terbuka	T
7	Tubuh air	A
8	Pertanian lahan kering	Pt
9	Pertanian lahan kering campur semak	Pc
10	Sawah	Sw
11	Tambang	Tb

Sumber: Balai Pemantapan Kawasan Hutan Wilayah V (2012)

#### 4.3.2 Curah Hujan

Menurut (Asdak, 2010), metode untuk mendapatkan data hujan wilayah di *catchment area* Jaing sub DAS Negara Kabupaten Tabalong ialah: a) Cara rata-rata aljabar atau aritmatik; b) Cara *poligon thiessen*; dan c) Cara *isohyet*. Sesuai dengan kondisi *catchment area* ini, maka metode yang digunakan adalah *poligon thiessen* dengan menggunakan persamaan sebagai berikut.

$$R = (R_1 a_1/A) + (R_2 a_2/A) + \dots + (R_n a_n/A) \dots \dots \dots (3.1)$$

Keterangan:

R: adalah curah hujan pada suatu wilayah atau *catchment area*.

$R_1, R_2, \dots, R_n$  : adalah curah hujan untuk masing-masing alat penakar curah hujan di lokasi penelitian (mm).

$A_1, a_2, \dots, a_n$  : adalah luas untuk masing-masing daerah poligon (ha).

A: adalah luas total daerah tangkapa air (ha).

Berdasarkan metode analisis curah hujan tersebut di atas dapat diperoleh data yang terdiri atas: a) Rata-rata curah hujan bulanan (mm/tahun); b) Rata-rata hari hujan (hari/tahun); dan c) Jumlah curah hujan maksimum (mm/tahun).

Hasil perhitungan curah hujan dilakukan berdasarkan data curah hujan tahunan dan hari hujan dalam satu tahun dari pos hujan yang berada di sekitar/wilayah *Catchment area* Jaing. Curah hujan sebagai variabel penentuan kerawanan banjir sebagaimana disajikan pada Tabel 4.3.

**Tabel 4.3.** Curah Hujan Sebagai Variabel Kerawanan Banjir (Wischmeier, 1958; Chow, 1968; Wiersum dan Supriyo Ambar, 1980; dalam Kementerian Kehutanan 2009<sup>b</sup>)

No	Jumlah curah hujan (mm/tahun)	Kategori
1	> 5.500	Sangat besar
2	4.500 - 5.500	Besar
3	3.500 - 4.500	Agak besar
4	2.500 - 3.500	Sedang
5	<2.500	Rendah

### 4.3.3 Lereng

Kementerian Kehutanan (2009<sup>b</sup>) menyatakan bahwa peta lereng merupakan informasi untuk analisis kerawanan banjir yang dapat diperoleh dari informasi garis kontur menggunakan peta topografi dengan

cara menghitung kemiringan lereng menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$S = \frac{IC}{(D/100) \times SK} \times 100 \dots\dots\dots (3.2)$$

Keterangan :

S = kemiringan lereng (%)

IC = interval kontur (m)

D = jarak antar garis kontur pada peta (cm)

SK = Skala peta topografi yang dianalisis

Kementerian Kehutanan (2009<sup>b</sup>) mengemukakan bahwa kelas kelerengan dapat juga diperoleh dari data dasar *Digital Elevation Model* (DEM) dari peta kontur, dengan cara membuat peta lereng kemudian diklasifikasikan (0 – 2%, 3 – 7%, 8 – 13%, 14 – 20% dan >21%.

Elevasi suatu lahan termasuk wilayah kajian di sub DAS Negara dapat di amati dengan menggunakan GPS, sehingga diperoleh data ketinggian di atas permukaan laut dengan satuan m. Pemetaan kemiringan lereng dilakukan dengan menganalisis data raster DEM (*Digital Elevation Model*) SRTM (*Shuttle Radar Topographic Mission*) dengan resolusi 90 x 90 meter yang kemudian diproses menggunakan software GIS yaitu Global Mapper untuk mendapatkan data kontur dan kelas lereng. Berdasarkan kelas lereng yang telah diperoleh melalui DEM selanjutnya dilakukan *ground check* sebelum pembuatan peta kelas lereng sebagai parameter penentuan kerawanan pemasok banjir.

#### 4.3.4 Tata Air (Kerapatan Sungai, Debit Air Dan Infiltrasi)

##### 4.3.1.1. Kerapatan Sungai

Menurut Asdak (2010), kerapatan sungai yang menjadi parameter penentuan kerawanan banjir merupakan indeks yang menunjukkan banyaknya anak sungai di *Catchment area* Jaing yang diperoleh melalui persamaan sebagai berikut:

$$Dd = L / A \dots\dots\dots (3.3)$$

Keterangan:

Dd : Indeks kerapatan sungai ( $\text{km}/\text{km}^2$ )

L : Jumlah panjang sungai termasuk panjang anak-anak sungai (km)

A : Luas DAS ( $\text{km}^2$ )

Klasifikasi indeks kerapatan sungai, hasil klasifikasi interval untuk analisis kajian pemasok banjir di *catchment area* Jaing (Soewarno,1991) sebagai berikut:

1. Dd :  $< 0,25 \text{ km}/\text{km}^2$  : Kriteria kerapatan sangat rendah
2. Dd :  $0,25 - 8,50 \text{ km}/\text{km}^2$  : Kriteria kerapatan rendah
3. Dd :  $8,50 - 16,75 \text{ km}/\text{km}^2$  : Kriteria kerapatan sedang
4. Dd :  $16,75 - 25,00 \text{ km}/\text{km}^2$  : Kriteria kerapatan tinggi
5. Dd :  $> 25,00 \text{ km}/\text{km}^2$  : Kriteria kerapatan sangat tinggi

#### 4.3.1.2. Debit Air

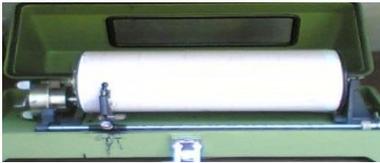
Debit air (*water discharge*, Q) yang menjadi bagian penilaian tata air di *catchment area* ini adalah volume air yang mengalir melalui suatu penampang melintang sungai per satuan waktu yang di ukur pada bagian hulu, tengah dan bagian hilir sungai Jaing dalam satuan  $\text{m}^3/\text{detik}$ .

Debit air sungai air di *Cathment area* Jaing di peroleh melalui pengukuran pada debit air pada bagian hulu, bagian tengah, dan bagian hilir *Cathment area* ini. Pengukuran debit air menggunakan *currenmeter* dan *stopwatch* untuk mengetahui kecepatan pengaliran air sungai (V), sedangkan luas penampang sungai (A) diperoleh melalui pengukuran lebar dan dalam setiap segmen sungai menggunakan meteran. *Water level* digunakan untuk mengetahui perubahan tinggi muka air sungai yang ditempatkan pada pinggir sungai Jaing bagian hulu, tengah dan hilir. Kriteria dan indikator penilai DAS disajikan pada Tabel 16.

Pengukuran debit air di lakukan pada 3 stasiun (bagian hulu, bagian tengah dan bagian hilir) *catchment area* Jaing sebagaimana disajikan pada Gambar 4.4, yang diawali dengan survey penentuan lokasi. Pengukuran debit air dilakukan selama 3 bulan (Mei sampai Juli 2012), lokasi Pengukuran debit air pada bagian *catcment area* Jaing di tetapkan dekat jembatan atau mempunyai aksesibilitas yang mudah dijangkau dan kondisi

sungai yang cukup lurus dan tidak terdapat tumbuhan dan batu yang mengganggu pengukuran.

Stasiun penguran debit air pada bagian hilir menggunakan alat pengukur tinggi muka (TMA) air secara *otomatik* milik PT Adaro Indonesia sebagaimana disajikan pada Gambar 13, sedangkan pada bagian tengah dan hulu dilakukan secara manual di sajikan pada Gambar 14.



Alat perekam data TMA



**Gambar 4.3.** Stasiun pengukuran debit air menggunakan pengukur TMA *automatic*



**Gambar 4.4.** Gambar 14. Stasiun pengukuran debit air menggunakan pengukur TMA manual dan menggunakan *current meter*

**Tabel 4.4.** Kriteria dan Indikator Penilai DAS

Indikator	Parameter	Standar Evaluasi	Keterangan
Debit Sungai	$Q = A \times V$  $Q \text{ max}$ $KRS = \frac{Q \text{ max}}{Q \text{ min}}$ $Q \text{ min}$	KRS  KRS < 50 baik KRS = 50-120 sedg KRS >120 buruk	Q:Debit sungai A:Luas Pnmpang V:Kecepatan aliran  - KRS: koefisien regim sungai

Sumber: Kementerian Kehutanan (2009<sup>d</sup>)

#### 4.3.1.3. Infiltrasi

Infiltrasi ialah proses meresap atau masuknya air ke dalam tanah melalui permukaan tanah dan merupakan besarnya tebal air yang dapat meresap ke dalam tanah dalam satuan waktu.

Kurva kapasitas infiltrasi merupakan kurva hubungan antara kapasitas infiltrasi dan waktu yang terjadi selama dan beberapa saat setelah hujan. Model persamaan kurva kapasitas infiltrasi untuk menentukan nilai kapasitas infiltrasi (f) dan volume (v) pada berbagai penutupan dan penggunaan lahan sesuai persamaan Horton,1938 yang dikutip Asdak,2010) yang disajikan berikut ini.

$$f = f_c + (f_0 - f_c)e^{-Kt} \text{ dan } V(t) = f_c t + \frac{f_0 - f_c}{K}(1 - e^{-Kt}) \dots\dots(3.4)$$

Dimana: a) t adalah waktu mencapai infiltrasi konstan (jam); b) fo adalah kapasitas infiltrasi saat awal, proses infiltrasi (mm/jam); c) fc adalah tetapan kapasitas infiltrasi (saat laju infiltrasi telah konstan atau saat t mendekati nilai tak terhingga (mm/jam); d) e adalah 2,718; e) K adalah Konstanta untuk jenis tanah dan penutupan lahan (1/jam); f) vt (volume total) adalah tinggi kolom air hingga konstan (mm/jam); dan h) f adalah kapasitas infiltrasi atau laju maksimum air masuk kedalam tanah (mm/jam).

Faktor infiltrasi tanah di *Catchment area* Jaing merupakan salah satu parameter yang digunakan untuk penentuan kerawanan banjir yang dapat diperoleh berdasarkan kondisi sifat fisik tanah (tekstur) menggunakan peta jenis tanah, selain itu juga dapat diperoleh secara langsung di lapangan dengan menggunakan *double ring infiltrometer* di lakukan pengukuran sesuai titik *yang disajikan pada Gambar 16*, sedangkan kordinat lokasi di sajikan pada Lampiran 20. Faktor infiltrasi untuk penentuan kerawanan banjir disajikan pada Tabel 4.5.

**Tabel 4.5.** Faktor Klasifikasi Infiltrasi Tanah untuk Penentuan Kerawanan Banjir (Lee,1986)

No.	Deskripsi	infiltrasi (mm/jam)	Teknik Perolehan Data
1	Sangat lambat - lambat	1-5	Pengukuran di lapangan menggunakan infiltrometer
2	Sedang-lambat	5-20	
3	Sedang	20-65	
4	Sedang – cepat	65-125	
5	Cepat	>125	

#### 4.3.5 Kekritisan Lahan

Penilaian lahan kritis mengacu kepada metode yang telah ditetapkan oleh Departemen Kehutanan berdasarkan surat keputusan Direktorat Jenderal Reboisasi dan Rehabilitasi Lahan (1998) Nomor 041/Kpts/V/1998 Tanggal 21 April 1998 tentang pedoman penyusunan rencana teknik lima tahun rehabilitasi lahan dan konservasi tanah DAS. Metode penentuan lahan kritis ini dikembangkan dengan menggunakan perangkat lunak dengan ekstensi pendukungnya, hal ini dituangkan dalam Peraturan Dirjen RLPS No. SK.167/V-SET/2004 tanggal 22 September 2004 tentang Petunjuk Teknis Penyusunan Data Spasial Lahan Kritis.

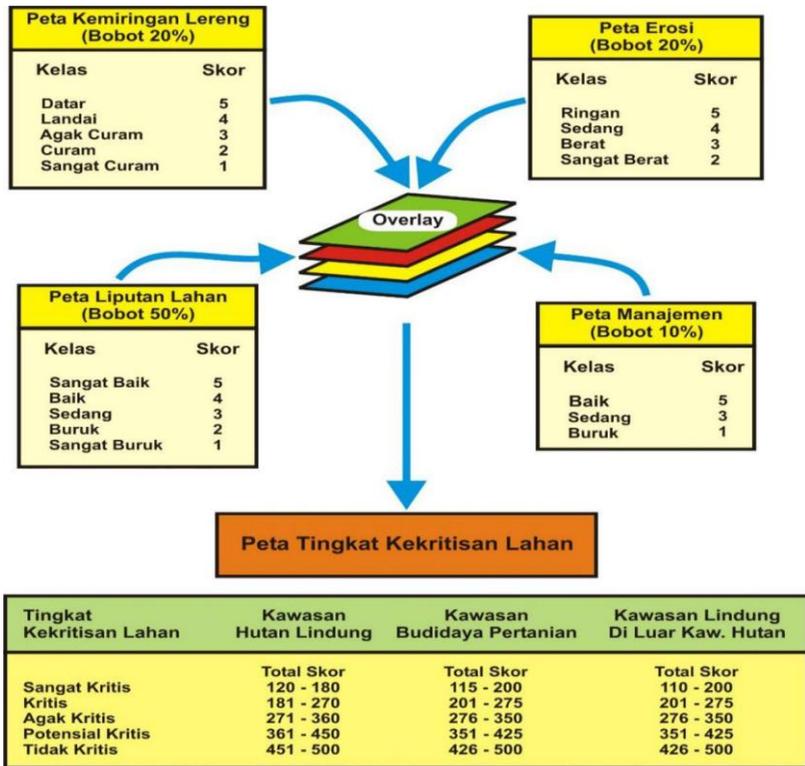
Tingkat kekritisan lahan dibedakan berdasarkan fungsi kawasan budidaya pertanian dan kawasan hutan lindung, serta kawasan lindung yang terletak di luar hutan. Klasifikasi tingkat kekritisan lahan berdasarkan jumlah skor parameter kekritisan lahan sebagaimana disajikan pada Tabel

4.6. Diagram alir penentuan tingkat kekritisan lahan disajikan pada Gambar 4.5.

**Tabel 4.6.** Klasifikasi Tingkat Kekritisan Lahan Berdasarkan Total Skor

No	Total Skor			Tingkat Kekritisan Lahan
	Kawasan Hutan Lindung	Kawasan Budidaya Pertanian	Kawasan Lindung di Luar Kawasan Hutan	
1	120 – 180	115 - 200	110 - 200	Sangat Kritis
2	181 – 270	201 - 275	201 - 275	Kritis
3	271 – 360	276 - 350	276 - 350	Agak Kritis
4	361 – 450	351 - 425	351 - 425	Potensial Kritis
5	451 – 500	426 - 500	426 - 500	Tidak Kritis

Sumber: Departemen Kehutanan, 2004



Gambar 4.5. Diagram alir penentuan tingkat kekritisian lahan

#### 4.4. Analisis Data

##### 4.4.1. Kejadian Banjir

Penentuan data kejadian banjir pada wilayah penelitian, diperoleh berdasarkan data sekunder pada instansi pemerintah terkait, yang selanjutnya dilakukan *Ground Check* melalui pengamatan langsung di lapangan dan wawancara dengan masyarakat sekitar. Perolehan data kejadian banjir yang terdapat pada bagian hilir sub DAS Negara yaitu; di wilayah Kabupaten Tabalong sejumlah 76 lokasi dan wilayah Kabupaten Hulu Sungai Utara sejumlah 149 lokasi.

#### **4.4.2. Kerawanan Banjir**

Penentuan kerawanan banjir di lakukan dengan metode skoring pada beberapa variabel atau faktor dan masing-masing variabel mempunyai skor berdasarkan kerentanan terhadap kerawanan banjir. Berdasarkan pada jumlah skor masing variabel peubah, maka dilakukan analisis data hingga diperoleh tingkat kerawanan banjir yaitu; sangat rawan, rawan, agak rawan, kurang rawan dan tidak rawan banjir. Kriteria dan skor variabel peubah yang digunakan untuk analisis penentuan kerawanan pemasok banjir sebagai berikut:

##### **4.4.2.1. Penggunaan dan Penutupan Lahan**

Pengelolaan DAS untuk pengendalian kerawanan banjir di *catchment area* Jaing, parameter penggunaan dan penutupan lahan yang merupakan salah satu faktor utama penentuan kerawanan banjir, maka jenis penggunaan dan penutupan dilakukan interpretasi melalui citra ALOS (*Advanced Land Observing Satellite*) resolusi spasial 2,5 m liputan Juli tahun 2012. Berdasarkan data yang diperoleh pada kajian ini, maka diperoleh penggunaan dan penutupan lahan sebanyak 11 jenis. Kriteria dan skor penggunaan dan penutupan lahan disajikan pada Tabel 4,7.

**Tabel 4.7.** Kriteria dan Skor Penggunaan dan Penutupan Lahan

No.	Penggunaan dan penutupan lahan	Skor
1	Sawah	5
2	Lahan Terbuka	5
3	Pertambangan	5
4	Tubuh Air	5
5	Pemukiman	4
6	Pertanian Lahan Kering (karet unggul)	3
7	Semak belukar	3
8	Perkebunan	2
9	Pertanian lahan kering campur semak (karet alam)	1
10	Hutan Lahan Kering Sekunder	1
11	Hutan Tanaman	1

Sumber: Balitbangda Provinsi Kalimantan Selatan dan Fakultas Kehutanan Unlam (2010), dan Paimin (2009).

#### **4.4.2.2. Curah Hujan**

Analisis curah hujan menggunakan data 10 tahun terakhir (2003 – 2012) yang terdapat pada 3 stasiun penakar curah hujan (Murung Pudak, Kembang Kuning, dan Masingai) dengan menggunakan metode *polygon theissen*.

**Tabel 4.8.** Kriteria dan Skor Curah Hujan Sebagai Variabel Kerawanan Banjir

No	Jumlah curah hujan (mm/tahun)	Skor
1	> 5.500	5
2	4.500 - 5.500	4
3	3.500 - 4.500	3
4	2.500 - 3.500	2
5	<2.500	1

Sumber: Wischemeier dan Smith (1978); dan Departemen Kehutanan (1998).

#### 4.4.2.3. Lereng

Lereng merupakan salah satu variabel yang digunakan dalam kajian DAS di *catchment area* Jaing untuk pengendalian pemasok banjir, sebagaimana dinyatakan Balitbangda Provinsi Kalimantan Selatan dan Fakultas Kehutanan Unlam (2010) bahwa dalam penyusunan masterplan banjir dan pengelolaannya digunakan parameter lereng. Selanjutnya Paimin *et al.* (2009) mengemukakan lereng merupakan salah satu parameter penentuan kerawanan banjir. Kriteria dan skor lereng variabel penentuan kerawanan banjir disajikan pada Tabel 4.9

**Tabel 4.9.** Kriteria dan Skor Lereng Variabel Kerawanan Banjir

No	Lereng (%)	Skor
1	> 21	5
2	14 – 20	4
3	8 – 13	3
4	3 – 7	2
5	< 2	1

Sumber: Balitbangda Provinsi Kalimantan Selatan dan Unlam (2010); Pratomo (2008); dan Kementerian Kehutanan, 2009<sup>b</sup>).

#### 4.4.2.4. Tata Air (Kerapatan Sungai, Debit Air Dan Infiltrasi)

Tata air merupakan faktor yang sangat menentukan kondisi suatu DAS, tata air yang baik pada suatu DAS, akan mengendalikan kerawanan dan kejadian banjir. Kajian tata air pada penelitian disertasi ini terdiri atas; kerapatan sungai, debit air, dan infiltrasi.

Kerapatan jaringan sungai di analisis dengan mempertimbangkan panjang dan luas seluruh sungai dan anak sungai. Debit air dianalisis terhadap kondisi debit air yang telah diperoleh baik data primer tahun 2012 yang diukur pada bagian hulu, tengah bagian hilir sungai Jaing, sedangkan data sekunder diperoleh tahun 2011 pada bagian hilir sungai Jaing. Infiltrasi di analisis berdasarkan jenis penggunaan dan penutupan lahan di *catchment area* ini pada tekstur lempung berliat. Kriteria dan skor untuk tata air disajikan pada Tabel 4.10, 4.11, dan 4.12.

**Tabel 4.10.** Kriteria dan Skor Kerapatan Jaringan Sungai sebagai Parameter Kerawanan Banjir (Soewarno (1991))

No	kerapatan jaringan sungai	Skor
1	< 0,25 km/km <sup>2</sup>	5
2	0,25 – 8,50 km/km <sup>2</sup>	4
3	8,5 – 16,75 km/km <sup>2</sup>	3
4	16,75 – 25,00 km/km <sup>2</sup>	2
5	> 25 km/km <sup>2</sup>	1

Kementerian Kehutanan (2009<sup>d</sup>) menyatakan bahwa dengan mengacu pada definisi banjir dan kekeringan maka penilaian indikator debit air sungai (banjir dan kekeringan) di DAS menggunakan nilai parameter koefisien regim sungai (KRS).

**Tabel 4.11.** Kriteria dan Skor Koefisien Regime Sungai (Q maks/Q min) Sebagai Parameter Kerawanan Banjir

No	KRS (Koefisien Regime Sungai)	Skor
1	<120	5
2	50 – 120	3
3	>50	1

Sumber: Kementerian Kehutanan, 2009<sup>d</sup>)

**Tabel 4.12.** Kriteria dan Skor Infiltrasi (tekstur tanah) Sebagai Parameter Kerawanan Banjir (Lee, 1986)

No	Kapasitas infiltrasi (mm/jam)	Skor
1	1-5	5
2	5-20	4
3	20-65	3
4	65-125	2
5	>125	1

#### 4.4.2.5. Tingkat Kekritisan Lahan

Analisis tingkat kekritisan lahan di *catchment area* ini dilakukan berdasarkan fungsi kawasan dengan menggunakan parameter dan analisis sesuai petunjuk teknis (Kementerian Kehutanan,2009<sup>a</sup>).

**Tabel 4.13.** Kriteria dan Skor Tingkat Kekritisan Lahan Sebagai Parameter Kerawanan Banjir

No	Tingkat kekritisan	Skor
1	Sangat Kritis	5
2	Kritis	4
3	Agak Kritis	3
4	Potensial Kritis	2
5	Tidak Kritis	1

Sumber: Kementerian Kehutanan (2009<sup>a</sup>).

Berdasarkan parameter kerawanan banjir yang disajikan pada point 4.4.2.1. sampai dengan point 4.4.2.5. di atas yang disajikan pada Tabel 4.7 sampai dengan Tabel 4.13, maka berikut ini disajikan skor setiap parameter dan penentuan klasifikasi tingkat kerawanan pemasok banjir di *Catchment area* Jaing Sub DAS Negara Kabupaten Tabalong Provinsi Kalimantan Selatan. Paimin, *at al.* (2009) menyatakan bahwa presentase parameter pasokan air banjir terdiri atas bobot parameter manajemen 40 % dan bobot parameter alami 60 %, karena adanya penambahan variabel manajemen dan variabel alamiah, maka dilakukan perhitungan ulang tingkat kepentingan atau pengaruh dan bobot masing-masing parameter kerawanan banjir.

Penentuan bobot ini dilakukan melalui kuesioner **para pengambil kebijakan (instansi terkait) lingkup Pemerintah Daerah Kabupaten Tabalong, dan** analisis menggunakan metode *Analytic Hierarchy Process* (AHP) untuk variabel manajemen dan variabel alami, sehingga diperoleh bobot parameter manajemen menjadi 43,0 % dan bobot 57,0 %. Masing-masing parameter yang disajikan pada Tabel 4.14, hal ini sesuai Delasdriana dan Purwanto (2012) mengemukakan AHP adalah metode yang digunakan untuk meng-kuantitatif-kan pendapat yang masih bersifat kualitatif, berperan dalam penentuan bobot tiap parameter.

Baja (2012<sup>b</sup>) mengemukakan AHP dapat melakukan analisis secara simultan dan terintegrasi antara parameter kualitatif dan AHP dapat digunakan dalam proses pembobotan. Selanjutnya menurut Anbalagan

(1992), menentukan dan mengidentifikasi tingkat kerentanan suatu daerah terhadap kerawanan bencana di gunakan metode AHP untuk memperoleh pembobotan parameter. Kumar *at al.*, (2012) mengemukakan sejumlah faktor yang mempengaruhi terjadinya kerawanan bencana sehingga di gunakan pembobotan dalam analisis kerentanannya.

Menurut Pratomo (2008), Pemberian bobot pada masing-masing parameter atau variabel berbeda-beda, hal ini dengan memperhatikan seberapa besar pengaruh parameter-parameter tersebut terhadap terjadinya banjir. Parameter penggunaan lahan, curah hujan, kelerengan, tata air (kerapatan aliran, debit air, dan infiltrasi), dan lahan kritis ditransformasi ke dalam skor dan bobot berdasarkan perannya terhadap proses kerawanan pemasok banjir, selanjutnya dilakukan *overlay* terhadap parameter tersebut di atas untuk dapat menghasilkan data dan peta daerah rawan pemasok banjir.

Parameter, bobot, dan skoring masing-masing parameter penentuan tingkat kerawanan pemasok banjir disajikan pada Tabel 4.14. Paimin, *et al.* (2009) menyatakan bahwa penghitungan skor dan bobot dilakukan setelah proses *overlay* selesai untuk memperoleh skor tertimbang yang menjadi dasar bagi penilaian tingkat kerawanan suatu wilayah terhadap banjir yaitu dengan menjumlahkan hasil kali skor dan bobot masing-masing parameter dibagi 100. Formulasi yang digunakan untuk memperoleh skor tertimbang adalah:

$$\text{Skor Tertimbang} = ((43 \% \times \text{PL}) + (20 \% \times \text{CH}) + (10 \% \times \text{Lr}) + (5 \% \times \text{KA}) + 5 \% \times \text{DA}) + (5 \% \times \text{IL}) + (12 \% \times \text{KL}) : 100 \dots\dots\dots (3.5)$$

Keterangan: PL = Skor Penggunaan lahan; CH = Skor Curah hujan daerah;  
Lr = Skor; Kelerengan; KA = Skor Kerapatan aliran;  
DA = Skor Debit air (KRS); IL= Skor Infiltrasi; KL = Skor Kekritisian lahan

Bobot Parameter Kerawanan Pemasok Banjir di *Catchment Area* Jaing Sub DAS Negara Provinsi Kalimantan Selatan (Paimin *at al.*,2009; dan Hasil Analisis Metode Penelitian, 2014).

**Tabel 4.14.** bobot Parameter Kerawanan Pemasok Banjir di *Catchment Area* Jaing Sub DAS Negara Provinsi Kalimantan Selatan Paimin *at al.*,2009; dan Hasil Analisis Metode Penelitian, 2014)

No.	Parameter	Bobot	Besaran	Kriteria Nilai	Skor
1	<b>A</b> Manajemen	43 %			
	Penggunaan dan penutupan lahan	43	- Sawah, tambak, lahan terbuka, pertambangan dan tubuh air (kerapatan sangat rendah).	Tidak baik	5
			- Kebun campuran, pemukiman & bandara (kerapatan rendah).	Kurang baik	4
			- Pertanian lahan kering (kerapatan sedang).	Sedang	3
			- Semak belukar dan perkebunan (kerapatan agak tinggi).	Agak baik	2
		- Hutan (kerapatan tinggi)	Baik	1	
1	<b>B</b> Alami	57 %			
	Curah Hujan	20	> 5.500	Tinggi	5
			4.500 - 5.500	Agak tinggi	4
		3.500 - 4.500	Sedang	3	

No.	Parameter	Bobot	Besaran	Kriteria Nilai	Skor		
2	Lereng	10	2.500 - 3.500	Agak rendah	2		
			<2.500	Rendah	1		
			> 21 %	Tinggi	5		
			14 – 20 %	Agak Tinggi	4		
			8 – 13 %	Sedang	3		
3	Tata air	5,0	3 – 7 %	Agak Rendah	2		
			< 2 %	Rendah	1		
			a. Kerapatan aliran	5	< 0,25 km/km <sup>2</sup>	Rendah	5
			0,25 – 8,50 km/km <sup>2</sup>	Agak rendah	4		
			8,50 – 6,75 km/km <sup>2</sup>	Sedang	3		
4	b. Debit air (KRS)	5	16,75 – 25,00 km/km <sup>2</sup>	Agak tinggi	2		
			> 25 km/km <sup>2</sup>	Tinggi	1		
			c. Infiltrasi	12	<120	Buruk/Jelek	5
			50 -120	Sedang	3		
			>50	Baik	1		
4	Lahan kritis	12	1-5	Lambat	5		
			5-20	Agak lambat	4		
			20-65	Sedang	3		
			65-125	Agak cepat	2		
			>125	cepat	1		
4	Kawasan Hutan Lindung	12	120 – 180	Sangat Kritis	5		
			181 – 270	Kritis	4		
			271 – 360	Agak Kritis	3		
			361 – 450	Potensial	2		
			451 - 500	Kritis	1		
4	Kawasan Budi daya utk	12	115 – 200	Sangat Kritis	5		
			201 – 275	Kritis	4		
			276 – 350	Agak Kritis	3		

No.	Parameter	Bobot	Besaran	Kriteria Nilai	Skor
	usaha pertanian		351 – 425	Potensial	2
			426 - 500	Kritis	1
				Tidak Kritis	
	Kawasan Lindung di Luar Kawasan Hutan		110 – 200	Sangat Kritis	5
			201 – 275	Kritis	4
			276 – 350	Agak Kritis	3
			351 – 425	Potensial	2
			426 - 500	Kritis	1
			Tidak Kritis		

Sistem kelas interval teratur untuk menentukan tingkat kerawanan banjir pada kajian ini menggunakan persamaan interval kelas Sturges adalah:

$$K_i = \frac{X_t - X_r}{k} \dots\dots\dots (3.6)$$

Keterangan :  $K_i$  = Interval kelas;  $X_t$  = Data tertinggi;  $X_r$  = Data terendah;  $k$  = Jumlah kelas yang diinginkan

Berdasarkan pada persamaan tersebut di atas, maka diperoleh nilai tingkat kerawanan pemasok banjir sebagaimana disajikan pada Tabel 4.15, sedangkan proses penentuan klasifikasi tingkat kerawanan pemasok banjir menggunakan sistem interval kelas Sturges (Jupren, 2009)

**Tabel 4.15.** Klasifikasi Tingkat Kerawanan Banjir dan Total Nilai Kelas Tingkat Kerawanan

No.	Tingkat Kerawanan Banjir	Total Nilai
1	Tidak Rawan	1,00 - 1,80
2	Kurang Rawan	1,81 - 2,60
3	Agak Rawan	2,61 - 3,40
4	Rawan	3,41 - 4,20
5	Sangat Rawan	4,21 - 5,00

## 4.5. Analisis Strategi

### 4.5.1 Analisis Strategi Operasional (SWOT)

Analisis SWOT adalah instrument suatu perencanaan strategis yang menggunakan kerangka kerja, kelemahan, kekuatan, kesempatan eksternal, dan ancaman. Analisis ini adalah metode sederhana digunakan memperkirakan cara terbaik untuk melaksanakan suatu strategi perencanaan. Instrumen ini dapat memudahkan perencanaan apa yang biasa dicapai, dan apa saja yang perlu diperhatikan para perencana. Analisis SWOT (*Strength, Weakness, Opportunity, dan Threat*) terhadap kondisi lingkungan, baik eksternal maupun internal, baik yang berpengaruh secara langsung maupun tidak langsung upaya pengendalian banjir. Analisis SWOT didasarkan pada informasi dari *stakeholder* melalui *Focus Group Discussion* (FGD), wawancara, dan informasi yang digali dalam berbagai forum dan pertemuan serta hasil kajian pustaka yang dapat mengidentifikasi kekuatan, kelemahan, peluang dan ancaman yang ada (Jauhari, *at al.*, 2009).

#### 1. Faktor Internal

Faktor internal dalam analisis SWOT adalah faktor yang mengidentifikasi kekuatan atau keunggulan-keunggulan dan kelemahan-kelemahan yang dapat digunakan pada upaya pengendalian kerawanan banjir. Kriteria analisis di atas adalah sebagai berikut :

- a. Kekuatan (*Strengths*) adalah suatu kekuatan yang dapat digunakan untuk upaya pengendalian banjir.
- b. Kelemahan (*Weaknesses*) adalah kendala dalam upaya pengendalian banjir.

#### 2. Faktor Eksternal

Faktor eksternal dalam analisis SWOT adalah faktor yang dapat menentukan kondisi lingkungan di luar *Catchment area* Jaing yang mencakup dan Ancaman (*Threat*) Peluang (*Opportunities*). Kriteria analisisnya adalah sebagai berikut :

- a. Peluang (*Opportunities*) yang dapat diidentifikasi dalam kaitannya dengan upaya pengendalian pemasok banjir.
- b. Ancaman (*Threats*) yang dapat timbul dalam upaya pengendalian pemasok banjir.

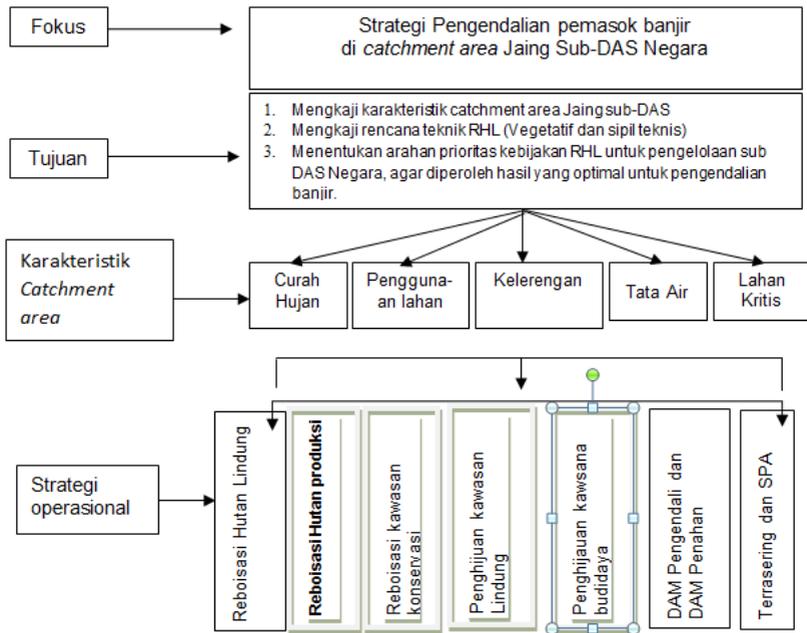
#### 4.5.2 Analisis Program Operasional (AHP)

Menurut Saaty (1990), *Analytic Hierarchy Process* (AHP) adalah suatu teknik pengambilan keputusan yang dirancang untuk membantu pencarian solusi suatu perencanaan kegiatan dari berbagai permasalahan multi kriteria yang kompleks dalam sejumlah ranah aplikasi. Metode ini merupakan pendekatan yang praktis dan efektif yang dapat mempertimbangkan keputusan yang tidak tersusun dan rumit (Partovi, 1994).

AHP adalah teori pengukuran melalui perbandingan berpasangan dan bergantung pada penilaian ahli untuk mendapatkan skala prioritas, hal ini merupakan skala ini yang mengukur berwujud secara relatif. Perbandingan yang dibuat menggunakan skala penilaian mutlak yang mewakili berapa banyak lagi, salah satu elemen mendominasi sama lain sesuai dengan yang diberikan atribut. Para penilaian mungkin tidak konsisten, dan bagaimana mengukur inkonsistensi dan meningkatkan penilaian, bila mungkin untuk mendapatkan yang lebih baik. Hasil akhir AHP adalah suatu ranking atau pembobotan prioritas dari tiap kriteria. Secara mendasar, ada tiga langkah dalam pengambilan keputusan dengan AHP yaitu: 1) pembentukan hirarki; 2) komparasi kriteria berdasarkan tingkat kepentingan; dan 3) sintesis prioritas dan ukuran konsistensi. Teknik komparasi berpasangan yang digunakan dalam AHP dilakukan dengan wawancara langsung terhadap responden. Responden bisa seorang ahli atau bukan, tetapi terlibat dan 17 mengenal baik permasalahan tersebut. Jika responden merupakan kelompok, maka seluruh anggota diusahakan memberikan pendapat (Saaty, 2008).

Proses AHP pada kajian DAS di *catchment area* Jaing Sub DAS Negara untuk pengendalian kerawanan banjir, berdasarkan pada referensi pustaka acuan, sebagai dasar analisis AHP, selanjutnya dimanfaatkan masukan hasil kuesioner para pengambil kebijakan instansi terkait lingkup pemerintah daerah Kabupaten Tabalong dan instansi terkait lainnya. Berdasarkan pada beberapa pertimbangan upaya pengendalian banjir, kemudian dilakukan sintesa untuk mendapatkan variabel yang memiliki prioritas tinggi dan berperan untuk mempengaruhi hasil pada sistem tersebut, keputusan AHP secara grafis dapat dikonstruksikan sebagai

diagram bertingkat, yang dimulai dengan *goal* atau sasaran, kemudian kriteria level pertama, dilanjutkan dengan sub kriteria dan akhirnya alternatif. Komponen-komponen pada setiap hirarki dielaborasi dari hasil AHP. Selanjutnya Partovi (1994) mengemukakan hasil akhir AHP adalah suatu pembobotan prioritas dari tiap kriteria. Secara mendasar, ada tiga langkah dalam pengambilan keputusan dengan AHP, yaitu: pembentukan hirarki, komparasi kriteria tingkat kepentingan dan sintesis prioritas. Struktur hipotetik dari AHP disajikan pada Gambar 4.6.



Gambar 4.6. Struktur hipotetik dari AHP upaya pengendalian banjir

## 4.6. Arahan Pengendalian Banjir

### 4.6.1. Revolusi Hijau

Permasalahan utama yang sedang dihadapi atau telah terjadi pada DAS atau Sub DAS ialah rawan terhadap bencana banjir, sehingga perlu dilakukan penyusunan rencana rehabilitasi hutan dan lahan DAS (Revolusi Hijau DAS) untuk pengendalian kerawanan dan kejadian banjir. Arahan penyusunan Revolusi Hijau DAS secara vegetatif dan atau mekanis dengan

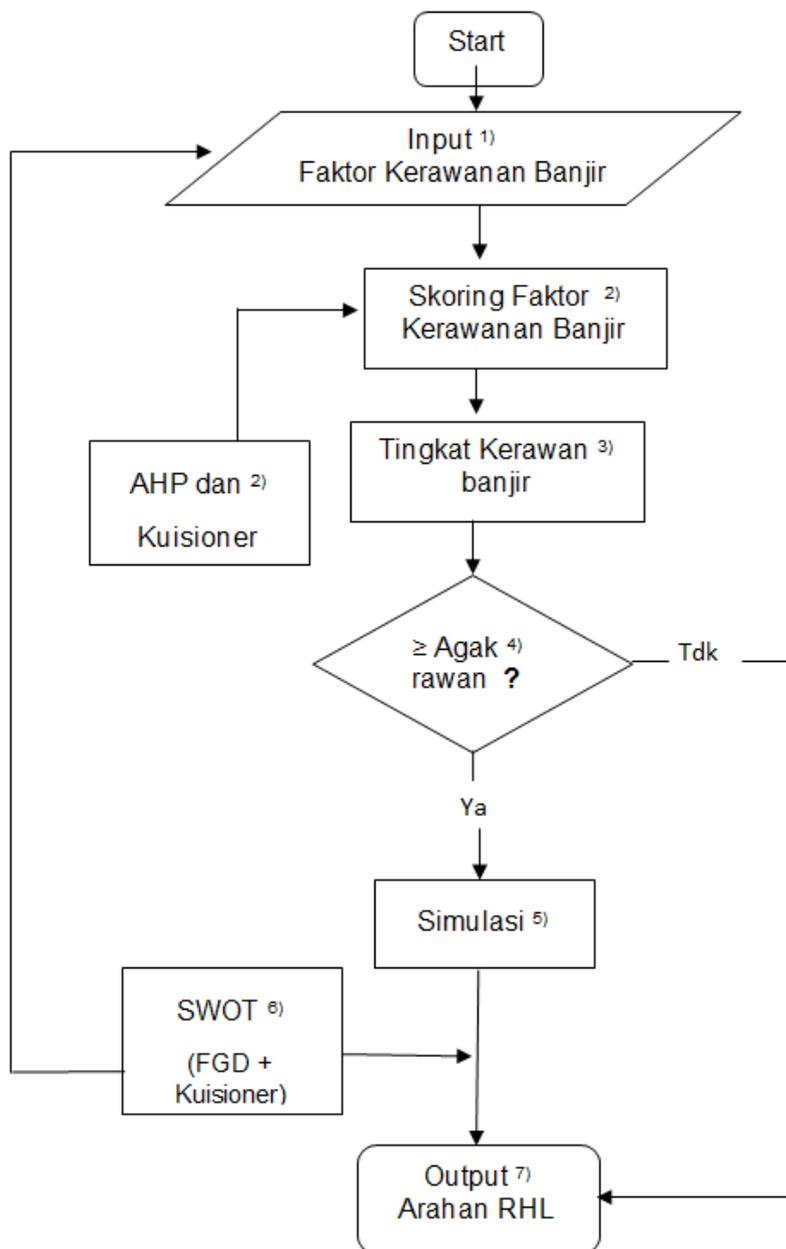
mempertimbangkan karakteristik DAS, dan fungsi kawasan berdasarkan rencana tata ruang wilayah kabupaten (RTRWK) yang telah ditetapkan oleh pemerintah daerah Kabupaten Tabalong yang mengacu pada Surat Keputusan Menteri Kehutanan No. 435 tahun 2009, tentang penunjukan kawasan hutan Provinsi Kalimantan Selatan. Simulasi kerawanan banjir dilakukan pada lahan dengan kriteria sangat rawan banjir, rawan banjir dan agak rawan banjir, simulasi dilakukan secara vegetatif atau mekanis untuk menentukan arahan Revolusi Hijau pada sub DAS Negara Provinsi Kalimantan Selatan. Berdasarkan pada kondisi tingkat kerawanan banjir di sub DAS Negara, maka arahan kegiatan atau rencana tindak Revolusi Hijau secara vegetatif dan secara mekanis yang terdiri atas:

1. Revolusi Hijau yang memprioritaskan kepentingan ekologis (pelestarian lingkungan)
2. Revolusi Hijau yang mempertimbangkan kepentingan ekonomis (meningkatkan kesejahteraan masyarakat)

Perencanaan kegiatan revolusi hijau diarahkan berdasarkan PERDA Provinsi Kalimantan Selatan Nomor 7 tahun 2017 tentang Gerakan Revolusi Hijau. Kegiatan ini untuk pengendalian kerawanan banjir di sub DAS Negara DAS Barito.

#### **4.6.2. Diagram Alir Konsep Pengelolaan DAS**

*Flowchart* atau diagram alir konsep pengelolaan DAS untuk pengendalian pemasok banjir merupakan sebuah diagram dengan simbol-simbol grafis yang menyatakan aliran proses kajian pengelolaan DAS untuk pengendalian kerawanan banjir di sub DAS Negara, menampilkan langkah-langkah yang disimbolkan dalam bentuk kotak, beserta urutannya dengan menghubungkan masing-masing langkah tersebut dengan menggunakan tanda panah. Diagram ini memberi solusi penyelesaian masalah yang ada di dalam proses pengendalian kerawanan banjir di sub DAS Negara ini. Penggunaan *flowchart* adalah untuk menyederhanakan rangkaian proses atau prosedur untuk memudahkan pemahaman pengguna terhadap informasi tersebut. Diagram alir konseptual pengelolaan DAS untuk pengendalian kerawanan pemasok banjir disajikan pada Gambar 4.7.



**Gambar 4.7.** Diagram alir konseptual pengelolaan daerah aliran sungai untuk pengendalian banjir di sub DAS Negara

## BAB V

# KARAKTERISTIK PENENTUAN KERAWANAN BANJIR

---

---

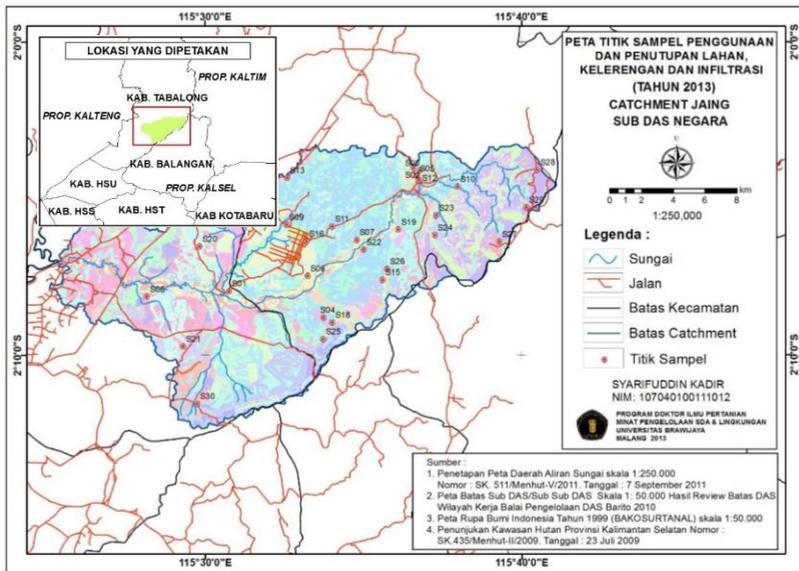
**B**anjir yang merupakan hasil dari faktor-faktor saling terkait yang kompleks termasuk iklim, topografi, aspek topologi dan antropogenik. Dalam konteks perubahan global dan pemanasan iklim, penggunaan lahan dan perubahan tutupan lahan menjadi perhatian utama karena perannya yang penting dalam perubahan limpasan, erosi tanah, pengendalian dan pencegahan banjir (Zhang dan Wang, 2007).

Karakteristik merupakan faktor yang dapat menentukan tingkat kerawanan sebagai pemasok banjir pada bagian hilir suatu DAS, hal ini sesuai Paimin *et al.* (2009) mengemukakan bahwa karakteristik DAS merupakan formulasi penentuan potensi pasokan air banjir suatu DAS atau sub DAS. Selanjutnya Kementerian Kehutanan (2011<sup>a</sup>) menyatakan juga bahwa kondisi karakteristik DAS merupakan sumber penentuan kerawanan banjir. Pengendalian kerawanan banjir diperlukan data sekunder dan primer untuk mengetahui karakteristik *catchment area* Jaing sebagai pemasok banjir, hal ini sesuai Balitbangda Provinsi Kalimantan Selatan dan Fakultas Kehutanan Unlam (2010) melaporkan bahwa penentuan tingkat kerawanan banjir dan bahaya banjir, menggunakan beberapa parameter data primer dan data sekunder.

Titik pengambilan data sampel penggunaan dan penutupan lahan, kelerengan dan infiltrasi disajikan pada Gambar 18, sedangkan pengukuran debit air sungai dilakukan pada bagian hilir, tengah dan bagian hulu sungai pada *catchment area* Jaing, sebagaimana titik pengambilan sampel yang disajikan pada Gambar 5.1. Selanjutnya Pada Gambar 5.1 terlihat bahwa titik pengambilan sampel untuk kajian pengelolaan DAS di *catchment area* ini terdiri atas 30 titik (S01 sampai S30), titik pengambilan sampel diperoleh dari unit lahan hasil *overlay* penggunaan dan penutupan lahan, kelerengan dan tanah. Sesuai Pinamangung (2013); dan

Kementerian Kehutanan (2009<sup>b</sup>), peta unit lahan yang merupakan hasil tumpang tindih antara peta kemiringan lereng dan peta penggunaan lahan, dimana untuk setiap penggunaan lahan yang sama dengan kemiringan berbeda merupakan satu unit lahan.

Berdasarkan pada hasil kajian terdahulu dan laporan di atas, maka kajian karakteristik *catchment area* Jaing untuk pengelolaan DAS dalam rangka pengendalian kerawanan banjir terdiri atas: a) penggunaan dan penutupan lahan; b) curah hujan; c) kelerengan; d) tata air; e) dan lahan kritis. Karakteristik *catchment area* Jaing sub DAS Negara untuk pengendalian kerawanan pemasok banjir adalah: 1) penggunaan dan penutupan lahan; 2) curah hujan; 3) lereng; 4) tata air; dan 5) lahan kritis.



**Gambar 5.1.** Peta titik pengambilan sampel penggunaan dan penutupan lahan, kelerengan dan infiltrasi di *catchment area* Jaing Sub DAS Negara.

Pada Gambar 5.1 terlihat bahwa titik pengambilan sampel untuk kajian pengelolaan DAS di *catchment area* ini terdiri atas 30 titik (S01

sampai S30), titik pengambilan sampel diperoleh dari unit lahan hasil *overlay* penggunaan dan penutupan lahan, kelerengan dan tanah. Sesuai Pinamangung (2013); dan Kementerian Kehutanan (2009<sup>b</sup>), peta unit lahan yang merupakan hasil tumpang tindih antara peta kemiringan lereng dan peta penggunaan lahan, dimana untuk setiap penggunaan lahan yang sama dengan kemiringan berbeda merupakan satu unit lahan.

## **5.1. Penggunaan dan Penutupan Lahan**

Penggunaan lahan merupakan wujud nyata dari pengaruh aktivitas manusia terhadap sebagian fisik permukaan bumi yang dapat meningkatkan kesejahteraannya, sedangkan penutupan lahan berkaitan dengan jenis kenampakan yang ada di permukaan bumi. Penutupan dan penggunaan lahan dapat berdampak positif meningkatkan kesejahteraan tetapi juga dapat menimbulkan dampak negatif terhadap kelestarian lingkungan dan tingginya aliran permukaan yang dapat menyebabkan terjadinya banjir pada bagian hilir Sub DAS Negara DAS Barito.

### **5.1.1. Penggunaan dan Penutupan Lahan tahun 2013**

Penggunaan dan penutupan lahan yang digunakan sebagai unsur utama dalam penentuan tingkat kerawanan banjir, data ini diperoleh dari hasil interpretasi/penafsiran citra ALOS resolusi spasial 2,5 m liputan Juli tahun 2012, melalui sistem informasi geografis (SIG). Berdasarkan hasil penafsiran tersebut, selanjutnya dilakukan *Ground Check* pada jenis penggunaan dan penutupan lahan di *Catchment area* Jaing. Sebagaimana Baja (2012<sup>a</sup>) melaporkan bahwa SIG adalah suatu sistem informasi yang dirancang untuk bekerja dengan data ter-referensi dengan koordinat spasial atau geografis dan dalam perencanaan tata guna lahan, ketersediaan data ter-referensi secara spasial merupakan prasyarat utama, dengan demikian SIG dianggap sebagai suatu sistem peta kelas tinggi, yang dibutuhkan dalam setiap tahap perencanaan tata guna lahan, mulai perencanaan awal kegiatan hingga penyajian hasil untuk digunakan dalam pengambilan keputusan. SIG merupakan suatu sistem pengelola data spasial yang handal dan sekaligus sebagai suatu sistem penunjang keputusan.

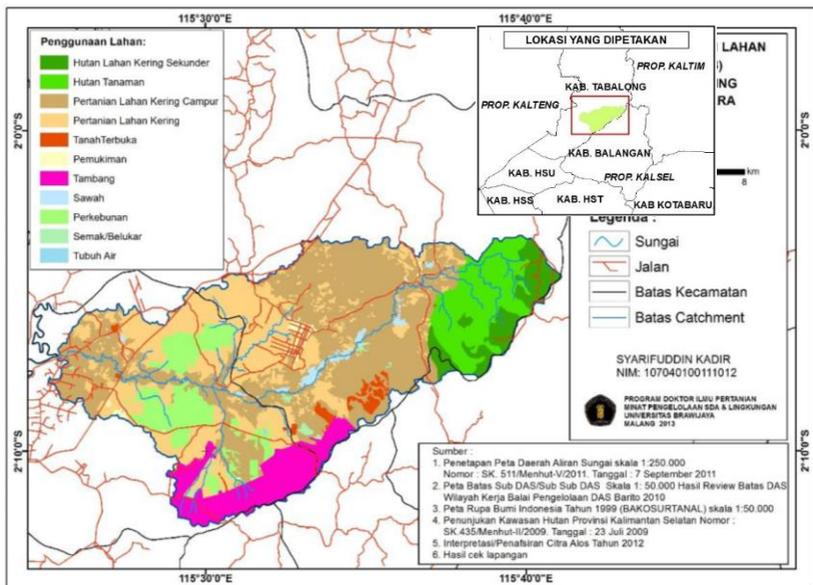
Berdasarkan hasil interpretasi/penafsiran *citra* ALOS tahun 2012 melalui sistem informasi geografis dan hasil *Ground Check* pada jenis penggunaan dan penutupan lahan di *Catchment area* Jaing, maka ditentukan penggunaan dan penutupan lahan untuk tahun 2013 sebagaimana disajikan pada Tabel 5.1 dan Gambar 5.2.

**Tabel 5.1.** Penggunaan dan Penutupan Lahan di *Catchment Area* Jaing Sub DAS Negara Tahun 2013

No.	Penggunaan dan penutupan lahan	Thn_2013	
		ha	%
1	Hutan lahan kering sekunder	1.290,91	4,99
2	Hutan tanaman	2.346,67	9,08
3	Semak belukar	122,13	0,47
4	Perkebunan	2.072,20	8,02
5	Pemukiman	332,06	1,28
6	Lahan terbuka	414,93	1,61
7	Tubuh air	12,42	0,05
8	Pertanian lahan kering	6.653,11	25,74
9	Pertanian lahan kering campur semak	1.0084,08	39,01
10	Sawah	279,76	1,08
11	Tambang	2.243,85	8,68
<b>Jumlah</b>		<b>25.852,12</b>	<b>100,0</b>

Pada Tabel 5.1 terlihat bahwa penggunaan lahan pertanian campur semak dan pertanian lahan kering mendominasi penggunaan lahan di *catchment area* ini sejumlah 64,75 %, sedangkan hutan hanya 14,07 %. Vegetasi hutan atau tanaman tingkat tinggi (pohon) menghaikan infiltrasi yang lebih besar dibanding tanaman pertanian lainnya yang menyebabkan berkurangnya aliran permukaan, sehingga dalam rangka pengendalian kerawanan pemasok banjir, perlu adanya upaya perluasan vegetasi hutan untuk meningkatkan infiltrasi di *catchment area* Jaing yang dapat meningkatkan fungsi DAS sebagai pengatur tata air.

Pada Gambar 5.2 terlihat bahwa hutan lahan kering sekunder tersebar di bagian hulu *catchment area* ini yaitu pada kelerengan > 21 %, selain itu hutan sekunder bertambah luasan pada bagian lainnya, sedangkan pertanian lahan kering dan lahan kering campur semak tersebar pada bagian hulu, hilir dan bagian tengah pada kelerengan < 14 %, pertambangan tersebar pada bagian hilir dan tengah, namun terlihat pada Gambar 5.2 bahwa pertambangan bagian tengah (PT Adaro Indonesia) bertambah lebih luas.



**Gambar 5.2.** Penggunaan lahan dan penutupan lahan di catchment area Jaing Sub DAS Negara tahun 2013

Pertanian lahan kering di dominasi jenis penutupan lahan karet unggul dan karet alam, karena jenis ini cukup diminati oleh masyarakat yang bermukim di *catchment area* ini untuk meningkatkan kesejahteraannya. Tanaman karet unggul yang menjadi salah satu jenis tanaman yang diminati oleh masyarakat untuk meningkatkan kesejahteraannya, hal ini sesuai hasil kuesioner yang diambil di *catchment area* ini. Jenis karet unggul di *catchment area* yang juga menjadi lokasi pengukuran infiltrasi disajikan pada Gambar 5.3.

Hasil kuesioner dan wawancara terlihat bahwa rata-rata masyarakat mempunyai karet unggul dan karet alam. Kelompok tani Harapan Makmur (karet alam 70,77 % dan karet unggul rata-rata perbandingan kepemilikan karet alam lebih luas dari karet unggul 27,69 %), sedangkan kelompok tani Harapan Bersama (karet alam 69,66 % dan karet unggul 30,34 %). Penggunaan dan pemanfaatan lahan di *catchment area* ini di dominasi oleh tanaman pertanian jenis karet alam dan karet unggul. Penduduk yang bermukim di *catchment area* ini di Kabupaten Tabalong (kecamatan Upau 7.205 jiwa, kecamatan Haruai 20.710 jiwa dan Murung Pudak 40.678 jiwa), didominasi oleh petani tradisional yang secara turun temurun meningkatkan kesejahteraannya melalui pertanian.

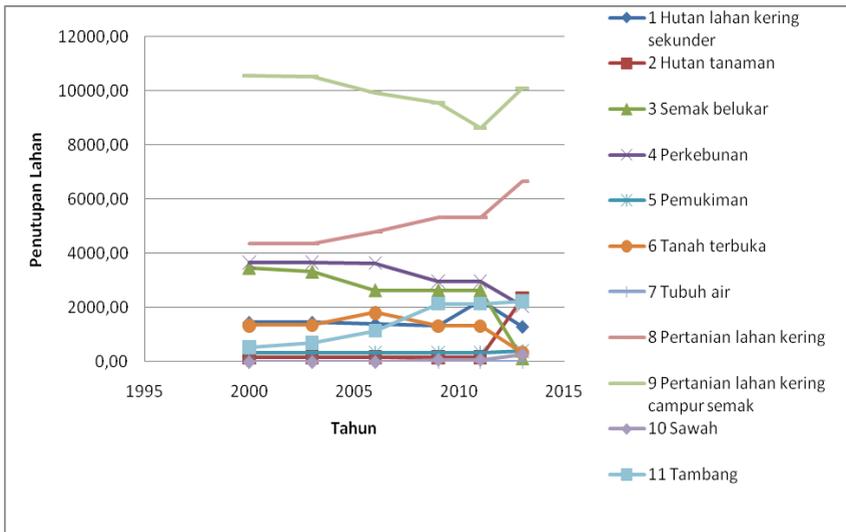


**Gambar 5.3.** Penggunaan Lahan Perkebunan Karet

### **5.1.2. Perubahan Penggunaan dan Penutupan Lahan tahun 2000 - 2013**

Untuk mengetahui perubahan penggunaan dan penutupan lahan setiap tiga tahun periode tahun 2000 sampai tahun 2013, digunakan data sekunder untuk tahun 2000 sampai 2011. Berdasarkan data primer dan

sekunder, maka perubahan penggunaan dan penutupan lahan disajikan Tabel 5.2, sedangkan grafik perubahan penggunaan dan penutupan lahan disajikan pada Gambar 5.4.



**Gambar 5.4.** Grafik perubahan penutupan lahan di *catchment area* Jaing sub DAS Negara (2000 – 2013)

Gambar 5.4 terlihat bahwa jenis penggunaan pertanian lahan kering campur semak yang didominasi tanaman karet alam mempunyai luas lahan yang tertinggi tahun 2000 menurun tahun 2013, sedangkan jenis penggunaan pertanian lahan kering yang di dominasi tanaman karet unggul meningkat cukup tinggi tahun 2013, selain itu luasan perubahan pertambangan juga meningkat sejak tahun 2000 hingga tahun 2013. Perubahan penutupan dan penggunaan lahan yang dilakukan oleh masyarakat di *catchment area* ini untuk meningkatkan kesejahteraannya melalui budidaya tanaman. Sebagaimana Kometa dan Ebot (2012) mengemukakan bahwa beberapa masyarakat pedesaan yang bermukim pada suatu DAS, bergantung pada usaha pertanian untuk meningkatkan kesejahteraannya.

Pada Tabel 29 dan Gambar 21 terlihat bahwa perubahan penutupan lahan yang dominan berkurang terjadi pada tahun 2000

sampai tahun 2013 yaitu pertanian lahan kering campur semak (luas 40,83 % menjadi 33,41 % tahun 2011, tetapi 2013 menjadi 39,01%), semak belukar (luas 13,37 % menjadi 0,47 %), sedangkan penutupan lahan bertambah luas yaitu pertanian lahan kering (luas 16,83 % menjadi 25,74 %) dan tambang (luas 2,03 % menjadi 8,31 %).

Liu *et al.* (2008) menyatakan bahwa perubahan hutan di China; deforestasi dan reforestasi selalu terkait dengan lahan pertanian, sebagian besar wilayah hutan telah dikonversi menjadi sawah atau irigasi lahan pertanian kering. Pada umumnya perluasan lahan pertanian pada suatu DAS memicu konversi lahan hutan, sehingga dapat mengurangi fungsi DAS bagian hulu sebagai penyerap karbon, pengatur tata air yang pada gilirannya dapat menjadi pemasok banjir pada bagian hilir DAS. Hal ini sesuai dengan pendapat Peter *et al.* (2012) yang menyatakan bahwa deforestasi dan eksploitasi hutan yang dapat mengakibatkan perubahan iklim dan mengurangi kemampuan untuk menyimpan jumlah karbon.

*Deforestasi* dan *degradasi* lahan merupakan salah satu komponen yang dapat meningkatkan tingkat kekritisan lahan pada suatu DAS, sub DAS, dan pada suatu *catchment area*, tingginya tingkat kekritisan lahan menjadi faktor yang menentukan kerawanan pemasok banjir, sehingga perlu adanya upaya pengendalian *deforestasi* dan *degradasi* lahan yang dilakukan secara terpadu lintas sektoral dan lintas wilayah.

**Tabel 5.2.** Penggunaan dan Penutupan Lahan di Catchment Area Jaing sub DAS Negara (tahun 2000 sampai 2013)

No.	Penggunaan dan penutupan lahan	Thn_2000		Thn_2003		Thn_2006		Thn_2009		Thn_2011		Thn_2013	
		ha	%	ha	%								
1	Hutan lahan kering sekunder	144 4,73	5, 59	144 4,73	5, 59	138 2,95	5, 35	132 1,31	5, 11	225 0,41	8, 70	129 0,91	4, 99
2	Hutan tanaman	162, 48	0, 63	234 6,67	9, 08								
3	Semak belukar	345 7,50	13 ,3 7	331 5,39	12 ,8 2	263 1,44	10 ,1 8	263 4,68	10 ,1 9	263 4,68	10 ,1 9	122, 13	0, 47
4	Perkebunan	366 7,19	14 ,1 9	366 7,19	14 ,1 9	364 9,02	14 ,1 1	297 2,92	11 ,5 0	297 2,92	11 ,5 0	207 2,20	8, 02

5	Pemukiman	339,94	1,31	339,94	1,31	339,94	1,31	339,94	1,31	339,94	1,31	332,06	1,28
6	Lahan terbuka	1349,63	5,22	1369,39	5,30	1822,39	7,05	1320,58	5,11	1320,58	5,11	414,93	1,61
7	Tubuh air	0,09	0,00	0,09	0,00	0,09	0,00	0,09	0,00	0,09	0,00	12,42	0,05
8	Pertanian lahan kering	4350,58	16,83	4350,58	16,83	4774,51	18,47	5303,80	20,52	5303,80	20,52	6653,11	25,74
9	Pertanian lahan kering campur semak	10554,86	40,83	10511,69	40,66	9943,51	38,66	9567,51	37,01	8638,41	33,01	1008,08	39,01
10	Sawah	-	-	-	-	-	-	81,69	0,32	81,69	0,32	279,76	1,08
11	Tambang	525,11	2,03	690,64	2,67	1145,79	4,43	2147,10	8,31	2147,10	8,31	2243,85	8,68
	<b>Jumlah</b>	<b>25852,12</b>	<b>10,00</b>										

Sumber: - BPKH Wilayah V Kalimantan tahun 2012 (data tahun 2000 – 2012). Hasil analisis data penelitian tahun 2014 (data tahun 2013).

*Catchment area* Jaing seluas 25.852,1 ha, digunakan kebun karet 16.737,2 ha (64,7%) oleh masyarakat Dayak Deah yang berkebun karet untuk meningkatkan kesejahteraannya secara turun temurun berkembang di *catchment area* ini di luar atau dalam kawasan hutan. Meng *et al.* (2011) mengemukakan bahwa perluasan tanaman karet berdampak pada populasi spesies hutan, namun demikian hasil estimasi menunjukkan bahwa dalam sejam satu lembar daun karet memproduksi oksigen sebanyak 5 ml, sehingga jika rata-rata jumlah daun karet per pohon 200 lembar, maka tiap hektar pohon akan menyumbang oksigen sebanyak 300 pohon x 200 lembar x 5 ml = 300 liter per jam/ha, hal ini berarti perkebunan karet berjasa dalam hal *carbon sequestration* atau menurunkan level CO<sub>2</sub> udara dan berjasa bagi kelestarian lingkungan mengurangi risiko bencana banjir.

Perubahan iklim berdampak terhadap pengelolaan dan perlindungan banjir, namun jauh lebih penting memperhitungkan risiko banjir dalam perencanaan pengembangan penggunaan lahan seperti daerah perkotaan dan industri, rumah hijau dan tempat rekreasi (Schultz, 2008). Selain itu pola penggunaan lahan tanah, mempengaruhi kondisi sosial ekonomi secara langsung. Sebuah desa pesisir sering tidak memiliki

dukungan infrastruktur, perhatian administratif dan standar perencanaan dibandingkan dengan kota pantai, sehingga lebih rentan terhadap bencana banjir. Dalam masyarakat petani mudah untuk mengatur dan mengelola mata pencaharian sebagai penggunaan lahan sangat tergantung pada keputusan antropogenik. Sementara di sebuah masyarakat pesisir, kegiatan akan sangat tergantung geomorfologi pesisir, tanah, tutupan vegetasi yaitu tata kehidupan oleh ekosistem. Oleh karena itu, pengelolaan bencana melalui in-situ proaktif atau tindakan perkembangan dalam perencanaan satuan pedesaan (Bhattacharya dan Guleria, 2011).

### 5.1.3. Upaya Pengendalian Perubahan Penggunaan dan Penutupan Lahan

Dalam pembangunan wilayah, perencanaan penggunaan lahan diperlukan untuk mengarahkan para pengambil keputusan dalam usaha untuk memilih jenis penggunaan lahan yang sesuai, menentukan lokasi spasial yang optimal dari kegiatan yang direncanakan, mengidentifikasi dan merumuskan peluang untuk perubahan pemanfaatan lahan, dan mengantisipasi konsekuensi perubahan penggunaan lahan (Baja, 2012<sup>b</sup>).

Penutupan dan penggunaan lahan merupakan salah satu parameter dari karakteristik *catchment area* untuk penentuan kerawanan pemasok banjir. Perubahan penggunaan lahan rata-rata tahun 2000 – 2011 dan tahun 2013 disajikan pada Tabel 5.3.

**Tabel 5.3.** Penutupan Lahan Rata-Rata Tahun 2000, 2011 dan 2013

No.	Penutupan Lahan	Rata-rata Thn 2000-2011		Thn_2013	
		Ha	%	ha	%
1	Hutan lahan kering sekunder	1.568.83	6.07	1.290,91	4,99
2	Hutan tanaman	162.48	0.63	2.346,67	9,08
3	Semak belukar	2.934.74	11.35	122,13	0,47
4	Perkebunan	3.385.85	13.10	2.072,20	8,02
5	Pemukiman	339.94	1.31	332,06	1,28
6	Tanah terbuka	1436.51	5.56	414,93	1,61
7	Tubuh air	0.09	0.00	12,42	0,05
8	Pertanian lahan kering	4.816.65	18.63	6.653,11	25,74

9	Pertanian lahan kering campur semak	9.843.20	38.08	10.084,08	39,01
10	Sawah	32.68	0.13	279,76	1,08
11	Tambang	1.331.15	5.15	2.243,85	8,68
Jumlah		25852.12	100.0	25.852.12	100,0

Sumber: BPKH Wilayah V Banjarbaru, 2012 (penggunaan lahan 2000 – 2011).

Pada Tabel 5.3, terjadi perubahan penggunaan lahan rata-rata untuk tahun 2000–2011 dan untuk tahun 2013, terlihat bahwa hutan lahan kering sekunder dan semak belukar berkurang, tetapi hutan tanaman bertambah, hal ini menunjukkan bahwa telah terjadi upaya rehabilitasi hutan dan lahan baik oleh aspek pemerintah, swasta dan masyarakat. Usaha pertambangan terjadi peningkatan luas, telah mencapai 8,68 % pada tahun 2013. Penutupan lahan yang menjadi paramater pada kajian ini ialah penutupan lahan tahun 2013 yang disajikan pada Tabel 30. Pada tabel tersebut terlihat bahwa jenis penutupan pertanian lahan kering campur semak sejumlah 39,00 % dan pertanian lahan kering sejumlah 25,7 %, sedangkan sawah hanya sejumlah 1,08 %, yang merupakan lahan usaha pertanian yang secara fisik berpermukaan rata, dibatasi oleh pematang yang dapat ditanami padi, palawija atau tanaman budidaya lainnya. Wawancara dengan masyarakat di *catchment area* Jaing disajikan pada Gambar 5.5.

Perubahan pengurangan penutupan lahan kering campur semak dan semak belukar di *catchment area* Jaing Kabupaten Tabalong, hal ini dimungkinkan karena semakin bertambah tahun semakin banyak jumlah penduduk yang memanfaatkan lahan sebagai sumber peningkatan pendapatan. Sesuai, Kometa dan Ebot (2012), dinyatakan bahwa masalah utama yang dihadapi DAS umumnya peningkatan populasi manusia dan perubahan penggunaan lahan, yang dapat menurunkan kualitas dan kuantitas air.



**Gambar 5.5.** Wawancara dengan masyarakat di *catchment area* Jaing

Laju pertumbuhan penduduk di Kabupaten Tabalong dari tahun 2008-2009 sebesar 6,81% (Rencana Pengelolaan RHL Kabupaten Tabalong 2010). Selain itu, sejak tahun 2000 nilai ekonomi tanaman pertanian lahan kering semakin meningkat, sehingga para petani lahan kering yang menggantungkan hidupnya pada sektor pertanian lahan kering memperluas lahan pertaniannya dan semak belukar semakin berkurang, sekaligus hal ini melakukan Penghijauan yang berfungsi untuk memulihkan, memelihara dan meningkatkan kondisi lahan agar dapat berproduksi dan berfungsi secara optimal, sebagai pengatur tata air atau pelindung lingkungan.

Penghijauan adalah salah satu kegiatan penting yang harus dilaksanakan secara konseptual dalam menangani lahan kritis. Begitu pentingnya penanganan lahan kritis sehingga penghijauan sudah merupakan program nasional yang dilaksanakan di seluruh Indonesia. Pada Tabel 30 terlihat bahwa penutupan hutan tanaman dan hutan lahan kering sekunder di *catchment area* Jaing seluas 3.637,58 ha atau 14,07 % dari luas *catchment area* Jaing, berkaitan dengan hal tersebut dalam rangka pelestarian lingkungan dan fungsi hutan sebagai pengatur tata air agar terhindar dari bencana alam banjir, maka seharusnya penutupan lahan hutan minimal 30 %, hal ini sesuai dengan Undang-Undang Nomor 26 tahun 2007 pada pasal 17.

Panahi, Alijani dan Mohammadi (2010) melaporkan hasil penelitian di Iran dinyatakan bahwa meskipun curah hujan sama, tingkat debit banjir tahun 2003 adalah sekitar 10 kali lebih besar dibandingkan dengan banjir 1964, hal ini merupakan efek langsung dari perubahan penggunaan/penutupan hutan menjadi lahan pertanian. Tanaman karet alam yang mendominasi pertanian lahan kering di *catchment area* Jaing, karet alam diminati oleh masyarakat Dayak Deah karena menjadi kebiasaan masyarakat etnis dayak ini bertani heterogen atau tanaman pertanian di campur dengan tanaman berkayu (*agroforestry*). Pada saat tanaman berkayu (Karet alam) masih muda, masih berumur 1-3 tahun terdapat tanaman pertanian lainnya sebagaimana disajikan pada Gambar 5.6

Zhao *et al.* (2012) melaporkan bahwa perubahan penggunaan lahan/penutupan lahan pada suatu DAS berpengaruh terhadap aliran permukaan, erosi tanah, polusi sumber non-point dan limbah dari daerah perkotaan, oleh karena penataan lahan sesuai dengan fungsinya, harus menjadi dasar langkah pertama untuk meningkatkan kualitas lingkungan ekologi DAS, selanjutnya dinyatakan bahwa daerah pantai dekat Danau Dianchi telah menjadi salah satu tempat lahirnya peradaban manusia di Dataran Tinggi Yunnan-Guizhou dan merupakan salah satu daerah pembangunan sosial ekonomi yang cepat di wilayah barat daya China, kebijakan dan reformasi ekonomi, daerah pantai dekat Danau Dianchi telah mengalami industrialisasi yang pesat dan urbanisasi, yang mengakibatkan ekosistem regional dan degradasi lingkungan.



**Gambar 5.6.** Penggunaan lahan dalam bentuk Agroforestry (Dayak Deah) untuk kesejahteraan dan tata air

Masalah utama yang dihadapi suatu DAS, umumnya peningkatan populasi manusia dan perubahan penggunaan lahan yang dapat menurunkan kualitas dan kuantitas air (Kometa dan Ebot, 2012). Perlu adanya pemahaman terhadap faktor utama pemicu dinamika penggunaan lahan dan pelaku utama yang berpengaruh terhadap dinamika tersebut, merupakan kunci untuk melangkah ke depan guna mendukung upaya pembangunan rendah emisi, dan perlunya vegetasi yang berperan penting untuk pengendalian banjir. Selain itu dengan adanya vegetasi dapat meningkatkan infiltrasi, *evapotranspirasi* dan menurunkan aliran permukaan, dan memperlambat aliran air kesungai sebagai upaya pengendalian banjir.

Signifikan pada jumlah debit sedimen dan fluktuasi debit air, dibandingkan dengan DAS yang tidak terkendali selama periode yang sama, jumlah sedimen keluar dari DAS dikendalikan berkurang sebesar 44%, sampai 86%, sehingga dilaporkan bahwa efek pengurangan sedimen DAS terkendali lebih besar dari DAS yang tidak terkendali, efek pengurangan sedimen berkaitan dengan distribusi curah hujan dan kondisi banjir (Zhang, *et al.* 2008).

Perubahan penggunaan lahan/penutupan lahan dapat diteliti dengan Penginderaan Jauh dan SIG (Sistem Informasi Geografis); yaitu perubahan lahan pertanian baru dari lahan hutan dan padang rumput liar atau lahan hutan baru dari lahan pertanian dan padang rumput liar, tanah rumput liar dari lahan pertanian, dan lahan kosong dari lahan pertanian dan liar padang rumput, terdapat dianalisis (Zhao, *et al.*, 2012). Mengintegrasikan SIG dan penginderaan jauh memberikan informasi perubahan tutupan lahan. Perubahan penggunaan lahan tersebut berdampak negatif terhadap kelestarian lingkungan (Kasereka, 2010).

Urbanisasi menyebabkan perubahan penggunaan yang merubah penggunaan lahan untuk kepentingan tata air berubah menjadi lebih rendah dari penggunaan lahan lainnya, perubahan penggunaan lahan ini mengakibatkan pergantian signifikan kondisi hidrologi sistem sungai, yang pada gilirannya telah berpotensi menyebabkan risiko banjir tinggi di daerah perkotaan, Oleh karena itu, kebijakan penggunaan lahan yang rasional harus dilaksanakan untuk memberikan keuntungan maksimum dan meminimalkan dampak kerugian kejadian banjir (Zhang dan Wang, 2007).

Holway dan Burby (1993) melaporkan bahwa untuk mengurangi risiko banjir dipersyaratkan menggunakan lahan sesuai fungsinya, selanjutnya dinyatakan bahwa jika masyarakat ingin mengurangi tingkat kenaikan lebih lanjut dalam hunian dataran banjir, mereka harus melengkapi persyaratan elevasi bangunan. Demikian juga, Quan, *et al.* (2013) melaporkan bahwa wilayah Changz terdiri atas 93% penggunaan lahan hutan dan pertanian, namun tahun 1990-2007 wilayah perkotaan meningkat lima kali lipat, sedangkan lahan hutan, lahan pertanian, dan padang rumput menurun. Perubahan ini dikaitkan dengan pembangunan ekonomi, pertumbuhan penduduk, perbaikan infrastruktur dan konstruksi, selanjutnya dinyatakan bahwa untuk mengatasi eko-lingkungan dan menyebabkan kejadian banjir, disarankan pengendalian pertumbuhan penduduk, dan pengembangan pertanian yang ramah lingkungan.

Berdasarkan hasil penelitian di *catchment area* Jaing sub DAS Negara dan hasil penelitian lainnya, maka untuk mengurangi risiko

bencana banjir pada bagian hilir, diupayakan luas hutan minimal 30 %, hal ini sesuai Asdak (2010) dikemukakan bahwa keberadaan hutan dapat dipandang sebagai pendukung dari usaha lain dan mengendalikan kejadian banjir karena hutan dapat menjaga kontinuitas air. Juga sesuai Zhao, *et al.* (2012) mengemukakan bahwa penataan perubahan penggunaan lahan/penutupan lahan harus dilakukan sesuai fungsi yang menjadi langkah pertama untuk meningkatkan kualitas lingkungan ekologi DAS. Seringkali kita hanya fokus pada hubungan tunggal antara hutan dan aliran, dan mengabaikan faktor-faktor yang mempengaruhi aliran lainnya (Bruijnzeel, 2009). Selain itu Kusuma (2007) mengemukakan bahwa kegiatan yang dapat dilakukan untuk mencegah banjir adalah sebagai berikut:

1. Mematuhi ketentuan tentang koefisien bangunan dasar, bangunan sehingga kemampuan peresapan air ke dalam tanah di wilayah DAS meningkat,
2. Menjaga sekurang-kurangnya 70 % kawasan pegunungan tertutup dengan vegetasi tetap, dan
3. Melakukan penanaman, pemeliharaan dan kegiatan konservasi tanah lainnya pada kawasan lahan yang gundul dan tanah kritis lainnya terutama pada kawasan hulu DAS.

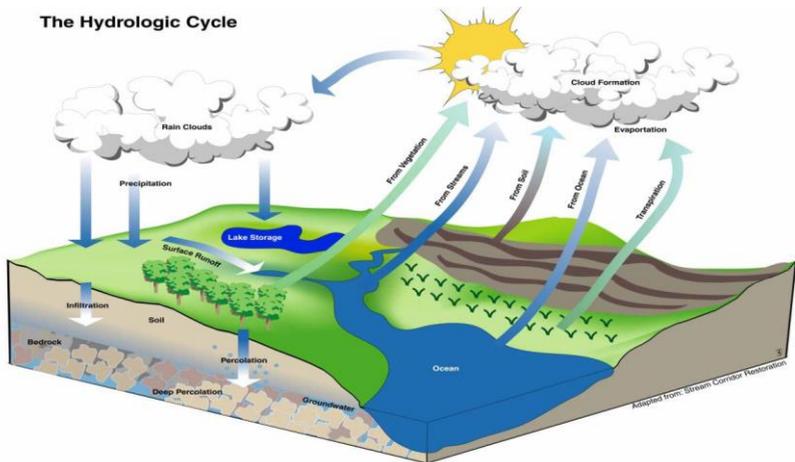
Perkebunan karet bagian hulu *catchment area* ini diharapkan didominasi karet alam, sesuai hasil kajian di *catchment area* ini bahwa aliran permukaan yang pada karet alam 32 % dari rata-rata curah hujan, sedangkan aliran permukaan pada karet unggul 48 %, sehingga dapat dinyatakan bahwa karet alam sebagai pengendali kerawanan pemasok banjir dan pengatur tata air lebih baik dari karet unggul. Perkebunan karet dapat meningkatkan kesejahteraan masyarakat dan berfungsi sebagai pengatur tata air, hal ini sesuai Asdak (2010) dan Kusuma (2007), penutupan lahan hutan pada bagian hulu DAS merupakan jalan keluar mengatasi permasalahan dan kemerosotan lingkungan hidup untuk mengendalikan banjir pada bagian hilir DAS. Zhao, *et al.* (2012) menyatakan bahwa upaya penutupan lahan dilakukan sesuai penggunaannya akan meningkatkan kualitas DAS. Demikian juga

dinyatakan oleh Kometa dan Ebot (2012), lahan pertanian selain berfungsi sebagai pengatur tata air juga meningkatkan kesejahteraan masyarakat.

Tanaman karet merupakan salah satu komoditas perkebunan yang mampu berperan dalam reboisasi dan rehabilitasi lahan, karena sifatnya yang mudah beradaptasi terhadap lingkungan dan tidak terlalu memerlukan tanah dengan tingkat kesuburan tinggi. Karet terdapat keserasian ekologis, secara ekonomis menguntungkan, bermanfaat terhadap pengembangan sosial kemasyarakatan, dan secara teknis dapat di implementasikan.

## 5.2. Curah Hujan

Curah hujan adalah bagian dari parameter penentuan kerawanan pemasok banjir. Curah hujan di *Catchment area* Jaing diperoleh melalui 3 stasiun penakar curah hujan yang terletak di Kecamatan Murung Pudak, Kembang Kuning dan Masingai Peranan curah hujan dalam siklus hidrologi disajikan pada Gambar 5.7.



**Gambar 5.7.** Siklus hidrologi yang menunjukkan kesatuan sistem tanah-air (Baja, 2012<sup>a</sup>)

Curah Hujan memainkan peranan penting dalam siklus hidrologi, yang merupakan perjalanan air dari permukaan laut ke atmosfer kemudian ke permukaan tanah dan kembali lagi ke laut yang tidak pernah berhenti

(Asdak, 2010). Perlakuan akurat siklus hidrologi bumi adalah pusat eksplorasi ilmiah dinamika iklim dan perubahan iklim (Hack, 2006).

### 5.2.1. Metode Penentuan Rata-Rata Curah Hujan

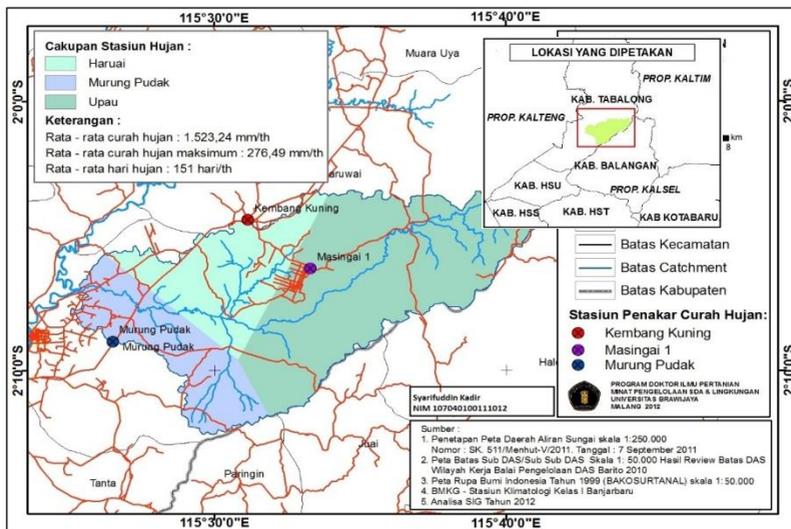
Indarto (2010); Soewarno (2000); dan Asdak (2010) mengemukakan bahwa metode rerata aritmatik adalah metode yang paling sederhana yaitu nilai rerata hujan yang diperoleh dari seluruh stasiun penakar yang ada di dalam DAS, sedangkan metode Isohyet menggunakan interpolasi atas dasar pertimbangan luas, namun demikian metode ini penerapannya memerlukan keterampilan khusus dan pengalaman setiap orang yang menggambar Isohyet. Selanjutnya Asdak (2010) mengemukakan bahwa metode Metode *Polygon Thiessen* yaitu curah hujan rata-rata dihitung dengan mempertimbangkan pengaruh tiap-tiap stasiun pengamatan, jumlah air hujan diukur menggunakan pengukur hujan atau ombrometer, selain itu dikemukakan bahwa metode ini termasuk memadai guna menentukan curah hujan daerah, namun demikian hasil yang baik ditentukan oleh sejauh mana penempatan alat penakar hujan mampu mewakili daerah pengamatan. Satuan untuk mengukur curah hujan adalah satu mm, nilai itu menunjukkan bahwa tebal air hujan menutupi di atas permukaan bumi setebal satu mm (Soewarno, 2000).

Metode interpolasi geostatistik yang digunakan untuk menentukan rata-rata tebal hujan di *catchment area* Jaing ialah metode *Polygon Thiessen*. Sesuai Wu, *et al.* (2007) menyatakan bahwa metode poligon sering digunakan untuk menghitung curah hujan, metode ini diterapkan untuk interpolasi spasial curah hujan. Lebih lanjut Asdak (2010) menyatakan bahwa metode *Polygon Thiessen* digunakan apabila dalam suatu wilayah stasiun pengamatan curah hujannya tidak tersebar merata. Selain itu Ly, Charles, dan Degre (2013) mengemukakan bahwa metode ini memberikan hasil yang lebih teliti, Metode interpolasi spasial untuk mengukur curah hujan, metode deterministik yang paling sering digunakan adalah *polygon Thiessen*, yang didasarkan pada lokasi stasiun terukur dan nilai yang terukur. Secara umum, perkiraan nilai regionalisasi memperhitungkan rata-rata tertimbang dari nilai regionalisasi diamati, demikian juga Wu *et al.* (2007) melaporkan bahwa metode *polygon*

*Thiessen* lebih baik untuk interpolasi spasial curah hujan. Metode *polygon Thiessen* digunakan untuk menghitung rata-rata curah hujan per jam (Cheng, 2010).

*Catchment* area Jaing Sub DAS Negara terdapat tiga penakar curah hujan yang secara berkelanjutan dilaporkan hasil pengukurannya ke kantor Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG) Stasiun Klimatologi Kelas 1 Banjarbaru Provinsi Kalimantan Selatan yaitu: a) Stasiun Kembang Kuning Kecamatan Haruai; b) Stasiun Masingai I Kecamatan Upau; dan c) Stasiun Maburai Kecamatan Murung Puduk.

Data curah hujan selama 10 tahun terakhir (2003 sampai dengan 2012) yang diperoleh pada ke tiga stasiun penakar curah hujan tersebut di atas dilakukan analisis perhitungan menggunakan metode *Polygon Thiessen* yaitu; Curah hujan rata-rata diperoleh dengan mempertimbangkan pengaruh curah hujan setiap stasiun pengamatan, dengan cara menentukan garis tegak lurus dan membagi dua sama panjang garis penghubung terhadap dua stasiun penakar curah hujan, dengan menggunakan program *Agricultural Non-Point Source Pollution Model (AGNPS)*, hasil analisis curah hujan bulanan setiap tahun selama 10 tahun di *catchment area* Jaing disajikan pada Tabel 5.4 dan Gambar 5.8.



**Gambar 5.8.** Peta curah hujan *Catchment area* Jaing sub DAS Negara menggunakan metode *Polygon Thiessen*

Gambar 5.8 terlihat bahwa di *catchment area* Jaing terdapat tiga stasiun penakar curah hujan yaitu Stasiun Masingai pada bagian hulu, Stasiun Kembang Kuning pada bagian tengah dan Stasiun Murung Puduk pada bagian hilir. Gambar 25 menunjukkan bahwa stasiun Masingai mewakili wilayah yang lebih luas, karena ini mewakili Kecamatan Upau yang mempunyai luas wilayah 9.677,7 ha dan sebagian wilayah kecamatan Juai, Halong dan Paringin, sedangkan Stasiun Kembang Kuning mewakili wilayah lebih kecil yang terletak di Kecamatan Haruai yang mempunyai luas wilayah 5.202,9 ha.

### 5.2.2. Kondisi Curah Hujan *Catchment Area* Jaing

Hasil perhitungan curah hujan *catchment area* Jaing Sub DAS Negara selama 10 tahun (2003 – 2012) menggunakan metode *Polygon Thiessen* yang terdiri atas tiga stasiun penakar curah hujan yaitu: a) Murung Puduk; b) Kembang Kuning; dan c) Masingai. Curah hujan merupakan salah faktor yang menentukan kejadian banjir, sesuai Paimin *at al.* (2009), pasokan air banjir diidentifikasi dari besarnya curah hujan

(sebagai masukan sistem DAS) dan karakteristik daerah tangkapan air (*catchment area*).

Pada *Catchment area* Jaing terdiri atas tiga sumber data curah hujan yang diperoleh dari penakar curah hujan yang berbeda, sehingga kajian ini dilakukan analisis berdasarkan kondisi curah hujan wilayah penakar curah hujan tersebut. Rata-rata jumlah curah hujan pada stasiun Murung Pudak 1.762 mm/thn, Kembang Kunin 1.624 mm/thn dan Masingai 1.727 mm/thn.

Pada Tabel 5.4 diperoleh bahwa rata-rata jumlah curah hujan yang diperoleh ketiga stasiun sejumlah 1.703 mm/thn, rata-rata curah hujan maksimum sebesar 276 mm/thn dan rata-rata hari hujan 151 hari/tahun. Pada musim hujan rata-rata curah hujan 300 mm (periode bulan Oktober sampai Maret, sedangkan pada musim kemarau rata-rata curah hujan 126 mm (periode bulan April sampai September).

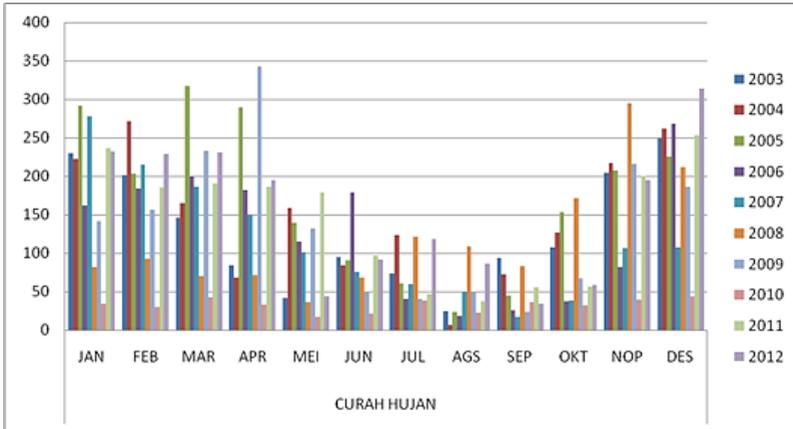
Kondisi curah hujan pada suatu DAS atau sub DAS dapat menyebabkan kejadian banjir pada bagian hilir, namun demikian hal ini ditentukan dengan oleh kondisi tata air suatu DAS atau sub DAS. Infiltrasi dan jaringan sungai yang merupakan komponen tata air akan mempengaruhi fluktuasi debit air sungai, sehingga perlu adanya upaya para pemangku kepentingan atau *stakeholders* terkait untuk meningkatkan infiltrasi melalui kegiatan rehabilitasi hutan dan lahan berdasarkan kelas kemampuan dan kesesuaian lahannya, yang diprioritaskan pada lahan kritis dan lahan terbuka lainnya. Curah Hujan Rata-Rata dari 3 Stasiun (Murung Pudak, Kembang Kuning dan Masingai) Tahun 2003 sampai 2012 disajikan pada Tabel 5.4.

**Tabel 5.4.** Curah Hujan Rata-Rata dari 3 Stasiun (Murung Pudak, Kembang Kuning dan Masingai) Tahun 2003 sampai 2012

No	THN	C.Hujan	JAN	FEB	MAR	APR	MEI	JUN	JUL	AGS	SEP	OKT	NOP	DES
1	2003	Jmlh	230,1	200,7	145,3	84,2	42,02	95,04	72,97	24,9	93,1	107,3	204	248,5
		CH Mak	33,6	27,4	27,98	13,52	13,87	28,93	15,23	7,98	19,1	20,8	25,23	29,88
		HH	19	15	14	12	5	6	8	5	10	11	17	16
2	2004	Jmlh	221,9	271,6	164,8	68,16	158,1	84,44	123,9	6,32	72,1	126,2	217,3	261,3
		CH Mak	27,55	30,37	30,29	20,56	28,84	25,79	27,36	6,42	17,4	25,06	25,41	29,62
		HH	19	17	14	8	14	6	11	1	7	8	16	21
3	2005	Jmlh	291,4	202,9	317,4	289,1	139,8	90,6	60,69	23,4	44,6	153,4	207,8	225,8
		CH Mak	29,37	28,04	31,41	26,06	22,67	17,33	18,76	7,82	12,5	23,92	28,04	27,42
		HH	19	15	20	20	14	11	7	6	7	17	19	20
4	2006	Jmlh	161,9	184,5	199,8	181,9	115,3	178,2	40,05	17,7	25,7	37,48	82,02	268,3
		CH Mak	21,15	24,92	27,15	26,25	23,4	31,18	20,23	8,19	8,52	15,3	20,37	27,47
		HH	14	15	16	15	13	18	4	3	3	4	9	18
5	2007	Jmlh	277,2	214,4	185,8	149,2	100,6	75,88	59,25	50	17,5	38,19	105,9	107,1
		CH Mak	38,01	35,07	31,65	22,73	16,14	12,2	12,59	12,5	6,45	12,02	19,44	15,35
		HH	18	15	10	14	14	11	9	9	4	7	12	14
6	2008	Jmlh	81,45	92,51	70,46	71,47	36,7	68,27	121,6	108	82,8	171,5	294,5	211,8
		CH Mak	14,11	15,62	14,3	12,18	12,69	18,21	24,07	18,1	19	26,71	30,64	21,32
		HH	11	11	9	10	6	8	12	7	14	18	19	19
7	2009	Jmlh	141,4	156,4	232,8	342,5	131,8	50,07	40,89	50,4	23,1	66,76	216,2	186,7
		CH Mak	19,51	48,35	53,7	71,95	45,46	12,38	19,78	27,6	22,8	19,62	31,55	22,84
		HH	16	12	14	15	11	8	4	4	2	7	16	17
8	2010	Jmlh	34,02	29,4	43,05	32,45	17,43	20,79	38,01	22,5	36,3	31,5	39,69	43,68
		CH Mak	22,87	17,55	28,57	27,08	21,21	18,95	20,43	19,9	36,2	24,03	23,43	21,04
		HH	19	13	17	16	12	14	17	15	19	18	20	20
9	2011	Jmlh	236,6	184,9	190,1	186,1	178,2	96,58	46,92	36,8	55,6	56,36	200,3	252,7
		CH Mak	23,09	22,46	22,48	21,69	19,55	17,89	22,18	17,9	27,9	16,82	21,48	29,94

<b>10</b>	<b>2012</b>	HH	21	14	19	18	16	11	7	5	7	8	19	20
		Jmlh	232	228,7	230,7	195,2	43,75	91,3	117,7	86,2	34,4	58,47	194,5	313,9
		CH Mak	25,6	25,29	26,46	24,1	14,8	23,05	22,46	23,8	14,5	14,85	30,05	33,13
		HH	18	18	19	16	7	9	12	10	4	9	16	20

Sumber: Hasil analisis data menggunakan metode *Polygon theissen* (2013). Berdasarkan pada Tabel 5.4, hasil analisis curah hujan di *Catchment area* Jaing selama 10 tahun (2003 – 2012) disajikan grafik kondisi curah hujan setiap tahun dalam bulan yang sama (Januari – Desember) pada Gambar 5.9



**Gambar 5.9.** Grafik kondisi curah hujan setiap tahun dalam bulan (Januari sampai – Desember) tahun 2003 - 2012.

Pada Tabel 5.4 dan Gambar 5.9, terlihat bahwa kondisi curah hujan tertinggi di *catchment area* Jaing pada tahun 2005 (2.046,824 mm/tahun) dan tahun 2010 (2.160,598 mm/tahun), sedangkan curah hujan rendah pada tahun 2007 (1381,074 mm/tahun) dan tahun 2003 (1.548,150 mm/tahun). Curah hujan periode tahun 2003 sampai tahun 2012 terlihat bahwa setiap perbedaan dalam kurun waktu kurang lebih 3 tahun mengalami perubahan curah hujan yang cukup signifikan di *catchment area* ini.

Berdasarkan data curah hujan tersebut di atas, maka dalam rangka pengendalian kerawanan banjir dan pengurangan risiko bencana banjir di sub DAS Negara, diharapkan kepada instansi terkait melakukan upaya pengelolaan secara terpadu dan mitigasi berupa upaya RHL pada bagian hulu sub DAS Negara, selain itu perlu adanya upaya pengurangan risiko bencana pada bagian hilir termasuk peringatan dini dan kesiapsiagaan yang dilakukan per periode 3 tahun.

Badan Metereologi, Klimatologi dan Geofisika (BMKG) Stasiun Klimatologi Kelas I Banjarbaru (2013) melaporkan bahwa batas normal curah hujan untuk *catchment area* Jaing Sub DAS Negara pada musim

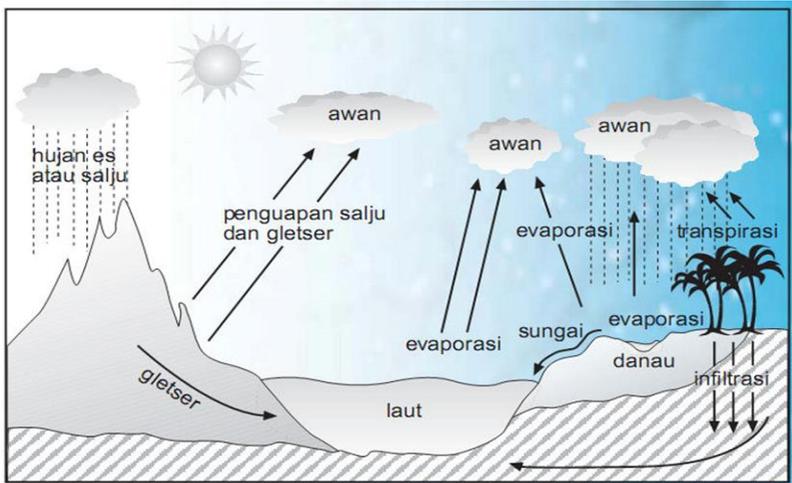
hujan ialah 300 – 450 mm yaitu pada bulan Oktober sampai Maret, sedangkan pada musim kemarau ialah 110 – 200 mm pada bulan April sampai September. Selanjutnya dinyatakan bahwa peta normal curah hujan Provinsi Kalimantan Selatan sebagai berikut:

1. Peta Normal Hujan bulanan wilayah Kalimantan Selatan dibuat berdasarkan data rata-rata hujan tahun 1981 sampai dengan tahun 2010 dari pos-pos pengamatan hujan ( $\pm$  80 pos) yang tersebar diseluruh Kalimantan Selatan.
2. Peta Normal menunjukkan gambaran daerah-daerah dengan curah hujan yang tinggi dan daerah-daerah dengan curah hujan yang rendah sehingga dapat dimanfaatkan guna keperluan perencanaan kegiatan pembangunan maupun penanggulangan bencana alam seperti banjir dan kekeringan.
3. Kriteria Curah Hujan Bulanan :
  - a. 0 - 100 mm/bulan = rendah;
  - b. 101 - 300 mm/bulan = sedang;
  - c. 301 - 400 mm/bulan = tinggi;
  - d. > 400 mm = sangat tinggi.

Peta normal curah hujan Provinsi Kalimantan Selatan, bulan Januari, Maret, September dan Desember berdasarkan data curah hujan selama 30 tahun (1981-2010) yang diperoleh dari kantor BMKG Stasiun Klimatologi Kelas I Banjarbaru disajikan pada Gambar 26 terlihat bahwa curah hujan di *catchment area* Jaing Kabupaten Tabalong pada bulan Januari dan Maret masing-masing 201 – 300 mm (sedang), bulan Juni 101 – 150 mm (sedang) dan bulan Desember 301 – 400 mm (tinggi).

Guy (2009) mengemukakan bahwa curah hujan normal pada bulan Desember, namun pada bulan Januari curah hujan di bawah normal. Istilah curah hujan normal merupakan nilai tengah/rataan dari curah hujan pada rentang waktu tertentu di suatu tempat. penggunaan curah hujan normal lazimnya digunakan pada durasi bulanan hingga tahunan. Soewarno (2000) mengemukakan bahwa air hujan yang jatuh di bumi sebagian akan tertahan oleh vegetasi, sebagian jatuh kepermukaan bumi, selanjutnya ada yang menjadi aliran sungai dan berakhir di laut atau danau. Selain itu

ada air hujan kembali ke atmosfer dalam bentuk *evapotranspirasi*, lebih lanjut dinyatakan bahwa banjir dan kekeringan yang sering terjadi merupakan fenomena alam bagian dari siklus hidrologi disajikan sketsa sederhana siklus hidrologi pada Gambar 5.10.



**Gambar 5.10.** Sketsa sederhana siklus hidrologi (Soewarno,2000)

Pada Gambar 5.10 terlihat bahwa curah hujan mempunyai peran penting dalam hidrologi, curah hujan mencapai permukaan tanah langsung ke permukaan tanah, badan air dan sebagian tertahan oleh vegetasi yang selanjutnya mencapai permukaan tanah dengan beberapa proses. Sebagaimana Asdak (2010), curah hujan mencapai permukaan tanah setelah tertahan tajuk vegetasi dan mencapai permukaan tanah melalui aliran batang (*Stemflow*) dan atau aliran lolos di antara tajuk (*through fall*). Aliran batang dan alir lolos mencapai permukaan tanah disajikan pada Gambar 5.11.



**Gambar 5.11.** Aliran batang dan alir lolos mencapai permukaan tanah

Sub DAS Negara terdiri atas beberapa vegetasi penutupan lahan yang didominasi jenis karet yang juga mengalami proses siklus hidrologi sebagaimana terlihat pada Gambar 26. Jenis karet selain fungsi sebagai pengatur tata air juga meningkatkan kesejahteraan masyarakat. DAS merupakan suatu ekosistem yang terdiri atas komponen vegetasi dan komponen lainnya membentuk suatu ekosistem. Setiap komponen penyusun ekosistem memiliki sifat yang khas dan fungsi yang berbeda, tetapi saling berhubungan membentuk kesatuan sistem ekologis.

Curah hujan dapat mencapai permukaan tanah pada vegetasi melalui aliran batang (*stem flow*), sehingga kondisi setiap pohon mempengaruhi jumlah curah hujan yang melewatinya. Selain batang pohon sebagai media pengaliran curah hujan yang mengurangi curah hujan lolos kepermukaan tanah juga batang vegetasi akan mengurangi laju setiap aliran permukaan, sehingga semakin banyak vegetasi pada suatu kawasan, semakin lambat aliran permukaan dan memungkinkan semakin tinggi infiltrasi melalui perakaran vegetasi tersebut.

Berdasarkan data dan peta curah hujan sebagaimana disajikan pada Lampiran 21, serta standar normal curah hujan untuk *catchment area* Jaing Kabupaten Tabalong, maka dapat dinyatakan bahwa rata-rata curah hujan selama 10 tahun terakhir (2003 – 2012) pada musim hujan 300,08 mm termasuk sesuai dalam klasifikasi normal (300 – 450 mm) dan pada

musim kemarau 126,36 mm termasuk sesuai dalam klasifikasi normal (110 – 200 mm). Selanjutnya dinyatakan bahwa hingga minggu II bulan Juli 2013 masih terdapat beberapa wilayah di Provinsi Kalimantan Selatan yang termasuk musim kemarau (BMKG Banjarbaru, 2013).

### 5.2.3. Upaya Pengendalian Curah Hujan Untuk Kerawanan Banjir

Sumberdaya lahan merupakan pertumbuhan tanaman yang menyediakan unsur hara dan siklus udara, sedangkan sumberdaya air mempunyai peranan yang cukup besar untuk keberlangsungan makhluk hidup. Air yang berasal dari hujan merupakan fenomena alam yang paling penting bagi terjadinya kehidupan di bumi, oleh karena itu tanpa adanya air hujan, maka siklus hidrologi berubah dan keseimbangan bumi akan terganggu (Baja, 2012<sup>b</sup>).

Perubahan iklim secara global mengakibatkan perubahan musim yang cukup signifikan baik secara lokal maupun regional, curah hujan yang tinggi merupakan salah satu penyebab kejadian banjir pada bagian hilir suatu DAS, termasuk di sub DAS Negara DAS Barito.

Zhan *et al.* (2007) mengemukakan bahwa besarnya pengaruh curah hujan terhadap infiltrasi dan limpasan tergantung pada panjang dan kemiringan lereng, perbandingan laju infiltrasi menunjukkan bahwa rumput secara signifikan meningkatkan laju infiltrasi dan mengurangi aliran permukaan. Selanjutnya Trandafir *et al.* (2007) menyatakan bahwa curah hujan meningkatkan aliran air permukaan yang lebih tinggi pada lereng yang curam. Lebih lanjut Rahardjo *et al.* (2005) mengemukakan bahwa kondisi kemiringan lereng mempengaruhi kontribusi curah hujan hingga lebih 40 % terhadap infiltrasi dan waktu terjadinya limpasan, selanjutnya dinyatakan bahwa infiltrasi dan perkolasi berkurang setelah terjadinya hujan dan pada kondisi banjir. Selain itu, lereng dengan permeabilitas yang lebih tinggi menunjukkan infiltrasi yang lebih tinggi pada kondisi curah hujan yang sama, lereng dengan permeabilitas tinggi dapat terjadi infiltrasi 36 – 360 mm/jam (Muntohar dan Liao, 2008).

Londono *et al.* (2006) melaporkan bahwa limpasan terjadi lebih cepat ketika lereng sebelumnya telah dibasahi oleh hujan, lebih lanjut dinyatakan bahwa lereng berpengaruh terhadap kejadian banjir. Rata-rata

tinggi muka air maksimum tahunan, limpasan tahunan rata-rata dipengaruhi perubahan curah hujan dan perubahan aliran sungai lebih sensitif terhadap perubahan musim dingin dari musim panas (Kerkhoven dan Gan, 2010).

Sistem drainase dapat dikembangkan untuk pengendalian limpasan permukaan akibat curah hujan yang melimpah (Yang dan Zhang, 2011). Curah hujan merupakan salah satu faktor terjadinya banjir pada bagian hilir *catchment area* dan pengaruh curah hujan yang semakin tinggi berdasarkan besarnya persentase tingkat kecuraman lereng, karena semakin besar persentase kelerengan semakin besar aliran permukaan, hal ini sesuai Purwo (2002) melaporkan bahwa faktor curah hujan yang tinggi merupakan salah satu faktor utama penyebab banjir, tingginya curah hujan dan besarnya koefisien aliran permukaan memicu suatu kawasan rentan terhadap banjir.

Sumberdaya lahan di *catchment area* ini yang mempunyai kelas yang bervariasi. Untuk sumberdaya lahan dengan kelas lereng yang curam, sebaiknya di lakukan tindakan sipil teknis khususnya untuk penggunaan lahan pertanian. Selain itu lahan yang mempunyai kelas lereng yang curam perlu adanya upaya untuk mempertahankan keseimbangan tata air melalui proses *input* (curah hujan) dan *output* (debit air dan infiltrasi), sedangkan lahan curam dengan kondisi terbuka dan semak belukar perlu adanya tindakan konservasi tanah dan air secara vegetatif menggunakan tanaman tahunan atau tanaman kehutanan yang dilengkapi tindakan secara sipil teknis.

Konservasi tanah dan air secara vegetatif dan sipil teknis di *catchment area* ini merupakan suatu upaya yang dilakukan untuk meningkatkan fungsinya sebagai pengatur tata air. Vegetasi yang mempunyai kondisi perakaran yang baik akan meningkatkan kehilangan curah hujan melalui infiltrasi dan dapat mengurangi aliran permukaan, sehingga volume air pada penampungan atau sungai tidak melebihi kapasitas. Selain itu akan meningkatkan air tanah untuk berlangsungnya proses aliran di bawah permukaan dan aliran dalam.

Lahan hutan yang berubah menjadi penggunaan lahan lainnya seperti pertanian, pemukiman dapat mengurangi fungsinya sebagai pengatur tata air. Perubahan penggunaan lahan pada lahan dengan kemiringan yang curam dan panjang, perlu adanya upaya memperpendek panjang lereng melalui pembuatan teras dan dilengkapi dengan saluran pembuangan air. Perubahan penggunaan lahan hutan menjadi lahan pertanian, pemukiman dan lainnya yang kurang berfungsi sebagai pengatur tata air dan kondisi curah hujan yang tidak normal, maka pada lahan yang mempunyai kelerengan yang curam dan panjang, diharapkan adanya perlakuan memperpendek panjang untuk meningkatkan infiltrasi. Hal ini sesuai, Trandafir *et al.* (2007); dan Zhan *et al.* (2007).

### 5.3. Lereng

Lereng (*slope*) yaitu perbedaan tinggi antara 2 titik yang dapat dinyatakan dalam derajat, persen, m/km, atau feet/mill, sedangkan peta lereng menggambarkan luasan, panjang dan sebaran dari masing-masing kemiringan lereng rata-rata berdasarkan interval tertentu sesuai skala peta. Kemiringan lereng merupakan data yang paling penting dan paling banyak digunakan di berbagai bidang keilmuan spasial, kebencanaan, perencanaan wilayah, kehutanan dan pertanian.

Rayes (2007) mengemukakan bahwa kecuraman lereng, panjang lereng dan bentuk lereng dapat mempengaruhi besarnya aliran permukaan.

#### 5.3.1. Pengaruh Lereng untuk Kerawanan Banjir

Kemiringan lereng pada suatu DAS mempengaruhi kecepatan dan volume limpasan permukaan. Lereng yang lebih curam menghasilkan kecepatan aliran permukaan besar, sehingga semakin lambat terjadinya proses infiltrasi, maka aliran permukaan menjadi lebih besar. Selain itu besarnya limpasan permukaan dipengaruhi oleh panjangnya lereng, semakin panjang suatu lereng maka semakin besar limpasan permukaan yang juga dapat menyebabkan besarnya jumlah erosi.

Kemiringan lereng merupakan faktor yang sangat mempengaruhi terhadap besarnya tingkat kerawanan banjir, serta drainase permukaan. Sebab secara umum dapat diketahui bahwa semakin besar kemiringan

lereng suatu daerah, maka akan semakin cepat untuk mengalirkan air. Untuk mengetahui seberapa besar pengaruh kemiringan lereng terhadap besarnya tingkat kerawanan banjir, maka dapat digunakan metode yaitu dengan membagi kemiringan lereng ke dalam lima klasifikasi.

Pembuatan peta lereng di *Catchment area* Jaing melalui program GIS, pembuatan peta lereng secara digital dilakukan menggunakan peta kontur digital, dengan tahapan sebagai berikut :

1. Peta kontur digital diubah/dikonversi menjadi DEM (*Digital Elevation Model*) raster,
2. DEM diolah menggunakan *Spatial Analysis* diturunkan menjadi peta lereng yang masih di dalam format Raster,
3. Peta lereng Raster kemudian direklasifikasi menurut kelas lereng yang sudah ditentukan,
4. Peta hasil reklasifikasi kemudian dikonversi menjadi vektor, dan
5. Peta lereng vektor dihaluskan menggunakan analisis *Smooth line* dan *smooth poligon* atau *on screen digitation*.

*Catchment area* Jaing sub DAS Negara di Kabupaten Tabalong terletak pada bagian selatan ibukota Kabupaten Tabalong yang mempunyai lima kelas lereng sebagaimana disajikan pada Tabel 5.5 Peta kelas lereng pada Gambar 5.12.

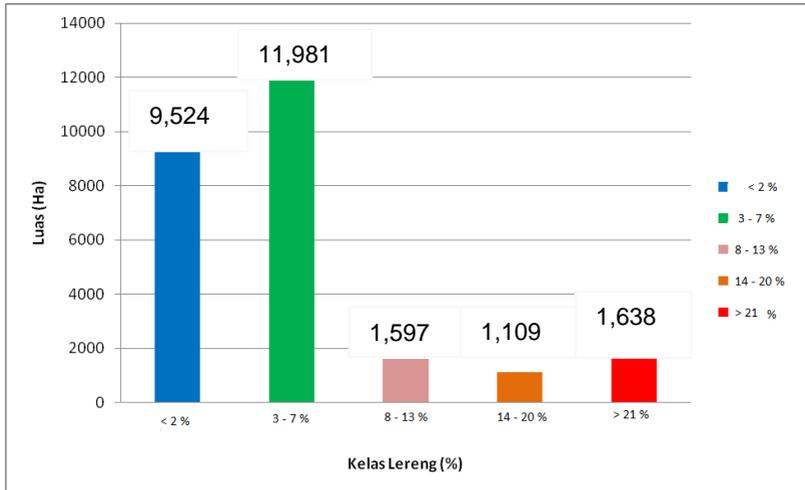
**Tabel 5.5.** Kelas Lereng di *Catchment Area* Jaing Sub DAS Negara

No	Kelas Lereng (%)	Luas (Ha)	Persentase (%)
1	< 2	9.524,84	37
2	3 – 7	11.981,88	46
3	8 – 13	1.597,68	06
4	14 – 20	1.109,69	04
5	> 21	1.638,03	06
Jumlah		25.852,12	100

Pada Tabel 5.5 dan Gambar 5.12, terlihat bahwa *catchment Area* Jaing seluas 25.852,12 ha, didominasi oleh kelas lereng yang relatif datar. Kelas lereng < 2 % seluas 9.524,84 ha (37 %) dan kelas lereng 3 – 7 % seluas 11.981,88 ha (46 %), sedangkan kelas lereng 8 % sampai lebih besar 21 % seluas 4.345,40 ha (16 %). Kemiringan lereng merupakan ukuran kemiringan lahan relatif terhadap bidang datar yang secara umum dinyatakan dalam persen atau derajat. Kecuraman lereng, panjang lereng dan bentuk lereng semuanya akan mempengaruhi besarnya erosi dan aliran permukaan (Arsyad, 2010).

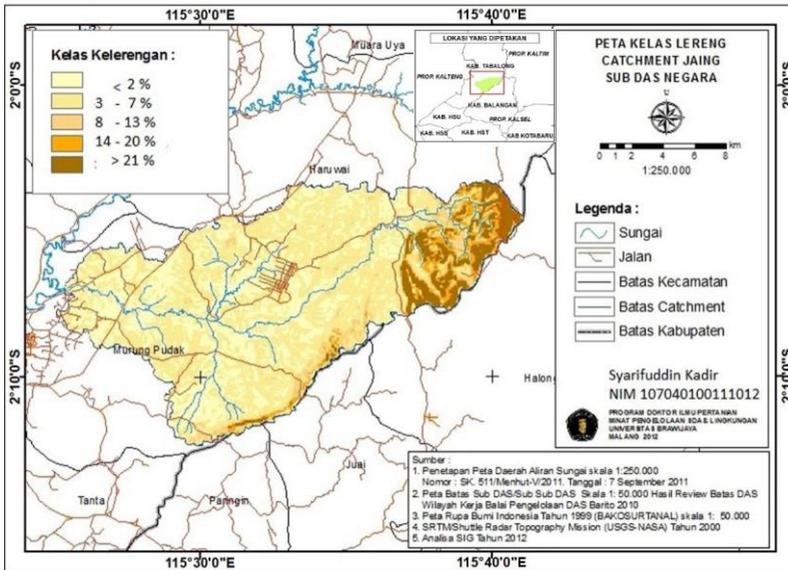
Pada Gambar 5.12 terlihat bahwa di *catchment area* ini kelas lereng tiga sampai tujuh persen mempunyai luas yang terbesar, hal ini menunjukkan bahwa RHL dapat dengan mudah dilakukan oleh masyarakat dan pihak pemerintah untuk kepentingan kelestarian lingkungan (mengurangi tingkat kerawanan banjir), selain itu dapat meningkatkan kesejahteraan masyarakat, melalui kegiatan hutan rakyat, hutan desa dan hutan kemasyarakatan. Pada kelerengan delapan persen sampai lebih besar 21 %, dilakukan kegiatan RHL dengan mempertimbangkan fungsi kawasan, untuk kawasan lindung dilakukan reboisasi dengan tanaman yang fungsi utamanya untuk kepentingan ekologis, sedangkan kawasan budidaya termasuk areal penggunaan lain (APL) dipertimbangkan tanaman untuk kepentingan ekonomis dan ekologis. RHL pada bagian hulu sub DAS Negara perlu dilakukan sebagai upaya pengendalian dan pencegahan, sebagai pemasok kerawanan dan kejadian banjir pada bagi hilir sub DAS ini yang semakin tinggi pada periode 2007 - 2012. Peta penyebaran kelas

lereng disajikan pada Gambar 5.13, sedangkan peta *ground check* penyebaran kelas lereng disajikan pada Gambar 5.14.



**Gambar 5.12.** Grafik luas masing-masing kelas lereng

Menurut Asdak (2010) DAS dibagi menjadi daerah hulu yang dicirikan oleh kerapatan drainase, kelerengan yang lebih tinggi dan jenis vegetasi, umumnya berupa tegakan hutan dan atau lainnya sehingga bukan merupakan daerah rawan banjir tetapi sebagai pemasok kerawanan banjir, sedangkan daerah hilir merupakan daerah rawan banjir. Secara biogeofisik, bagian hulu DAS merupakan daerah konservasi, mempunyai kerapatan drainase yang tinggi, merupakan daerah dengan kemiringan lereng yang miring, curam sampai sangat curam, bukan merupakan daerah banjir, pengaturan pemakaian air ditentukan oleh pola drainase, dan jenis vegetasi umumnya merupakan pertanian lahan kering dan hutan, sedangkan bagian hilir DAS merupakan daerah dengan kemiringan lereng landai, datar sampai sangat datar, pada beberapa tempat merupakan daerah banjir (genangan), pengaturan pemakaian air ditentukan oleh bangunan irigasi dan jenis vegetasi didominasi oleh tanaman pertanian.



**Gambar 5.13.** Peta kelas lereng di *catchment area* Jaing sub DAS Negara

Kemiringan dan panjang lereng merupakan dua faktor yang paling berpengaruh terhadap aliran permukaan. Panjang lereng dihitung mulai dari titik pangkal aliran permukaan sampai suatu titik di mana air masuk kedalam saluran atau sungai, atau sampai kemiringan lereng berkurang demikian rupa sehingga kecepatan aliran air berubah.

Kemiringan dinyatakan dalam derajat atau persen. Dua titik yang berjarak horizontal 100 meter mempunyai selisih tinggi 10 meter membentuk lereng 10 persen. Kecuraman lereng 100 persen setara dengan kecuraman 45 derajat, semakin curam lereng semakin memperbesar jumlah dan kecepatan aliran permukaan sehingga memperbesar energi angkut air. Dengan demikian semakin miring lereng maka jumlah aliran permukaan semakin besar.

May dan Lisle (2012) mengemukakan bahwa daerah pegunungan bagian hulu DAS, mempunyai profil sungai yang umumnya lebih cekung dan mempunyai jaringan sungai yang lebih rapat dari bagian hilir DAS, bagian hulu DAS umumnya mempunyai lereng yang lebih curam, demikian

juga Thanapackiam *et al.* (2012), daerah pegunungan bagian hulu DAS, mempunyai profil sungai yang umumnya lebih cekung dan mempunyai jaringan sungai yang lebih rapat dari bagian hilir DAS. Lebih lanjut Pelletier (2012) melaporkan bahwa kemiringan lereng memberikan dampak terhadap penyusunan model yang memprediksi hasil sedimen jangka panjang 128 sungai, faktor yang dipertimbangkan pada penyusunan model ini selain lereng juga curah hujan, tekstur tanah dan penutupan daun.

Cojean dan Cai, (2011) melaporkan bahwa pemanfaatan waduk Three Gorges yang digunakan sebagai pengendali banjir dan mengurangi bahaya longsor, maka lereng menjadi pertimbangan dalam berbagai skenario termasuk pada ketinggian 145 m dengan panjang leter 100 – 150 m. Hussain (2011), analisis frekuensi banjir di Pakistan sebagai negara dengan ekonomi berbasis agro dan memiliki ancaman kelangkaan air, dilakukan pengamatan tujuh stasiun, dalam analisis tersebut digunakan pertimbangan topografi untuk karakteristik stasiun yang heterogen.

### **5.3.2. Upaya Pengendalian Kecuraman Lereng**

Daerah Aliran Sungai (DAS) adalah suatu wilayah daratan yang merupakan satu kesatuan ekosistem dengan sungai dan anak-anak sungainya yang berfungsi menampung, menyimpan, dan mengalirkan air yang berasal dari curah hujan ke danau atau laut secara alami (Undang Undang No 7 tahun 2004 tentang Sumberdaya Air). Curah hujan mencapai permukaan tanah dapat menjadi aliran permukaan, mengalir dari lereng yang curam pada pegunungan hingga lereng yang datar. Oleh karena itu Franti, *et al.* (1998) mengemukakan bahwa terasering dapat mengurangi limpasan permukaan yang sekaligus mengurangi limpasan penggunaan herbisida. Lebih lanjut Gilley *et al.* (2002) menyatakan bahwa pengangkutan nutrisi dan patogen oleh aliran permukaan akibat curah hujan, karena penggunaan pupuk dapat berkurang dengan pembuatan teras.

*Catchment area* Jaing Sub DAS Negara merupakan wilayah tampungan air yang masuk ke *Catchment area* dan melalui proses tata air hingga berakhir pada lautan atau danau, proses pengaliran dipengaruhi oleh kemiringan lereng pada bagian hulu sub DAS hingga bagian hilir sub

DAS. Dalam rangka pengendalian kerawanan dan kejadian banjir, harus dilakukan pengelolaan secara terpadu dan diperlukan kerjasama dari semua golongan masyarakat dan instansi terkait untuk kelestarian lingkungan. Masyarakat bagian hulu sub DAS dapat memanfaatkan sumberdaya alam melalui pertanian lahan kering dan menjaga fungsinya sebagai pengatur tata air, sebagai pemasok air ke bagian hilir sub DAS yang dapat menyebabkan terjadinya banjir.

Kegiatan revolusi hijau melalui reboisasi, hutan desa, hutan kemasyarakatan, hutan rakyat, kegiatan tanaman pertanian dan program revolusi hijau lainnya, diharapkan agar disesuaikan dengan kemampuan dan kesesuaian lahan serta fungsi kawasan yang telah ditetapkan berdasarkan RTRWK dan sesuai SK Menteri Kehutanan No. 435 tahun 2009 tentang penunjukan fungsi kawasan Provinsi Kalimantan Selatan. Sebagaimana di laporkan Xu *et al.* (2011), lahan pertanian dengan kemiringan lereng di atas 15<sup>0</sup> harus dikonversi ke hutan atau padang rumput, selain itu pada lahan pertanian tersebut dilakukan pembuatan teras untuk mencegah kehilangan tanah dan air, tanah dengan sudut kemiringan lereng yang lebih kecil lebih mudah menyerap air, mengurangi aliran permukaan daripada tanah dengan sudut kemiringan lereng lebih besar, hal ini sesuai pernyataan Nan *et al.* (2005) bahwa siklus hidrologi, aliran permukaan dan sedimen di pengaruhi oleh faktor lereng.

Dabney *et al.* (2012) mengemukakan bahwa teras yang dikombinasikan dengan tanaman rumput dapat mengurangi limpasan permukaan dan sedimen dari curah hujan, selanjutnya dinyatakan bahwa tanpa teras dan rumput, maka curah hujan menjadi limpasan > 95 % pada pada kecuraman 5 %.

Thanapackiam *et al.* (2012) mengemukakan bahwa kelas lereng yang lebih rendah mempunyai jaringan sungai yang lebih rendah, maka berdasarkan hal tersebut perlu dilakukan upaya revolusi hijau baik secara vegetatif maupun secara sipil teknis sebagai upaya pengendalian tingginya aliran permukaan kesungai utama pada kejadian curah hujan yang tinggi. Kejadian banjir di bagian hilir sub DAS Negara disajikan pada Gambar 5.14.



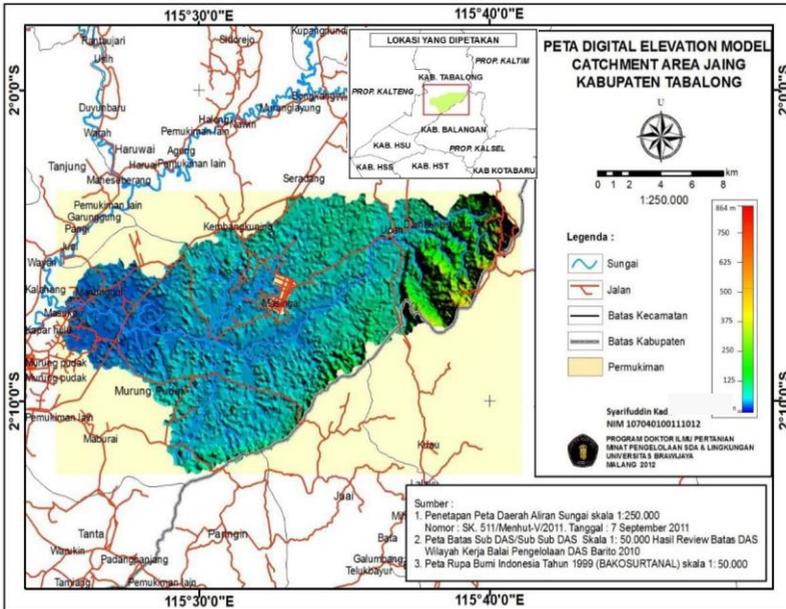
**Gambar 5.14.** Kejadian banjir pada bagian hilir sub DAS Negara.

#### 5.4. Tata Air

Komponen tata air yang terdiri atas kerapatan aliran sungai, debit air dan infiltrasi merupakan faktor yang dapat mempengaruhi terjadinya banjir pada bagian hilir suatu DAS atau sub DAS. *Catchment area* Jaing merupakan bagian dari sub DAS Negara yang pada bagian hilir sub DAS ini terdapat titik banjir di Kabupaten Tabalong 76 desa dan Kabupaten Hulu Sungai Utara 149 desa. Pengaruh tata air terhadap kerawanan banjir dan upaya pengendaliannya di sajikan berikut ini.

##### 5.4.1. Kerapatan Jaringan Sungai

Asdak (2010) menyatakan bahwa kedudukan aliran sungai dapat diklasifikasikan secara sistematis berdasarkan urutan daerah aliran sungai, dimana setiap aliran sungai yang tidak bercabang disebut Sub DAS urutan/ordo pertama. Oleh karena itu, suatu DAS dapat terdiri dari Sub DAS urutan pertama, kedua dan seterusnya. Dalam suatu DAS, anak sungai di bagian atas akan bersambung dengan anak sungai yang lebih besar di bawahnya, yang dapat menghasilkan hidrograf aliran yang menunjukkan respon DAS terhadap curah hujan, yang diwujudkan dalam bentuk kurva hidrograf aliran yang kemudian dapat dimanfaatkan untuk mengevaluasi kondisi hidrologi DAS yang bersangkutan.



**Gambar 5.15.** Peta digital elevation model (DEM) *catchment area* Jaing

Peta jaringan sungai di peroleh melalui peta DEM (*Digital Elevation Model*) yang dihasilkan oleh SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*) dengan bantuan perangkat lunak *Global Mapper*, untuk melihat secara cepat “bentuk permukaan” *catchment area* Jaing sub DAS Negara.

Sebagaimana dijelaskan Singh dan Jeyaseelan (2010), Model Elevasi Digital membantu untuk menilai sumber daya lebih akurat, selain itu DEM untuk mengoreksi jarak spasial karena lereng bergelombang tinggi. Peta DEM *catchment area* Jaing Sub DAS Negara di sajikan pada Gambar 5.15.

### 1. Pengaruh Kerapatan Jaringan Sungai Terhadap Kerawanan Banjir

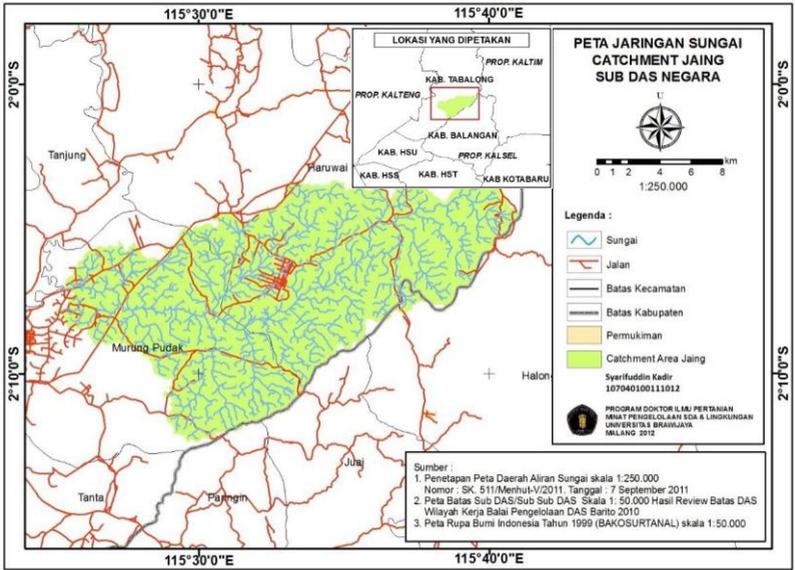
Asdak (2010) mengemukakan bahwa kerapatan drainase adalah panjang aliran sungai per kilometer persegi luas DAS. Selanjutnya Indarto (2010), mengemukakan bahwa kerapatan jaringan sungai adalah jumlah panjang semua sungai dan anak di dalam DAS di bagi dengan luas DAS. Kerapatan jaringan sungai merupakan salah satu karakteristik penting yang perlu diperhatikan untuk mengevaluasi potensi aliran permukaan yang dapat menyebabkan terjadinya banjir. Kerapatan aliran sungai dapat

dihitung dari rasio total panjang jaringan sungai terhadap luas DAS yang bersangkutan. Semakin tinggi tingkat kerapatan aliran sungai, berarti semakin banyak air yang dapat tertampung di badan-badan sungai. Kerapatan aliran sungai adalah suatu angka indeks yang menunjukkan banyaknya anak sungai di dalam suatu DAS (Sriyana, 2011).

Hasil analisis jaringan sungai di *catchment area* Jaing sub DAS Negara diperoleh bahwa panjang seluruh sungai dan anak sungainya 588 km dan luas 258,52 km<sup>2</sup>. Berdasarkan persamaan perhitungan kerapatan jaringan sungai Asdak (2004), Indarto (2010) dan Soewarno (1991), maka diperoleh nilai kerapatan 2,274 km/km<sup>2</sup> yang termasuk klasifikasi kerapatan rendah di *catchment area* Jaing. Bentuk *catchment area* Jaing melebar dengan pola aliran sungai berbentuk dendritik, dan titik pengambilan sampel sebagaimana disajikan pada Gambar 5.16.

Sub DAS yang memiliki kerapatan drainase yang tinggi akan lebih baik kondisi hidrologisnya bila dibandingkan dengan DAS yang kerapatan drainasenya rendah, hal ini disebabkan dengan semakin meningkatnya kerapatan drainase, air hujan akan tersebar merata ke dalam anak – anak sungai dan sebelum masuk ke sungai utama air tersebut mempunyai waktu yang lebih lama dan lebih banyak meresap ke dalam tanah yang pada akhirnya akan meningkatkan ketersediaan air bawah tanah, pada DAS bagian hulu dan tengah (Asdak, 2010 dan Indarto,2010).

Ogden (2011) melaporkan bahwa, hasil penelitian menunjukkan bahwa peningkatan kerapatan drainase pada DAS bagian hilir, menghasilkan peningkatan yang signifikan dalam puncak banjir, terdapat perubahan signifikan dalam debit puncak dan volume limpasan dilihat dengan meningkatkan kerapatan jaringan sungai, selanjutnya kerapatan yang lebih rendah dapat menurunkan menurunkan debit puncak.



Gambar 5.16. Peta jaringan sungai di *catchment area* Jaing

2. Upaya Pengendalian Kerawanan Banjir Akibat Jaringan Sungai

*Catchment area* Jaing memiliki jaringan sungai dengan klasifikasi rendah, hal ini dan pola aliran sungai berbentuk dendritik seperti percabangan pohon dengan ranting-rantingnya terdapat induk *sungai* dan anak-anak-anak *sungai*, percabangan tidak teratur dengan arah dan sudut yang beragam, sebagaimana disajikan dalam bentuk gambar.

Selain itu *catchment area* ini di dominasi oleh lereng yang relatif datar dan landai. Karakteristik jaringan sungai *catchment area* ini menunjukkan bahwa curah hujan yang mencapai permukaan tanah dapat terkonsentrasi pada titik sungai yang memungkinkan terjadinya banjir pada bagian hilir *catchment area* atau sub DAS ini. Oleh karena itu perlu dilakukan upaya rehabilitasi hutan dan lahan secara vegetatif maupun secara sipil teknis pada penggunaan lahan pertanian yang curam, sebagai upaya peningkatan infiltrasi dan mengurangi limpasan permukaan untuk pengendalian kerawanan banjir.

Ansari (2012) mengemukakan bahwa daerah yang memiliki kepadatan rendah seharusnya memiliki permeabilitas tanah yang tinggi dan vegetasi lebat, sub-DAS memiliki tingkat infiltrasi yang tinggi dan limpasan rendah, yang menunjukkan bahwa kontribusi terbesar terhadap sumber daya air bawah tanah. Minkinen dan Laine (1998), menyatakan bahwa dengan bertambahnya pohon dalam keadaan hidup akan meningkatkan keseimbangan karbon (C) melalui perakaran. Selain itu dinyatakan oleh Kitterod (2000) melaporkan bahwa analisis geostatistik untuk mengendalikan aliran permukaan yang diakibatkan oleh persoalan drainase, dapat dilakukan terowongan atau saluran bawah tanah, selain itu dapat dibuat infiltrasi buatan, sebagai upaya mengurangi aliran permukaan.

#### **5.4.2. Debit Air Sungai**

Data debit air merupakan informasi yang paling penting bagi pengelola sumberdaya air. Asdak (2010) mengemukakan bahwa debit air diperlukan untuk penyusunan rencana pengendalian kerawanan pemasok banjir. Selain itu, data debit air aliran kecil diperlukan untuk perencanaan pemanfaatan air keperluan pertanian, perikanan, peternakan dan untuk berbagai macam keperluan lainnya.

Rencana pengelolaan sumber daya air adalah hasil perencanaan secara menyeluruh dan terpadu yang diperlukan untuk menyelenggarakan pengelolaan sumber daya air. Gambar 5.18 Promotor, mahasiswa, kepala desa Pangelak dan pihak Kepolisian Kecamatan Upau berdiskusi tentang debit air, kondisi penggunaan dan penutupan lahan di *catchment area* Jaing (lokasi pengukuran debit air bagian hulu *catchment area* Jaing).



**Gambar 5.17.** Diskusi terkait debit air, kondisi penggunaan lahan dan lokasi penelitian (Kepada Desa Pangelak Kecamatan Upau, Kapolsek Upau, Prof. Dr. Ir. Zaenal Kusuma, S.U., dan Syarifuddin Kadir).

### 1. Debit Air *Catchment Area* Jaing (Stasiun Jaing Hilir) tahun 2011 -2012

Pengukuran debit air dapat dilakukan dengan bantuan alat ukur *current* meter dan metode ini paling banyak dipraktekkan dan berlaku kebanyakan untuk aliran sungai, selain itu pengukuran debit air pada bagian hilir *catchment area* ini dilengkapi bangunan pengukur debit air *automatic* untuk mengetahui tinggi muka air harian. Menurut Papa, Prigent, dan Rossow (2008), penentuan debit air terhadap banjir digunakan data debit air beberapa tahun yang memuat musim hujan dan musim kemarau, untuk menentukan pengaruh debit air sungai terhadap banjir atau genangan dapat digunakan data satelit. Selanjutnya dinyatakan bahwa hasil penelitian diperoleh bahwa periode 1993-2000 menunjukkan perilaku spasial dan temporal karena iklim yang berbeda. Debit air dapat diperkirakan melalui air tanah yang hilang melalui *evapotranspirasi*, namun beberapa parameter lingkungan tahunan yang juga harus dipertimbangkan seperti curah hujan dan suhu (Zhu dan Young, 2009).

Debit air di *catchment area* Jaing dilakukan pengukuran pada bagian hilir, bagian tengah dan bagian hulu menggunakan *current meter*. Analisis perhitungan debit air berdasarkan persamaan Bernoulli (abad 18) atau sering juga dikenal sebagai *the continuity equation*. Pada persamaan

tersebut, nilai debit air (Q) diperoleh dari perkalian antara kecepatan aliran (V) dan luas penampang melintang sungai (A) pada stasiun pengukuran (Asdak, 2010; Indarto, 2010; dan Arsyad, 2010). Selanjutnya Limantara (2010) mengemukakan bahwa jika pengukuran kecepatan arus sungai menggunakan alat pengukur kecepatan (*current meter*), maka sungai tersebut dibagi menjadi beberapa penampang.

**Tabel 5.6.** Debit Air Rata-Rata, Maksimum dan Minimum Setiap Bulan Pada Tahun 2011 dan 2012

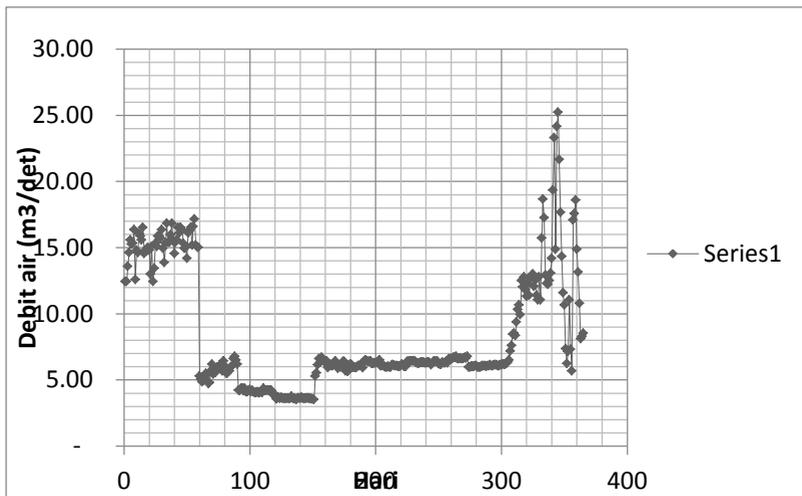
Bulan	Debit Air Q (m <sup>3</sup> /det)					
	Rata-Rata		Maksimum		Minimum	
	2011	2012	2011	2012	2011	2012
Januari	10,07	14,70	14.58	16,51	4.48	12,43
Februari	10,69	15,67	13.15	17,16	7.29	14,18
Maret	11,24	5,64	14.86	6,60	5.80	4,72
April	8,79	4,17	10.27	4,36	5.16	3,93
Mei	4,51	3,62	5.96	3,77	3.75	3,52
Juni	3,90	6,14	4.70	6,71	3.06	5,53
Juli	5,36	6,18	5.86	6,50	4.70	5,93
Agustus	3,25	6,24	3.38	6,44	3.16	6,03
September	4,05	6,47	4.27	6,76	3.79	6,18
Oktober	5,18	6,07	5.65	6,18	4.57	5,98
Nopember	6,03	10,81	9.07	15,720	4.40	6,50
Desember	9,84	14,17	13.59	25,22	7.77	5,68

Sumber: - PT Adaro Indonesia 2012 (Debit air tahun 2011) - Hasil analisis data penelitian 2013 (Debit air tahun 2012)

Hasil analisis data debit air rata-rata, maksimum dan minimum setiap bulan pada tahun 2011 dan 2012 disajikan pada Tabel 5.6, selanjutnya hidrograf debit air sungai tahun 2011 disajikan pada Lampiran 2. Hidrograf debit air tahun 2012 disajikan pada Gambar 5.19.

Berdasarkan data debit air sungai selama dua tahun yaitu tahun 2011 sampai 2012, stasiun pengukuran di *catchment area* Jaing bagian hilir, diperoleh bahwa debit tertinggi 25,22 m<sup>3</sup>/det dan debit air terendah 3,06 m<sup>3</sup>/det, sehingga dinyatakan bahwa debit air selama periode 2011 sampai 2012 diperoleh Koefisien Regime Sungai (KRS) 8,2 (< 50), berdasarkan standar evaluasi oleh Kementerian Kehutanan (2009<sup>b</sup>) termasuk kriteria baik.

Debit air *catchment Area* Jaing sub DAS Negara Tahun 2011, sebagaimana disajikan pada Tabel 18, terlihat bahwa 120 hari pertama (Januari – April) rata-rata debit air 8,79 – 10,07 m<sup>3</sup>/det, selanjutnya 180 hari (Mei – Oktober) debit air 3,25 - 5,18 m<sup>3</sup>/det, sedangkan 60 hari berikutnya (Nopember – Desember) debit air 6,03 – 9,84 m<sup>3</sup>/det.



**Gambar 5.18.** Hidrograf debit air *catchment area* Jaing sub DAS Negara tahun 2012 (stasiun pengukuran debit air pada Sungai Jaing Hilir)

Data debit air tersebut di atas terlihat bahwa Nopember – April 2011 aliran permukaan tergolong tinggi karena pada bulan ini termasuk musim hujan, sedangkan Mei – Oktober debit air lebih rendah karena

bulan ini termasuk musim kemarau yang jumlah curah hujan lebih rendah dari musim hujan sebagai sumber aliran permukaan yang menjadi debit air sungai.

Hidrograf debit air *catchment area* Jaing sub DAS Negara Tahun 2012, sebagaimana disajikan pada Gambar 5.19 terlihat bahwa 60 hari pertama (Januari-Pebruari) debit air 14,70 – 15,67 m<sup>3</sup>/det, dan 240 hari berikutnya (Maret-Oktober) debit air 3,62 - 6,47 m<sup>3</sup>/det, sedangkan 60 hari terakhir (Nopmber-Desember) debit air 10,81- 14,17 m<sup>3</sup>/det. Data debit air tersebut di atas terlihat bahwa debit air tergolong tinggi hanya 120 hari (Januari - Pebruari dan Nopember - Desember) karena pada bulan ini termasuk musim curah hujan tinggi, sedangkan Maret – Oktober debit air lebih rendah karena bulan ini termasuk musim kemarau yang jumlah curah hujan lebih rendah dari musim hujan sebagai sumber aliran permukaan yang akan menjadi debit air sungai. Pengukuran debit air bagian tengah *catchment area* Jaing di sajikan pada Gambar 5.20.



**Gambar 5.19.** Pengukuran debit air bagian tengah *catchment area* Jaing sub DAS Negara menggunakan *current meter* (stasiun pengukuran debit air)

## 2. Debit dan Tinggi Muka Air (TMA) rata-rata bulan Mei – Juli 2012 (Stasiun Hilir, Tengah dan Hulu)

Debit dan tinggi muka air selama tiga bulan (mei-Juli) 2012 diukur setiap hari di *catchment area* Jaing bagian hulu, bagian tengah dan bagian

hilir. Rata-rata debit dan tinggi muka air bagian hulu, tengah dan hilir disajikan pada Tabel 5.7.

**Tabel 5.7.** Debit dan Tinggi Muka Air (TMA) Rata-Rata Bulan Mei – Juli 2012 (Stasiun Jaing Hilir, Tengah dan Hulu)

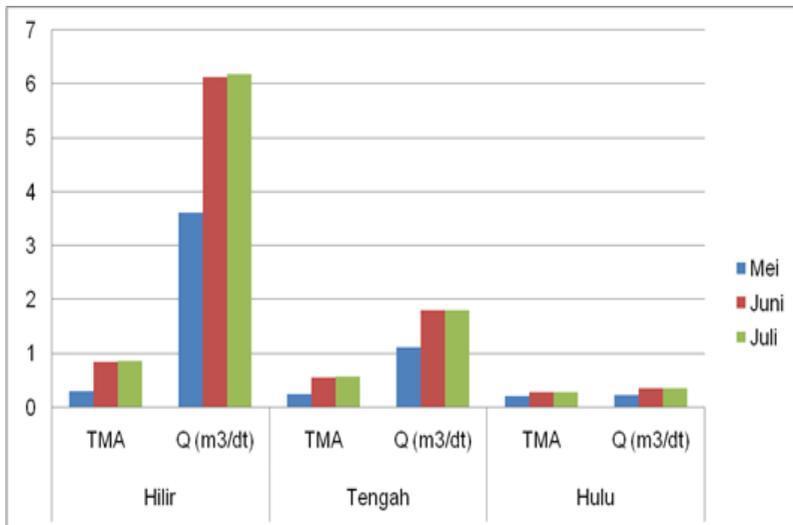
Bulan	Debit air (Q) dan TMA Catchment area Jaing						Rata-rata Q (m <sup>3</sup> /dt)
	Hilir		Tengah		Hulu		
	TMA	Q (m <sup>3</sup> /dt)	TMA	Q (m <sup>3</sup> /dt)	TMA	Q (m <sup>3</sup> /dt)	
Mei	0,303	3,615	0,261	1,129	0,220	0,241	1,662
Juni	0,851	6,139	0,569	1,808	0,287	0,364	2,770
Juli	0,860	6,183	0,573	1,817	0,286	0,360	2,787
Jumlah	2,014	15,937	1,403	4,754	0,793	0,965	
Rata-rata	0,671	5,312	0,468	1,585	0,264	0,322	

Berdasarkan hasil pengukuran selama tiga bulan (Mei - Juli) 2012, dapat dinyatakan bahwa debit rata-rata di *catchment area* Jaing bagian hilir mempunyai debit air tertinggi 5,312 m<sup>3</sup>/dt dan terendah pada bagian hulu 0,322 m<sup>3</sup>/dt. Bagian hilir suatu DAS atau *catchment area* yang mempunyai bentuk percabangan sungai dendritik, yang menunjukkan bahwa debit air sungai terkonsentrasi ke bagian hilir, dengan demikian pada bagian hilir mempunyai sejumlah debit air yang lebih besar dari bagian sungai tengah maupun bagian hulu, terlihat bahwa bagian hulu *catchment* mempunyai debit air terendah. Selanjutnya rata-rata debit air yang terdapat pada stasiun pengukuran debit air (hulu, tengah dan hilir) untuk Mei 1,66 m<sup>3</sup>/det, Juni 2,770 m<sup>3</sup>/det dan Juli 2,787 m<sup>3</sup>/det. Debit air pada bulan Mei adalah debit air terendah, hal ini karena pada bulan Mei termasuk musim kemarau dengan curah hujan rata-rata 110-200 mm, sedangkan juli sudah mendekati musim hujan yang bulan ini sudah mulai terjadi curah hujan dengan jumlah dan periodik yang lebih lebih tinggi. Grafik debit air dan TMA setiap bulan disajikan pada Gambar 5.21.

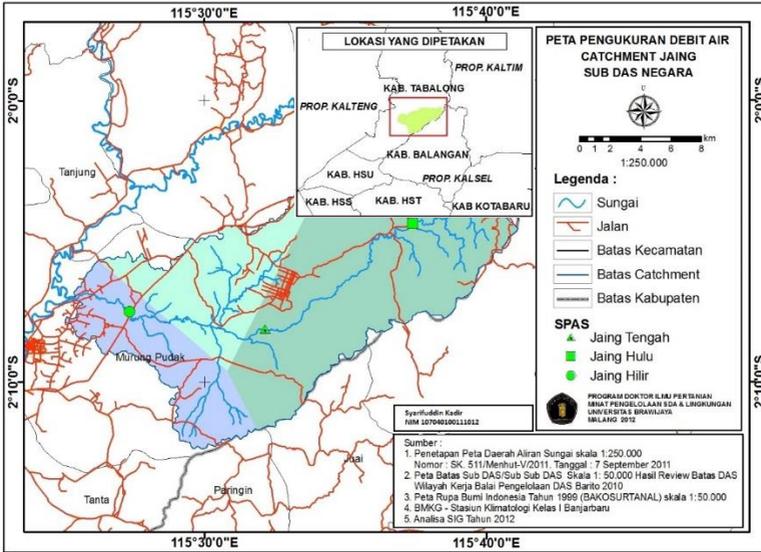
*Catchment area* Jaing terdiri atas satu sungai utama dan empat anak sungai lainnya yang tersebar bagian hulu sampai hilir *catchment area* ini yaitu; adalah: 1) Sungai Jaing hulu; 2) Sungai luwoyou Baruh; 3) Sungai

Luwungin; 4) Sungai Haulan besar; 5) Sungai haulan halu; 6) Sungai Datu; 7) Sungai Masingai; dan 8) Sungai Warah. Sungai Jaing adalah sungai utama yang bermuara di sungai Tabalong (sungai utama sub DAS Negara).

Berdasarkan pada beberapa sub *catchment area*, setiap anak sungai mengalirkan sejumlah debit air ke bagian hilir melalui sungai utama, sehingga pada bagian hilir *catchment area* ini diperoleh hasil pengukuran debit air sebagaimana disajikan pada Gambar 33, terlihat bahwa debit air pada bulan Mei – Juli bagian hilir 3,615 - 6,183 m<sup>3</sup>/dt, bagian tengah 1,129 – 1,817 m<sup>3</sup>/dt dan bagian hulu 0,220 – 0,281 m<sup>3</sup>/dt. Setiap stasiun pengukuran debit air (bagian hulu, tengah dan hilir) di tempatkan alat pengukur TMA yang disesuaikan dengan kondisi pinggir sungai yang mudah terbaca. TMA yang diukur setiap hari pada bagian hulu dan tengah (catatan tenaga lokal) serta hilir selama penelitian menjadi dasar perhitungan debit air. Peta pengukuran TMA dan debit air disajikan pada Gambar 5.22.



**Gambar 5.20.** Grafik TMA dan debit air setiap bulan (Mei-Juli) di *catchment area* Jaing Sub DAS Negara



Gambar 5.21. Peta pengukuran debit air (bagian hulu, tengah dan hilir).



Gambar 5.22. Pengukuran debit air menggunakan *current meter*.

3. Upaya menormalkan fluktuasi debit air untuk pengendalian kerawanan banjir

Daerah rawan banjir adalah daerah yang mudah atau mempunyai kecenderungan untuk terlanda banjir. Daerah dataran banjir adalah daerah dataran rendah di sisi sungai yang memiliki elevasi sangat landai dan relatif datar.

Aliran air menuju sungai yang lambat akibat dataran banjir ini, mengakibatkan daerah tersebut rawan terhadap banjir baik oleh luapan air sungai maupun karena hujan lokal. Bencana banjir umumnya terjadi terutama pada daerah yang dilalui sungai besar dengan debit banjir yang besar.

Ma *et al.* (2010) mengemukakan bahwa untuk pengendalian banjir dapat dilakukan pembangunan saluran air dan membuat puncak banjir buatan, hal ini bermanfaat untuk menyalurkan sedimen, untuk meningkatkan volume sungai, hasil percobaan menunjukkan bahwa daya tampung sungai meningkat dari 3.800 m<sup>3</sup>/det ke lebih dari 5.500 m<sup>3</sup>/det. Karamouz *et al.* (2009) mengemukakan bahwa model yang diusulkan untuk meminimalkan kerusakan akibat banjir dan biaya berdasarkan pengelolaan banjir yang optimal ialah dengan mempertimbangkan kerusakan akibat banjir, hasil ini juga menunjukkan nilai yang signifikan dengan menggunakan pendekatan probabilistik dalam pengelolaan banjir dan aplikasi dalam pengambilan keputusan. Banjir menyebabkan kerusakan yang signifikan pada populasi lokal dan infrastruktur yang sebagian besar disebabkan, kegiatan pertanian dan industri struktural dekat sungai, terutama dalam periode ulang 25 tahun. Upaya pengendalian banjir berdasarkan parameter hidrograf debit air, estimasi kualitatif dan kuantitatif perubahan bentuk hidrograf debit merupakan salah satu parameter untuk melakukan upaya pengendalian banjir dengan membuang air PLTA, dalam beberapa tahun dengan berbagai jenis banjir terjadi penurunan yang signifikan (Polonskii dan Solodovnikova, 2009).

*Catchment area* Jaing sub DAS Negara seluas 25.852,12 ha, yang terdiri atas 11 jenis penutupan lahan dengan curah hujan rata-rata selama 10 tahun (2003 - 2012) sebesar 1.523,24 mm/thn, sebagai pemasok debit air rata-rata tertinggi 25,50 m<sup>3</sup>/det dan debit air terendah 3,06 m<sup>3</sup>/det selama tahun 2011 - 2012, debit air terkonsentrasi pada bagian hilir *catchment area* ini, sebagaimana hasil pengukuran selama 3 bulan yang diperoleh pada Tabel 33. *catchment area* Jaing sebagai pemasok rawan banjir pada bagian hilir sub DAS Negara, yang berdasarkan Balitbangda Propinsi Kalimantan Selatan bahwa periode 2007 - 2010 terdapat kejadian banjir pada bagian hilir sub DAS Negara di Kabupaten Tabalong 79 Desa dan di Kabupaten Hulu Sungai Utara 149 Desa.

Berdasarkan data tersebut diatas, Agar kualitas dan kuantitas air (fluktuasi debit air normal) dan terkendalinya kejadian banjir pada bagian hilir sub DAS Negara, maka pada *catchment area* Jaing yang termasuk bagian hulu sub DAS Negara, perlu adanya upaya pemanfaatan lahan sesuai peruntukannya termasuk pengembangan lahan pertanian, selain itu perlunya upaya pengurangan limpasan permukaan untuk mengurangi ancaman banjir pada bagian hilir sub DAS ini. Sebagaimana Manale (2000) mengemukakan bahwa banjir telah menyebabkan miliaran dolar dalam kerusakan daerah penduduk terkait dengan sistem sungai dalam beberapa tahun terakhir. Limpasan yang berhubungan dengan banjir telah mengakibatkan penurunan kualitas air di hilir.

Penyimpanan sementara limpasan pada lahan pertanian di dataran tinggi daerah aliran sungai selama periode ketika risiko banjir tinggi, dapat memberikan manfaat ekologi melalui mengurangi limpasan sedimen, kehilangan karbon tanah, dan pemuatan nutrisi ke permukaan air, pada saat yang sama waktu mengurangi ancaman banjir di daerah hilir.

Manajer sumber daya lokal, regional atau industri asuransi konsorsium bisa membangun kontrak dengan petani untuk menyimpan limpasan oleh sementara penyumbatan selokan, sistem drainase, dan praktek yang sama sampai ancaman banjir telah berlalu. Sebagai imbalannya, para petani akan dibayar jumlah yang meliputi hilangnya potensi pendapatan bersih dan biaya kesempatan dari penggunaan lahan untuk periode penyimpanan limpasan. Lebih lanjut dinyatakan bahwa peta topografi akan digunakan untuk memperkirakan kapasitas penyimpanan limpasan air, data pada bidang petani dan data hidrograf akan digunakan untuk memperkirakan volume air dari curah hujan yang harus disimpan untuk mencegah bencana banjir di daerah hilir.

### 5.4.3. Infiltrasi

#### 1. Pengukuran infiltrasi

Pengukuran infiltrasi dilakukan untuk menentukan pengaruh infiltrasi terhadap kerawanan pemasok banjir, infiltrasi dapat mengurangi laju aliran permukaan sehingga volume air sungai dapat menjadi normal dan pada gilirannya mengendalikan kerawanan banjir pada bagiali hilir suatu DAS atau sub DAS.

Eze, Eni, dan Comfort (2011) melaporkan bahwa pengukuran infiltrasi dapat menggunakan infiltrometer cincin ganda dengan cincin bagian luar diameter 50 cm dan bagian dalam diameter 30 cm dan memiliki ketinggian 30 cm di atas tanah. Nurmi *et al.* (2012) pengukuran infiltrasi pada petak percobaan menggunakan metode *double ring infiltrometer*, sampel tanah yang di analisis pada Laboratorium Tanah. Sofyan (2006) mengemukakan bahwa *double ring infiltrometer* merupakan suatu alat untuk pengukuran infiltrasi.

Syukur (2009) melaporkan bahwa pengamatan laju infiltrasi ini dilakukan dengan menggunakan metode infiltrasi cincin ganda (*double ring infiltrometer*).

Persiapan pengukuran infiltrasi disajikan pada laju infiltrasi ini dilakukan dengan menggunakan metode infiltrasi cincin ganda (*double ring infiltrometer*). Persiapan pengukuran infiltrasi disajikan pada Gambar 5.24 dan 5.25.



**Gambar 5.23.** Persiapan pengukuran infiltrasi



**Gambar 5.24.** Pengukuran infiltrasi di *catchment area* Jaing pada waktu bersamaan kegiatan supervisi promotor Prof. Zaenal Kusuma, S.U.

Pengukuran infiltrasi pada penelitian ini digunakan double ring infiltrometer Sebagaimana disajikan pada Gambar 5.25, cincin bagian luar (*outer ring*) diameter 50 cm dan cincin bagian dalam (*inner ring*) diameter 30 cm. Pengambilan sampel tanah secara komposit pada kedalaman 0-20 cm menggunakan bor tanah dan di analisis untuk mengetahui tekstur tanah di laboratorium tanah Balai Penelitian Pertanian Lahan Rawa Banjarbaru.

## 2. Analisis Infiltrasi

a. Model eksponensial digunakan untuk melihat kurva hubungan laju infiltrasi pada berbagai penggunaan lahan dengan waktu, sebagaimana Wibowo (2011), menyatakan bahwa pemodelan statistik hubungan debit dan kandungan sedimen dapat menggunakan model eksponensial, demikian juga Sofyan (2006) mengemukakan bahwa kurva hubungan laju infiltrasi ( $f$ ) dan waktu terjadinya ( $t$ ) pada lahan hutan, tegalan dan agroforestri dapat diperoleh menggunakan model eksponensial. Kurva hubungan infiltrasi pada penggunaan lahan karet dan waktu terjadinya. Penelitian ini menggunakan model eksponensial dari kapasitas infiltrasi ( $f$ ) ialah  $f = \alpha e^{-\beta t}$  dimana;  $f$  : Kapasitas infiltrasi  
 $\alpha, \beta$  : Konstanta  $t$  : waktu

### b. Kapasitas ( $f$ ) dan volume infiltrasi ( $v$ )

Arsyad (2010) dan Asdak (2010) mengemukakan bahwa untuk memudahkan dalam interpretasi data, maka data infiltrasi yang diperoleh dari hasil pengukuran di lapangan disajikan dalam bentuk yang lebih sederhana dengan memformulasi data-data tersebut ke dalam model persamaan infiltrasi yang dikembangkan oleh Horton (1938)

Arsyad (2010) mengemukakan bahwa kapasitas infiltrasi dapat dimanfaatkan untuk menduga limpasan permukaan sebagai sumber kejadian banjir, maupun dalam perencanaan konservasi tanah dan air. Selain itu data kapasitas infiltrasi suatu unit lahan atau *catchment area*, menjadi acuan perencanaan pelaksanaan pengendalian kerawanan banjir (Ruslan, Kadir dan Sirang, 2013). Selanjutnya Zhan, Ng, dan Fredlund (2007) melaporkan bahwa konservasi menggunakan rumput pada lahan terbuka dapat meningkatkan kapasitas infiltrasi.

Pengukuran kapasitas infiltrasi dilakukan pada penggunaan lahan karet alam dan karet unggul masing-masing tiga kali ulangan pada tekstur tanah lempung berliat dan tekstur tanah lempung berpasir, Kurva kapasitas infiltrasi dibangun dari data hasil pengukuran infiltrasi menggunakan model Horton (1938). Horton mengakui bahwa kapasitas infiltrasi berkurang seiring dengan bertambahnya waktu hingga mendekati nilai yang konstan. Ia menyatakan pandangannya bahwa penurunan

kapasitas infiltrasi lebih dikontrol oleh faktor yang beroperasi di permukaan tanah dibanding dengan proses aliran di dalam tanah (Lado *et al.*,2005). Rata-rata hasil analisis kapasitas Infiltrasi pada berbagai penggunaan dan penutupan lahan di *catchment area* Jaing, disajikan pada Tabel 5.8.

**Tabel 5.8.** Rata-rata Kapasitas Infiltrasi Pada Berbagai Penggunaan dan Penutupan Lahan di *Catchment Area* Jaing.

No	Penggunaan & penutupan lahan	fo (mm/jam)	fc (mm/jam)	f (mm/jam)
1	Hutan lahan kering sekunder	169	73	80
2	Hutan tanaman	159	67	68
3	Semak belukar	162	47	51
4	Perkebunan	150	42	43
5	Pemukiman	114	13	13
6	Tanah terbuka	10	1	1
7	Pertanian lahan kering	113	52	52
8	Pertanian lahan kering campur semak	166	76	80
9	Sawah	15	2	2
10	Tambang	9	1	1

Keterangan:

fo = Rata-rata kapasitas Infiltrasi saat awal

fc = Rata-rata kapasitas infiltrasi saat konstan

f = Rata-rata kapasitas infiltrasi atau laju maksimum air masuk ke dalam tanah

Pada Tabel 5.8 terlihat bahwa penggunaan dan penutupan lahan mempunyai kapasitas infiltrasi yang berbeda, namun demikian kapasitas infiltrasi dapat diklasifikasikan menjadi empat kelompok penggunaan lahan sesuai Lee (1986) dan Kohnke (1968). Peta lokasi pengukuran infiltrasi disajikan pada Gambar 16.

- a. Hutan sekunder, hutan tanaman dan pertanian lahan kering campur semak (65 – 125 mm/jam).
- b. Perkebunan, pertanian lahan kering dan semak belukar (20 – 65 mm/jam)
- c. Pemukiman (5 – 20 mm/jam)
- d. Sawah, lahan terbuka, dan pertambangan (1 – 5 mm/jam)

Hasil analisis diperoleh bahwa kapasitas infiltrasi tertinggi pada penggunaan lahan hutan lahan kering sekunder dan pertanian lahan kering campur semak, sedangkan terendah adalah tanah terbuka dan tambang. Tabel 20, terlihat bahwa vegetasi mempunyai peranan yang penting untuk kapasitas infiltrasi. Hasil pengukuran infiltrasi pada berbagai penggunaan dan penutupan lahan diperoleh bahwa infiltrasi semakin bertambah waktu semakin berkurang hingga mendekati konstan, sedangkan rata-rata nilai infiltrasi saat mendekati konstan disajikan pada Tabel 35.

Laju infiltrasi hasil pengukuran di *catchment area* Jaing, sesuai Nurmi *et al.* (2012), laju infiltrasi dan aliran permukaan sebagai respon perlakuan konservasi vegetatif pada pertanaman Kakao berkurang hingga konstan seiring dengan bertambahnya waktu dan rata-rata konstan pada menit ke 60. Selanjutnya Wirosoedarmo, Suharto dan Hijriyati (2009), laju infiltrasi pada penggunaan lahan jagung, eucalyptus dan lahan kosong berkurang hingga konstan dan perbedaan laju infiltrasi karena perbedaan porositas. Syukur (2009), laju infiltrasi setiap waktu, dapat menunjukkan kurva hubungan antara laju infiltrasi, IR (cm) dan waktu pengamatan, T (jam) dan mencapai konstan rata-rata sekitar menit ke 45.

Wibowo (2010), pengaruh waktu terhadap infiltrasi besar sekali, makin lama waktu pengukuran infiltrasi maka makin kecil laju infiltrasi. Asdak (2010), jumlah air yang masuk ke dalam tanah melalui proses

infiltrasi dipengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain tekstur dan struktur tanah, tipe vegetasi dan tumbuhan bawah, faktor-faktor tersebut berinteraksi sehingga mempengaruhi infiltrasi dan aliran permukaan. Penduduk *Catchment area* Jaing, jenis tanaman karet sangat diminati oleh masyarakat termasuk etnis Dayak Deah di bagian hulu catchment area ini, karena selain dapat meningkatkan kesejahteraan juga berfungsi sebagai pengatur tata air yaitu meningkatkan kapasitas infiltrasi, sebagaimana hasil analisis menggunakan model persamaan Horton (1938) yang disajikan pada Tabel 5.9.

**Tabel 5.9.** Nilai Infiltrasi Karet Alam dan Karet Unggul di *Catchment Area* Jaing

No.	Lokasi	t	Fc	k	f	v
1	Karet alam-1	1,08	74,5	2,930	78,958	114,945
2	Karet alam-2	0,92	72,5	2,630	81,576	102,032
3	Karet alam-3	0,92	80,0	6,210	80,210	83,792
<b>Rata-rata</b>			<b>75,67</b>		<b>80,248</b>	<b>100,256</b>
4	Karet Unggul-1	0,83	54,2	7,220	54,402	56,177
5	Karet Unggul-2	0,92	37,5	6,740	37,638	44,569
6	Karet Unggul-3	0,83	64,4	6,450	64,637	61,167
<b>Rata-rata</b>			<b>52,033</b>		<b>52,226</b>	<b>53,971</b>

Masyarakat dayak di *catchment area* ini melakukan budidaya karet alam yang turun temurun di kembangkan sebagai tanaman pertanian di lahan kering yang bercampur dengan tanaman buah-buahan dan tanaman lainnya untuk meningkatkan kesejahteraan. Karet unggul dibudidayakan dengan metode yang lain, karena budidaya karet unggul.

Berdasarkan hal tersebut di atas, maka terlihat pada Tabel 5.9 bahwa karet alam mempunyai nilai kapasitas dan volume infiltrasi lebih besar dari karet unggul, karena karet alam persatuan lokasi lebih rapat dan terdapat tanaman sela yang meningkatkan kemampuan menyimpan air

sehingga laju infiltrasi lebih tinggi, selain itu dapat disebabkan karena besarnya *evapotranspirasi*. Pengukuran infiltrasi pada kajian ini dilakukan setiap lima menit, hal ini sesuai Madrid *et al.* (2006) mengemukakan bahwa pengukuran infiltrasi menggunakan sebuah cincin logam melingkar dengan interval lima menit atau 0,083 jam.

### 3. Volume infiltrasi

Berdasarkan hasil pengukuran infiltrasi pada berbagai penutupan lahan di lapangan, selanjutnya dilakukan analisis untuk mengetahui volume infiltrasi. Hasil analisis volume infiltrasi di *catchment area* Jaing disajikan pada Tabel 5.10.

**Tabel 5.10.** Rata-Rata Volume Infiltrasi Pada Berbagai Penggunaan dan Penutupan Lahan di *Catchment Area* Jaing.

No	Penggunaan dan penutupan lahan	Infiltrasi saat awal (fo) mm/jam	Infiltrasi saat konstan (fc) mm/jam	Volume infiltrasi (v) mm <sup>3</sup>
1	Hutan lahan kering sekunder	168,57	73,200	106,659
2	Hutan tanaman	158,97	67,367	67,280
3	Semak belukar	162,17	47,33	78,638
4	Perkebunan	150,17	42,233	58,586
5	Pemukiman	114,00	12,867	30,243
6	Tanah terbuka	10,00	1,07	3,35
7	Pertanian lahan kering (Karet unggul)	113,67	52,033	53,971
8	Pertanian lahan kering campur semak (Karet alam)	166,0	75,67	100,256
9	Sawah	15,00	1,83	4,83
10	Tambang	8,70	1,03	2,35

Pada Tabel 5.10 terlihat bahwa volume infiltrasi tertinggi pada penutupan lahan hutan lahan kering sekunder  $106,659 \text{ mm}^3$ , sedangkan yang terendah pada tanah terbuka  $3,35 \text{ mm}^3$ . Nurmi *et al.* (2012) mengemukakan bahwa lokasi penelitian yang memiliki volume infiltrasi yang rendah, dapat disebabkan karena tingginya kadar liat tanah yang ditunjukkan oleh hasil analisis tekstur tanah. Selanjutnya Wibowo (2010), laju infiltrasi semakin lama semakin kecil, hal ini disebabkan karena tanah makin jenuh dan sebagian rongga tanah sudah terisi oleh tanah- tanah yang lembut.

Hasrullah (2009) melaporkan bahwa volume dan kapasitas infiltasi pada tanah lempung lebih besar dari tanah berpasir, karena perubahan volume pori tanah lempung lebih besar dengan bertambahnya kadar air tanah, sebaliknya pada tanah pasir kandungan air dalam tanah lebih kecil karena sifat pasir yang kurang menyerap, sehingga angka pori juga kecil dan perubahan volume yang terjadi akibat adanya air tidak menyebabkan tanah mengembang. Nurmi *et al.* (2012), hasil penelitian infiltrasi dan aliran permukaan sebagai respon perlakuan konservasi vegetatif pada tanaman kakao menyatakan bahwa volume infiltrasi (vt) pada penutupan lahan kakao 17,31 mm dan 18,69 mm.

Untuk kepentingan tata air, maka tanah berliat lebih baik karena lebih banyak menyimpan air dibanding tanah berpasir, hal ini sesuai Wakindiki dan Ben-Hur (2002) mengemukakan bahwa tanah berliat mempunyai proporsi agregat yang lebih besar dibanding tanah berpasir. Selanjutnya Kim, Chon, dan Lee (2004), mengemukakan bahwa tanah liat mempunyai tekstur yang lebih halus, sedangkan tanah berpasir mempunyai tekstur yang lebih kasar. Laju infiltrasi menurun dengan peningkatan *bulk density* dan dengan penurunan porositas berisi udara. Dengan demikian, sejumlah besar pori makro meningkatkan laju infiltrasi dan mengurangi limpasan permukaan (Yang dan Zhang, 2011).

Eze, Eni, dan Comfort (2011) melaporkan bahwa laju infiltrasi penutupan lahan hutan dapat mencapai 158,8 mm/jam, tanah berpasir lebih tinggi dari penutupan lahan dengan vegetasi yang tidak rapat dan lahan terbuka yang mempunyai nilai masing-masing 66,5 dan 8,43

mm/jam. Lokasi dengan curah hujan yang cukup tinggi terjadi infiltrasi 500 - 850 mm/thn bahkan lokasi yang lebih tinggi terjadi infiltrasi 1.500 – 2000/tahun (Scozzafava dan Tallini, 2001).

Berdasarkan pernyataan hasil penelitian sebelumnya, maka pada penelitian dilakukan kajian pengaruh terstruktur tanah pada penutupan lahan karet alam dan karet unggul di *catchment area* Jaing. Hasil analisis kapasitas dan volume infiltrasi disajikan pada Tabel 5.11.

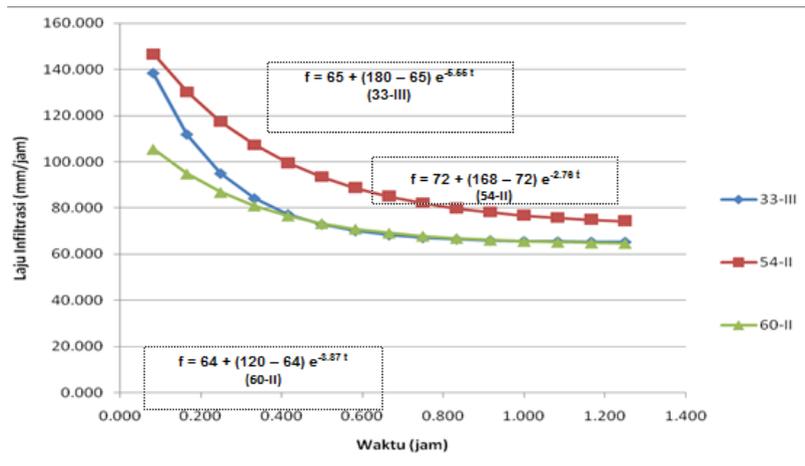
**Tabel 5.11.** Kapasitas dan Volume Infiltrasi Pada Penutupan Lahan Karet Alam dan Unggul di *Catchment Area* Jaing Sub DAS Negara

No	Lokasi/ Ulangan	Infiltrasi saat konstan (fc)	Kapasitas infiltrasi (f)	Volume infiltrasi (vt)
<b>Karet alam tekstur lempung berliat</b>				
1	33.III	60.000	60.260	84.080
2	54.II	72.000	78.078	104.581
3	60.II	64.000	65.169	78.168
	<b>Rata- rata</b>	<b>65.333</b>	<b>67.835</b>	<b>88.943</b>
<b>Karet unggul tekstur lempung berliat</b>				
4	51.II	48.913	49.325	60.931
5	51.II-a	51,000	57.445	74.190
6	59.II	29.348	31.142	42.626
	<b>Rata- rata</b>	<b>43.087</b>	<b>45.971</b>	<b>59.249</b>
<b>Karet alam tekstur lempung berpasir</b>				
7	42.I	75,00	77.282	107.136
8	49.II	60.684	61.399	93.375
9	49.II-a	88.889	90.920	115.786
	<b>Rata- rata</b>	<b>74.858</b>	<b>76.534</b>	<b>105.106</b>
<b>Karet unggul tekstur lempung berpasir</b>				
10	58.II	66.265	76.284	104.755
11	58.II-a	75.904	79.939	84.243
12	58.II-b	70.652	71.289	74.872
	<b>Rata- rata</b>	<b>70.940</b>	<b>75.837</b>	<b>87.957</b>

Pada Tabel 5.11 terlihat bahwa karet alam tekstur lempung berliat, rata-rata laju kapasitas infiltrasi 67,835 mm/jam dan volume infiltrasi 88,943 mm/jam atau 889,429 m<sup>3</sup>/ha/jam. Karet unggul tekstur lempung berliat, rata-rata laju kapasitas infiltrasi 45.971 mm/jam dan volume

infiltrasi 59,249 mm/jam atau 592,494 m<sup>3</sup>/ha/jam. Karet alam tekstur lempung berpasir rata-rata laju kapasitas infiltrasi 76,125 mm/jam dan volume infiltrasi 105.106 mm/jam atau 1.051,062 m<sup>3</sup>/ha/jam.

Karet unggul tekstur lempung berpasir, rata-rata laju kapasitas infiltrasi 75,792 mm/jam dan volume infiltrasi 87,957 mm/jam atau 879,569 m<sup>3</sup>/ha/jam. Sesuai Asdak (2010), laju infiltrasi dipengaruhi oleh gaya gravitasi yang dibatasi oleh besarnya diameter pori-pori tanah, selain itu dinyatakan bahwa tekstur mempengaruhi proses infiltrasi. Rayes (2007), tekstur lempung berliat termasuk kedalam kelompok tekstur agak halus, sedangkan tekstur lempung berpasir termasuk kedalam tekstur agak kasar. Grafik kapasitas infiltrasi penggunaan lahan karet alam pada tekstur lempung berliat disajikan pada Gambar 5.26.



**Gambar 5.25.** Grafik kapasitas infiltrasi pada setiap penggunaan lahan karet alam pada tekstur lempung berliat

Keterangan:

- f : kapasitas infiltrasi laju maksimum air masuk kedalam tanah
- 180 (f<sub>0</sub>) : kapasitas Infiltrasi saat awal
- 65 (f<sub>c</sub>) : kapasitas infiltrasi saat mendekati nilai konstan
- e : tetapan 2,718

-5.55 (-K) : nilai konstanta untuk jenis tanah dan penutupan lahan yang di teliti  
t : waktu

Kadir *et al.* (2020) menyatakan bahwa hasil pengukuran infiltrasi di sub DAS Banyu Irang DAS Maluka pada tutupan lahan alang-alang diperoleh kapasitas infiltrasi tertinggi pada unit lahan UL 26 sebesar 21,431 mm/jam dan volume infiltrasi tertinggi pada unit lahan UL 5 sebesar 11,676 (mm<sup>3</sup>) pada kelereng 8-15% dan pada satuan peta tanah Kandiudox dan Eutrudepts, Udifluvents, sedangkan hasil pengukuran infiltrasi pada tutupan lahan alang-alang diperoleh kapasitas infiltrasi terendah pada unit lahan UL 32 sebesar 1,444 mm/jam dan volume infiltrasi terendah 1,017 (mm<sup>3</sup>) pada kelereng 15-25% dan pada satuan peta tanah Kandiudox, Hapludox.

Alang-alang (*Imperata cylindrica*) adalah rumput berdaun tajam yang tumbuh di lahan pertanian, dan di tepi jalan. Bagi petani alang-alang sangat merugikan karena dapat menurunkan hasil akibat dari persaingan dengan tanaman budidaya dalam menyerap nutrisi. Alang-alang sangat sulit untuk dikendalikan karena berkembang biaknya sangat cepat dan mudah. Alang-alang merupakan sejenis rumput berdaun tajam yang kerap menjadi gulma di lahan pertanian dan merugikan, namun dibalik itu terdapat khasiat untuk menyembuhkan berbagai penyakit, seperti mimisan, radang ginjal. Selain itu alang-alang dapat mengurangi aliran permukaan sehingga memungkinkan meningkatnya infiltrasi.

Alang-alang merupakan salah satu jenis vegetasi tutupan lahan yang dapat berfungsi meningkatkan infiltrasi dan mengurangi aliran permukaan pada suatu kawasan. Arsyad (2010) menyatakan bahwa penutupan tanah dengan vegetasi dapat meningkatkan laju infiltrasi pada suatu lahan.

Hasrullah (2009) melaporkan bahwa volume dan kapasitas infiltrasi pada tanah lempung lebih besar dari tanah berpasir, karena perubahan volume pori tanah lempung lebih besar dengan bertambahnya kadar air tanah. Wakindiki dan Ben-Hur (2002) mengemukakan bahwa tanah berliat mempunyai proporsi agregat yang lebih besar dibanding tanah berpasir.

Selanjutnya Kim, Chon, dan Lee (2004), mengemukakan bahwa alang-alang pada tanah liat mempunyai tekstur yang lebih halus, sedangkan tanah berpasir mempunyai tekstur yang lebih kasar.

#### 4. Upaya peningkatan kapasitas dan volume infiltrasi

Untuk pengendalian kerawanan banjir di *catchment area* ini, dikembangkan tanaman karet alam, karena hasil kajian menyatakan bahwa jenis ini mempunyai kapasitas dan volume infiltrasi yang lebih tinggi, dan aliran permukaan yang lebih rendah, selain itu jenis karet alam dapat meningkatkan kesejahteraan masyarakat.

Hasil kajian ini dinyatakan bahwa rata-rata laju kapasitas dan volume infiltrasi karet alam masing-masing 72,185 mm/jam atau 970,246 m<sup>3</sup>/ha/jam lebih besar dari karet unggul masing-masing 60,904 mm/jam atau 736,031 m<sup>3</sup>/ha/jam, hal ini karena di antara tegakan karet alam lebih rapat dan terdapat tumbuhan lain yang dengan perakarannya memperbanyak dan memperbesar pori-pori tanah. Berdasarkan kategori Lee (1986), klasifikasi rata-rata laju kapasitas infiltrasi karet alam tergolong agak cepat (65-125 mm/jam), sedangkan karet unggul tergolong sedang (20-65 mm/jam).

Hasil analisis statistik dinyatakan jenis tekstur tanah signifikan terhadap kapasitas dan volume infiltrasi, selain itu dinyatakan jenis karet alam pada lokasi pengukuran pada tekstur lempung berliat maupun pada tekstur lempung berpasir tetap mempunyai nilai lebih besar dari pada karet unggul. Sesuai Cho *et al.* (2009), analisis statistik pengaruh lokasi pengukuran pada penggunaan lahan dengan jenis tanah dalam DAS tidak signifikan.

Penggunaan lahan jenis karet terdapat signifikan terhadap infiltrasi, sehingga diharapkan agar lahan terbuka dan lahan miring dijadikan kebun karet alam yang dapat meningkatkan infiltrasi juga mengurangi sedimen, sesuai Zhang *et al.* (2008) mengemukakan bahwa langkah yang efektif dalam penurunan debit sedimen ketika cakupan vegetasi diperluas pada lahan pertanian yang miring dan lahan terbuka.

Infiltrasi merupakan bagian dari siklus hidrologi yang mempunyai peranan penting untuk mengurangi aliran permukaan yang dapat berdampak kerawanan banjir pada bagian hilir DAS. Hasil kajian ini terlihat bahwa karet alam mempunyai volume infiltrasi lebih besar dari karet alam, maka dalam rangka pembukaan lahan untuk perkebunan karet di harapkan diprioritaskan jenis karet alam, karena selain fungsinya sebagai pengatur tata air yang lebih baik juga perkebunan karet alam yang di lakukan oleh masyarakat Dayak Deah dapat ditanami tanaman buah-buahan dan tanaman lainnya yaitu tanaman sela.

Carlson dan Toby (2004) melaporan bahwa peningkatan jumlah penduduk yang diikuti dengan peningkatan pembangunan penutup tanah dapat meningkatkan aliran permukaan. Semakin besar air hujan yang masuk ke dalam tanah, berarti semakin kecil limpasan permukaan yang terjadi, sehingga besarnya banjir dapat ditekan. Peningkatan kualitas tanah dan penutupan tajuk yang semakin rapat mengakibatkan penurunan limpasan permukaan dan erosi (Suprayogo *et al.*, 2004).

Perubahan karakteristik tanah perkotaan sebagai akibat dari pertambahan penduduk berdampak pada infiltrasi dan lingkungan yang dapat menyebabkan kejadian banjir, infiltrasi pada kriteria lambat dan sangat lambat karena pemadatan tanah, sebaliknya jumlah aliran permukaan lebih besar (Yang dan Zhang, 2011). Nurmi *et al.* (2012) mengemukakan bahwa proses infiltrasi merupakan peristiwa masuknya air ke dalam tanah melalui permukaan tanah. Semakin tinggi air hujan yang terinfiltrasi ke dalam tanah, maka jumlah air yang tersedia akan semakin banyak dan air yang mengalir sebagai AP akan semakin rendah.

Perkebunan karet alam meningkatkan aliran permukaan 32 % dari curah hujan, lebih rendah dari karet unggul 48 %, karena pada karet alam terdapat sejumlah tanaman sela termasuk rerumputan yang dengan perakaran dan serasah dan lainnya, sehingga meningkatkan infiltrasi dan mengurangi aliran permukaan. Rumput mempunyai kemampuan sangat penting untuk mengurangi limpasan permukaan dan mengendalikan erosi tanah (Rachman *et al.*,2004). Sebagaimana Caron *at al.* (2010), terjadi

penurunan aliran permukaan 40 – 60 % dengan adanya rumput sebagai zona penyangga.

Vegetasi penutupan lahan lebih efektif dalam mengurangi volume limpasan permukaan dan meningkatkan infiltrasi (Self-Davis *et al.* 2003). Madrid *et al.* (2006) mengemukakan bahwa penebangan hutan atau pengurangan penutupan hutan dapat meningkatkan limpasan permukaan. Barungi *et al.* (2013) mengemukakan bahwa peningkatan sektor pertanian diperlukan adopsi teknologi untuk mengurangi degradasi lahan yang dapat berdampak pada kerusakan lingkungan, karena menurut Bin *at al.* (2008) menyatakan bahwa aliran permukaan pada lahan pertanian dan padang rumput lebih cepat terjadi dibanding lahan hutan, hal ini menunjukkan bahwa hutan memiliki kapasitas infiltrasi lebih besar.

Berkebun karet merupakan bentuk kearifan masyarakat Dayak Deah bagian hulu sub DAS Negara untuk kelestarian lingkungan dan untuk meningkatkan kesejahteraan. Karet alam dapat mengurangi aliran permukaan, infiltrasi yang lebih besar untuk pengendalian kerawana pemasok banjir ke bagian hilir sub DAS Negara dibandingkan dengan karet unggul, sehingga perlu adanya regulasi luasan dan adopsi teknologi perkebunan karet alam.

Para pengusaha yang memanfaatkan sumberdaya alam hutan dan lahan, serta usaha pertambangan diharapkan menjadi pelaku deforestasi yang memprioritaskan pada lahan yang kosong dan tidak produktif, selain itu masyarakat yang bermukim disekitar kawasan hutan melakukan upaya budidaya tanaman kehutanan atau tanaman tahunan. Jenis tanaman karet yang mempunyai daya adaptabilitas tinggi dapat menjadi tanaman yang berperan sebagai *buffer zone*. Upaya deforestasi dan budidaya tanaman kehutanan atau tanaman tahunan selain berfungsi untuk kepentingan ekologis, ekonomis yang dapat meningkatkan kesejahteraan masyarakat, dan menurunkan emisi GRK, juga dapat mengurangi perambahan kawasan hutan dan meningkatkan infiltrasi di catchment area ini.

## 5.5. Lahan Kritis

### 5.5.1. Pengaruh Lahan Kritis Terhadap Kerawanan Banjir

Lahan kritis merupakan lahan yang tidak produktif, meskipun dikelola, produktivitasnya sangat rendah, lahan ini telah mengalami kerusakan sehingga berkurang fungsinya sebagai pengatur media pengatur tata air. Lahan kritis dapat terjadi akibat degradasi lahan dan atau *deforestasi*. Direktur Jenderal Rehabilitasi Lahan dan Perhutanan Sosial (2009) menyatakan bahwa *degradasi* DAS adalah hilangnya nilai, termasuk menurunnya potensi produksi lahan dan air yang diikuti tanda-tanda perubahan watak hidrologi sistem sungai (kualitas, kuantitas, kontinuitas).

Bukhari dan Febryano (2008) mengemukakan bahwa usaha-usaha pertanian tradisional yang dilakukan dengan mengkonversi lahan hutan menjadi lahan pertanian, sering menjadi penyebab terjadinya lahan kritis. Taddese (2001), mengemukakan bahwa degradasi lahan adalah ancaman besar bagi masa depan dan membutuhkan usaha yang besar dan sumber daya untuk memperbaiki. Penyebab utama degradasi lahan di Ethiopia adalah peningkatan penduduk yang cepat, erosi yang tinggi, *deforestasi*, tutupan vegetasi rendah.

Penggunaan lahan yang tidak tepat dan kepemilikan lahan meningkatkan hilangnya keanekaragaman hayati. Symeonakis, Calvo-Cases, dan Arnau-Rosalen (2007) melaporkan bahwa erosi potensial dan limpasan permukaan menunjukkan peningkatan yang signifikan antara tahun 1956 dan 2000 bagian tenggara Spanyol, sebagai akibat dari degradasi lahan.

Saygin *et al.* (2011) menyatakan bahwa, degradasi lahan karena erosi tanah merupakan salah satu masalah yang paling serius. Selanjutnya dinyatakan bahwa evaluasi degradasi lahan dapat ditentukan dengan menggunakan pemodelan geostatistik. Arribas *et al.* (2003) mengemukakan bahwa hasil simulasi menunjukkan bahwa dampak kerusakan lahan pada iklim Iberi Semenanjung tergantung pada faktor-faktor lokal (intensitas degradasi dan lokasi geografis), selain itu

dinyatakan peningkatan suhu permukaan hampir linear berkaitan dengan intensitas degradasi, sebaliknya terjadi penurunan curah hujan.

Feng *et al.* (2004) mengemukakan bahwa degradasi lahan adalah proses mengurangi lahan potensial produktivitas, keanekaragaman hayati dan mengurangi kelayakan ekonomi, degradasi lahan telah menjadi salah satu masalah ekologi paling serius di dunia. Degradasi lahan merupakan kerugian jangka panjang fungsi ekosistem dan jasa, hilangnya kapasitas produktif tanah dan habitat satwa liar (Metternicht *et al.*, 2010).

Adeoye dan Ayeni (2010) menyatakan bahwa *deforestasi* didorong oleh berbagai faktor, dan telah menghasilkan perubahan penggunaan lahan yang mengancam keanekaragaman hayati, air dan sumber daya energi. Hasil percobaan menunjukkan bahwa efek penggundulan hutan tidak hanya lokal, pada wilayah yang lebih luas pada musim hujan, efeknya bisa digambarkan sebagai peningkatan kecepatan angin dan temperatur, dan sebagai penurunan uap air. Selain itu, penggundulan hutan cenderung meningkatkan gerakan naik, dan, karenanya, cenderung mengurangi tekanan permukaan (Omer, Wang, dan Wang, 2004). Kepemilikan lahan dan penambahan penduduk mendorong *deforestasi* (Rueda, 2010).

Degradasi dan *deforestasi* mengancam kelestarian lingkungan, menurunkan produktivitas lahan, menurunkan keanekaragaman hayati, peningkatan suhu permukaan dan perubahan curah hujan. *Degradasi* dan *deforestasi* berdampak lokal dan wilayah yang lebih luas. Sebagaimana Bowyer (1997) melaporkan bahwa hutan tropis yang terdapat di 52 negara dan 5 benua di dunia yang menempati 6% dari luas daratan dunia, dan sekitar 50 % dari total luas hutan tropis tersebut, terbanyak pada negara Brasil, Zaire, dan Indonesia dan harus dilestariakan untuk kelestarian lingkungan dan untuk kesejahteraan masyarakat.

Perkiraan terbaru menempatkan laju kehilangan hutan tropis secara global pada 42 juta hektar per tahun, tingkat kerugian setara dengan sekitar 0,9% per tahun. Analisis *degradasi* dan *deforestasi* dapat menggunakan GIS. Sebagaimana dinyatakan Rashid, Lone, dan Romshoo (2011) mengemukakan bahwa penilaian *degradasi* lahan dapat diketahui

berdasarkan pendapat para ahli dan atau menggunakan analisis tren Curah Hujan (Sonneveld *at al.*, 2012). Parameter penilaian degradasi lahan ialah vegetasi, lereng dan penggunaan/penutupan lahan menggunakan GIS. Adeoye dan Ayeni (2010) menganalisis pola spasial dan temporal deforestasi lebih periode 25 tahun menggunakan GIS.

### **5.5.2. Lahan Kritis di *Catchment Area* Jaing Sub DAS Negara**

Penilaian lahan kritis mengacu kepada metode penetapan lahan kritis sesuai Peraturan Direktur Jenderal Rehabilitasi Lahan dan Perhutanan Sosial (RLPS) No. SK.167/V-SET/2004 tanggal 22 September 2004, tentang petunjuk teknis penyusunan data spasial lahan kritis. Hasil analisis lahan kritis di *Catchment area* Jaing disajikan pada Tabel 24 dan 25, sedangkan parameter penilaian lahan kritis terdiri atas: a) penutupan lahan; b) erosi; c) lereng; dan d) manajemen disajikan pada Lampiran 30.

### **1. Tingkat Kekritisan Lahan Berdasarkan Wilayah Administrasi Di *Catchment Area* Jaing Tahun 2013**

Kajian tingkat kekritisan lahan di *catchment area* Jaing dilakukan sebagai bagian dari 5 faktor penentuan kerawanan banjir. Hasil kajian tingkat kekritisan lahan berdasarkan wilayah administrasi disajikan pada Tabel 5.12.

**Tabel 5.12.** Tingkat Kekritisan Lahan Berdasarkan Wilayah Administrasi

No	Kelas Kekritisan Lahan	Kab. Tabalong			Kab. Balangan			Total (ha)
		Kecamatan (ha)			Kecamatan (ha)			
		MP	Haruai	Upau	Pr	Juai	Hlg	
1	Tidak Kritis	-	-	-	-	-	-	-
2	Potensial Kritis	4.009,9	1.700,8	3.074,8			140,0	8.925,6
3	Agak Kritis	4.873,4	2.819,2	6.350,8		8,2	96,8	14.148,4
4	Kritis	1.705,2	627,1	208,9	14,5	9,6		2.565,4
5	Sangat Kritis	109,5	55,7	43,2	4,3			212,7
Jumlah		10.698,0	5.202,9	9.677,7	18,8	17,8	136,9	25.852,1

Keterangan: MP = Murung Puduk, Hlg = Halong, Pr = Paringin

Lahan kritis adalah lahan yang dikategorikan sangat kritis dan kritis yang berada di dalam dan di luar kawasan hutan yang telah menurun fungsinya sebagai unsur produksi dan media pengatur tata air DAS (Peraturan Menteri Kehutanan No. P.63/Menhut-II/2011 Tentang Pedoman Penanaman Bagi Pemegang Izin Pinjam Pakai Kawasan Hutan Dalam Rangka Rehabilitasi DAS). *Catchment area* Jaing terdapat lahan kritis 2.778,10 ha. Secara administrasi yang termasuk di Kabupaten Tabalong terdiri atas tiga kecamatan.

Lahan kritis yang terluas di kecamatan Murung Puduk 1.814,70 ha. Wilayah kecamatan Murung Puduk terletak pada bagian hilir *catchment area* ini yang penduduknya lebih banyak, sehingga luas lahan untuk pemukiman dan untuk pertanian serta usaha lainnya dengan lahan terbuka yang memungkinkan terjadinya lebih luas lahan dengan kriteria kritis.

*Catchment area* Jaing yang termasuk di Kabupaten Balangan terdiri atas tiga kecamatan. Lahan kritis yang terluas di kecamatan Paringin 18,8 ha. Wilayah Kecamatan Paringin terletak pada bagian hilir *catchment area* ini yang penduduknya lebih banyak karena kecamatan ini merupakan ibukota Kabupaten Balangan, sehingga luas lahan untuk pemukiman dan untuk pertanian serta usaha lainnya dengan lahan terbuka yang memungkinkan terjadinya lebih luas lahan dengan kriteria kritis.

## **2. Tingkat Kekritisan Lahan Berdasarkan Fungsi Kawasan Di *Catchment Area* Jaing Tahun 2013**

Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 26 Tahun 2007 tentang penataan ruang menyatakan bahwa: “Kawasan adalah wilayah yang memiliki fungsi utama lindung atau budidaya. Kawasan lindung merupakan kawasan yang ditetapkan dengan fungsi utama untuk melindungi kelestarian lingkungan hidup yang mencakup sumberdaya alam dan sumberdaya buatan. Kawasan budidaya adalah kawasan yang ditetapkan dengan fungsi utama untuk dibudidayakan atas dasar kondisi dan potensi sumberdaya alam, sumberdaya manusia, dan sumberdaya buatan. Hasil kajian tingkat kekritisan lahan berdasarkan fungsi kawasan di *catchment area* Jaing sub DAS Negara disajikan pada Tabel 5.13.

**Tabel 5.13.** Tingkat Kekritisan Lahan Berdasarkan Fungsi Kawasan

No	Kelas Kekritisan Lahan	Fungsi Kawasan (ha)			Total (ha)
		Kawasan hutan lindung	Kawasan lindung luar kawasan hutan	Kawasan budidaya	
1	Tidak Kritis				
2	Potensial Kritis	971,2	335,7	7.618,7	8.925,6
3	Agak Kritis	1.029,4	9.571,4	3,547,7	14.148,4
4	Kritis		2.203,6	361,7	2.565,4
5	Sangat Kritis		212,7		212,7
Jumlah		2.000,6	12.323,4	11.528,1	25.852,1

Pada Tabel 5.13, terlihat bahwa berdasarkan fungsi kawasan, maka kelas kekritisan lahan yang dominan di *catchment area* ini adalah agak kritis seluas 14.148,4 ha, sedangkan lahan kritis seluas 2.778,10 ha. Berdasarkan fungsi kawasan terlihat bahwa kawasan hutan lindung tidak terdapat lahan dengan kriteria kritis, namun pada kawasan hutan lindung luar kawasan hutan terdapat lahan kritis 2.416,30 ha, dan lahan kritis pada kawasan budidaya 361,70 ha.

### 5.5.3. Tingkat Kekritisan Lahan Tahun 2003, 2009 dan 2013.

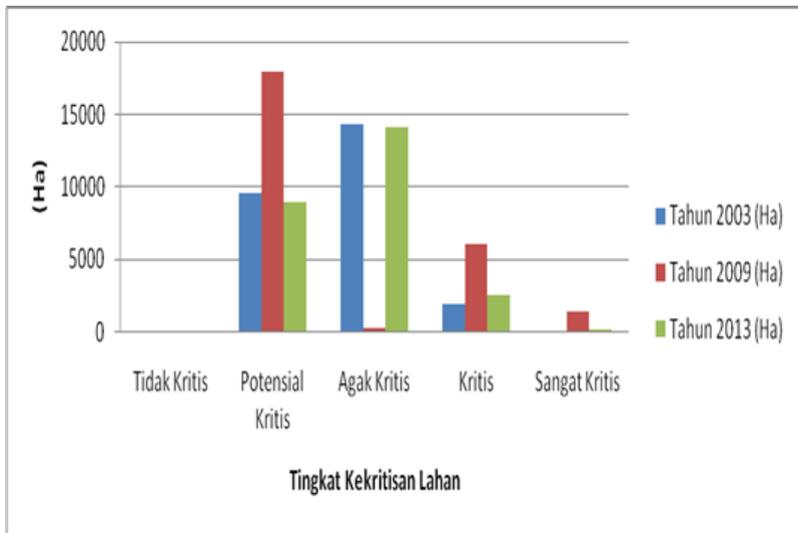
Klasifikasi tingkat kekritisan lahan di *catchment area* Jaing tahun 2003, 2009 yang diperoleh dari BPDAS Barito dan tingkat kekritisan lahan hasil analisis tahun 2013 disajikan pada Tabel 5.14 dan Gambar 5.14.

**Tabel 5.14.** Tingkat Kekritisan Lahan Tahun 2003, 2009 dan 2013 di *Catchment Area* Jaing Sub DAS Negara.

No	Kelas Kekritisan Lahan	Tahun 2003		Tahun 2009		Tahun 2013	
		Ha	%	ha	%	Ha	%
1	Tidak Kritis						
2	Potensial Kritis	9.618,4	37,2	17.922,4	68,9	8.925,6	34,5
3	Agak Kritis	14.296,0	55,3	357,7	1,4	14.148,4	54,7
4	Kritis	1.937,6	7,5	6.120,5	22,8	2.565,4	9,9
5	Sangat Kritis			1.451,5	7,00	212,7	0,8
Total		25.852,1	100,0	25.852,1	100,0	25.852,1	100,0

Sumber: BPDAS Barito 2009 (Data lahan kritis tahun 2003 dan 2009).

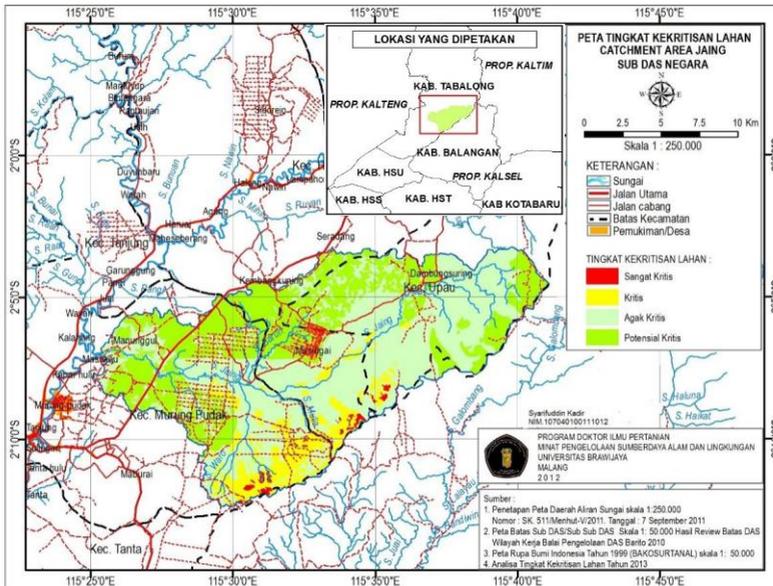
Pada Tabel 5.14, Terlihat bahwa tingkat kekritisan lahan, potensial lahan kritis tertinggi pada tahun 2009 (68,9 %), agak kritis tertinggi tahun 2003 (55,3 %) dan 2013 (54,7 %), sedangkan lahan kritis dan sangat kritis tertinggi tahun 2009. Pada Gambar 38 terlihat bahwa secara keseluruhan lahan kritis di *catchment area* ini tertinggi pada tahun 2009 (29,8 %), sedangkan yang terendah tahun 2013 (10,7%), hal ini menunjukkan bahwa periode 2010 hingga pada tahun 2013 terjadi kegiatan rehabilitasi hutan dan lahan sehingga menurunkan tingkat kekritisan lahan.



**Gambar 5.26.** Tingkat kekritisan lahan tahun 2003, 2009 dan 2013 di *catchment area* Jaing sub DAS Negara.

Pada Gambar 5.27, Terlihat bahwa hasil analisis tingkat kekritisan lahan tahun 2013 tersebar pada beberapa lokasi secara mengelompok di *catchment area* Jaing. Kritis dan sangat kritis tersebar pada bagian tengah hilir (areal pertambangan) dan beberapa bagian lainnya, agak kritis dominan tersebar pada bagian hulu dan tengah (areal pertanian lahan kering yang di dominasi karet unggul dan sawit), sedangkan potensial kritis tersebar pada bagian hulu (kawasan hutan) dan bagian tengah atas dan bagian hilir (areal yang didominasi pertanian karet alam, hutan tanaman).

Upaya untuk mereklamasi atau mengelola lahan kritis harus dipertimbangkan tingkat kerusakan yang terjadi. Reklamasi lahan kritis dapat dilakukan dengan tanaman penghijauan, sistem penanaman jalur penyekat dan pembuatan teras. Peta hasil analisis tingkat kekritisan lahan *catchment area* Jaing disajikan pada Gambar 5.28.



Gambar 5.27. Peta lahan kritis *catchment area* Jaing Sub DAS Negara

#### 5.5.4. Upaya Pengendalian Lahan Kritis Untuk Pengendalian Kerawanan Pemasok Banjir

Peraturan Menteri Kehutanan (2010) menyatakan bahwa lahan kritis adalah lahan yang berada di dalam dan di luar kawasan hutan yang telah mengalami kerusakan, sehingga kehilangan atau berkurang fungsinya sampai pada batas yang ditentukan atau diharapkan. Upaya penanggulangan lahan kritis melalui rehabilitasi hutan dan lahan (revolusi hijau) adalah upaya untuk memulihkan, mempertahankan dan meningkatkan fungsi hutan dan lahan sehingga daya dukung, produktivitas dan peranannya dalam mendukung sistem penyangga kehidupan tetap terjaga. revolusi hijau dapat dilakukan sebagai berikut:

- 1) Reboisasi adalah upaya pembuatan tanaman jenis pohon hutan pada kawasan hutan rusak yang berupa lahan terbuka, alang-alang atau semak belukar dan hutan rawang untuk mengembalikan fungsi hutan.
- 2) Penghijauan adalah kegiatan revolusi hijau yang dilaksanakan di luar kawasan hutan.

- 3) Penghijauan lingkungan adalah usaha untuk menghijaukan lahan dengan melaksanakan penanaman lahan terbuka, jalur hijau, halaman tempat ibadah, perkantoran, sekolah, pemukiman, sempadan sungai.

Dalam melaksanakan kegiatan revolusi hijau maka perencanaan merupakan tahapan awal yang harus dilalui. Peraturan Menteri Kehutanan (2009) menyatakan bahwa perencanaan revolusi hijau sebagaimana diamanatkan dalam Peraturan Pemerintah No. 76 Tahun 2008 terdiri atas:

- 1) Rencana Teknis Rehabilitasi Hutan dan Lahan Daerah Aliran Sungai RTn-revolusi hijau-DAS),
- 2) Rencana Pengelolaan Rehabilitasi Hutan dan Lahan (RP-revolusi hijau), dan
- 3) Rencana Tahunan Rehabilitasi Hutan dan Lahan (revolusi hijau).

Rueda (2010) mengemukakan bahwa konservasi merupakan suatu upaya yang dapat dilakukan untuk mengurangi laju deforestasi. Selain itu, Bukhari dan Febryano (2008) melaporkan bahwa sistem agroforestri dapat dilakukan oleh masyarakat pada lahan-lahan kritis, merupakan sistem agroforestri tradisional yang dikelola menurut kondisi dan kearifan lokal. Desain agroforestri pada lahan kritis menurut lanskap, direkomendasikan untuk jenis tanaman berkayu.

BPDAS Barito (2009) menyatakan bahwa sumberdaya hutan yang telah terjadi hingga saat ini menimbulkan dampak yang cukup luas, meliputi aspek lingkungan, ekonomi, kelembagaan dan sosial politik. Aktivitas masyarakat seperti *illegal logging* dan penyerobotan lahan hutan, dapat menyebabkan deforestasi dan memacu terjadinya bencana alam banjir dan tanah longsor pada musim penghujan, kebakaran dan kekeringan pada musim kemarau, serta pencemaran air sungai, pendangkalan waduk, abrasi pantai, dan tidak berfungsinya sarana pengairan sebagai akibat sedimentasi yang berlebihan.

Keberadaan lahan dan sumber daya air merupakan aspek penting dan strategis dalam kehidupan manusia dan makhluk hidup lainnya. Akan tetapi persoalan lahan kritis dan sumber daya air (SDA) di Indonesia sampai saat sekarang terus terjadi seiring bertambahnya jumlah penduduk dan terus berlangsungnya kegiatan pembangunan. Persoalan lahan kritis

akan berakibat pada terjadinya erosi dan pendangkalan aliran sungai, tidak mempunyai lahan untuk menyimpan air, terjadinya banjir di daerah hilir sungai, lahan menjadi tidak produktif, dan akibat selanjutnya mendegradasi produktivitas kehidupan.

Saifillaili (2013) mengemukakan bahwa lebih lanjut dinyatakan bahwa upaya penanganan lahan kritis yang telah dilakukan selama ini telah membawa hasil, tetapi tampaknya hasil yang diperoleh tidak sebanding dengan kecepatan berkembangnya kerusakan lahan kritis yang terjadi. Untuk itu usaha yang perlu terus dilakukan yaitu mengembangkan kegiatan penanganan lahan kritis dan sumber daya air yang berbasis pada kegiatan masyarakat (*community based development*).

Program Penanganan Lahan Kritis dan Sumber Daya Air Berbasis Masyarakat (PLKSDA-BM) merupakan program fasilitasi dari Direktorat Jenderal Bina Pembangunan Daerah, Kementerian Dalam Negeri untuk pemerintah kabupaten/kota dalam melaksanakan program penanganan lahan kritis dan sumber daya air, yang bertujuan untuk memperbaiki lahan berpotensi kritis menjadi lahan produktif yang menghasilkan nilai ekonomis dalam upaya meningkatkan kesejahteraan masyarakat miskin dengan melibatkan kerjasama dengan multipihak (pemerintah, masyarakat, perguruan tinggi, dan LSM).

Lahan kritis adalah lahan yang terdapat pada kawasan lindung dan atau kawasan budidaya yang telah mengalami kerusakan sehingga berkurang fungsinya untuk fungsi produksi hasil pertanian dan fungsi tata air. Fungsi produksi berkaitan dengan fungsi tanah sebagai sumber unsur hara bagi tumbuhan dan fungsi tata air berkaitan dengan fungsi tanah sebagai media infiltrasi, penyimpanan air tanah untuk kebutuhan budidaya tanaman dan untuk proses siklus hidrologi.

Terjadinya erosi pada suatu lahan akan menyebabkan berubahnya lahan potensial yang meningkatkan tingkat kekritisannya lahan. Lahan yang telah mengalami erosi, tingkat kesuburannya berkurang, sehingga kurang baik untuk pertumbuhan tanaman dan produktivitasnya juga rendah.

Dalam rangka untuk menghindari dan mengendalikan bahaya yang ditimbulkan oleh adanya lahan kritis tersebut, pemerintah Indonesia telah mengambil kebijakan, yaitu melakukan rehabilitasi dan konservasi lahan-lahan kritis di Indonesia. Selain itu upaya penanggulangan lahan kritis diharapkan dapat dilaksanakan sebagai berikut.

- a. Pemanfaatan lahan se-optimal mungkin bagi pertanian, perkebunan, peternakan, dan usaha lainnya,
- b. Pengendalian erosi melalui pembuatan bangunan sipil teknis seperti pembuatan teras, dam pengendali, saluran pembuangan air dan lainnya,
- c. Penghijauan pada kawasan budidaya dan reboisasi pada kawasan hutan
- d. Reklamasi lahan bekas pertambangan secara *vegetatif* dan atau sipil teknis,
- e. Perlu adanya usaha ke arah program kali bersih dan normalisasi sungai bagian hilir (kawasan lindung diluar hutan),
- f. Pengolahan DAS secara terpadu dengan melibatkan instansi terkait,
- g. Pengembangan keanekaragaman hayati untuk kelestarian lingkungan dan untuk meningkatkan kesejahteraan masyarakat,
- h. Perlu adanya regulasi untuk pencegahan terjadi lahan kritis baik dalam kawasan hutan maupun di luar kawasan hutan (RTRWP/K, RPJMP/D),
- i. Perlu adanya monev secara berkala dengan melibatkan instansi terkait, dan
- j. Perlu perencanaan secara terpadu dalam rangka pengelaaan DAS atau sub DAS

Saygin *et al.* (2011), degradasi lahan karena erosi tanah dan kekritisian lahan merupakan salah satu masalah yang paling serius. Arribas *et al.* (2003), simulasi menunjukkan bahwa dampak kerusakan lahan pada iklim Iberi Semenanjung tergantung pada faktor-faktor lokal (intensitas degradasi dan lokasi geografis), selain itu dinyatakan peningkatan suhu permukaan hampir linear berkaitan dengan intensitas degradasi, sebaliknya terjadi penurunan curah hujan.

Feng *et al.* (2004) mengemukakan bahwa degradasi lahan adalah proses mengurangi lahan potensial produktivitas, keanekaragaman hayati

dan mengurangi kelayakan ekonomi dan meningkatkan kekritisan lahan, degradasi lahan telah menjadi salah satu masalah ekologi paling serius di dunia. Degradasi lahan merupakan kerugian jangka panjang fungsi ekosistem dan jasa, hilangnya kapasitas produktif tanah dan habitat satwa liar (Metternicht *et al.*, 2010).

Kadir (2015) menyatakan bahwa lahan dengan kriteria lahan kritis akan diarahkan penggunaannya dengan menggunakan jenis tanaman kehutanan dengan penutupan lahan hutan tetap dipertahankan serta ditingkatkan pemeliharaan atau pengamanannya bersama masyarakat.

Kadir *et al.* (2020) menyatakan bahwa pada tutupan lahan alang-alang dengan rata-rata TBE rendah (I-R) sampai sangat berat (IV-SB) dan berbagai persentase kelerengan, melalui perhitungan kekritisan lahan pada kawasan budidaya pertanian, maka hasil analisis diperoleh klasifikasi kekritisan tertinggi adalah: sangat kritis dengan total nilai faktor penentuan kekritisan lahan sejumlah 200, sedangkan terendah pada TBE rendah (I-R) dengan berbagai persentase kelerengan adalah potensial kritis dengan total nilai faktor penentuan kekritisan lahan sejumlah 360 - 380. Selanjutnya dinyatakan **bahwa tutupan lahan alang-alang di sub DAS Banyu Irang mempunyai klasifikasi lahan kritis yg lebih tinggi dari pada tutupan lahan hutan sekunder dan perkebunan.**

# BAB VI

## KERAWANAN BANJIR SUB DAS NEGARA DAS BARITO

---

---

### 6.1 Kerawanan Banjir di *Catchment Area* Jaing Sub DAS Negara

Paimin *et al.* (2009) mengemukakan bahwa identifikasi kerawanan banjir terdiri atas identifikasi daerah rawan terkena banjir (kebanjiran) dan daerah pemasok rawan banjir (potensi rawan banjir). *Catchment area* Jaing yang merupakan pemasok air dengan jumlah debit yang tinggi ke bagian hilir sub DAS Negara menyebabkan tidak mampunya sungai menampung air, sehingga menyebabkan terjadinya luapan sungai, genangan pada bagian kiri dan kanan sungai. Selain itu dengan tingginya jumlah debit air dapat menyebabkan terjadinya aliran selain aliran sungai bahkan kelokasi lainnya yang semestinya tidak menjadi aliran air (Pemerintah Kabupaten Kotabaru, 2007)

Banjir merupakan peristiwa yang terjadi ketika aliran air yang berlebihan merendam daratan yang dominan terjadi pada dataran rendah. Banjir sebagai perendaman sementara oleh air pada daratan yang biasanya tidak terendam air, hal ini diakibatkan oleh karena volume air di suatu badan air seperti atau danau yang meluap atau menjebol bendungan sehingga air keluar dari batasan alaminya yang dapat menyebabkan kerusakan lingkungan dan kehidupan manusia.

Kim dan Choi (2011) mengemukakan bahwa banjir berpotensi bahaya dan ancaman terhadap lingkungan, kehidupan manusia, dan sarana prasarana, sehingga perlu dilakukan kajian terhadap intensitas curah hujan dengan durasi-frekuensi indeks banjir. Daerah rawan banjir merupakan kawasan yang sering atau berpotensi tinggi mengalami bencana banjir. Kerentanan atau kerawanan potensi banjir merupakan suatu rangkaian kondisi yang menentukan apakah parameter alami dan manajemen berpotensi menyebabkan banjir (Paimin *et al.*, 2010).

Kajian kerawanan banjir di *catchment area* ini berdasarkan lima parameter utama karakteristik DAS yaitu: 1) penggunaan dan penutupan lahan; 2) curah hujan; 3) lereng; dan 4) tata air; serta 5) lahan kritis. Karakteristik parameter ini berdasarkan pada Departemen Kehutanan dan Universitas Gajah Mada (2007); Saud (2007); Jiang *et al.* (2008); Paimin *et al.* (2009); Wang *et al.* (2009); Balitbangda Provinsi Kalimantan Selatan (2010); Dang *et al.* (2010); Wismarini (2011); dan (Kim dan Choi, 2011).

Pembobotan dan masing skor setiap komponen ke lima parameter karakteristik ditentukan berdasarkan tingkat pengaruhnya terhadap kerawanan banjir, hal ini sesuai Paimin *et al.* (2009) dan hasil kuesioner sebagai masukan oleh para pengambil kebijakan instansi terkait pemerintah daerah, tokoh masyarakat dan LSM di sub DAS Negara Kabupaten Tabalong serta instansi BPDAS Barito. Daftar kuesioner dan responden disajikan pada Tabel Lampiran 22 dan 23. Selanjutnya proses AHP disajikan pada Lampiran 26. Hasil analisis AHP untuk bobot dan skor setiap komponen karakteristik DAS yang menjadi parameter penentuan kerawanan banjir di *catchment area* Jaing.

### **6.1.1 Penggunaan Dan Penutupan Lahan**

Pengundulan hutan di daerah tangkapan air hujan juga menyebabkan peningkatan debit banjir karena pasokan air yang masuk ke dalam sistem aliran menjadi tinggi dan melampaui kapasitas pengaliran. Berkurangnya daerah resapan air juga berkontribusi pada meningkatnya debit banjir, karena jika terjadi curah hujan tinggi, sebagian besar air akan menjadi aliran air permukaan yang langsung masuk ke dalam sistem pengaliran air sehingga kapasitasnya terlampaui dan terjadi banjir dalam suatu DAS melakukan usaha pertanian dengan jalan merubah tanaman kehutanan (Peraturan Kepala BNPB No. 3 Tahun 2010).

Pada umumnya masyarakat yang bermukim tanan menjadi tanaman pertanian lahan kering untuk meningkatkan kesejahteraannya (Kometa dan Ebot, 2012); dan Liu *et al.* (2008), deforestasi umumnya terjadi karena untuk kegiatan pertanian. Selanjutnya, Wismarini (2011) mengemukakan bahwa analisis indikator banjir dalam dapat dilakukan dengan cara pembobotan sesuai dengan kriteria yang berdasarkan

klasifikasi penggunaan lahan. Bobot pengaruh penggunaan dan penutupan lahan pada kajian ini ditentukan sebesar 43 %, sedangkan skor masing-masing setiap penutupan dan penggunaan lahan disajikan pada Tabel 42.

Pada Tabel 42 terlihat bahwa hutan tanaman dan hutan lahan kering sekunder seluas 3.637,58 ha atau 14,07 % dari luas *catchment area* ini, sehingga masih perlu perluasan tanaman kehutanan, agar tetap terjaminnya luas kawasan hutan paling sedikit 30% dari luas DAS, sesuai UU No. 41 Tahun 1999 tentang Kehutanan dan UU No 26 Tahun 2007 tentang penataan ruang. Demikian juga pada Peraturan Pemerintah No. 60 Tahun 2012 Tentang Perubahan atas peraturan pemerintah No. 10 tahun 2010 Tentang tata cara perubahan peruntukan dan fungsi kawasan hutan. UU No 26 tahun 2004 tentang tata ruang.

Peraturan Menteri Kehutanan No. P.48/Menhut-II/2008 dinyatakan bahwa hutan lindung adalah kawasan hutan yang mempunyai fungsi pokok sebagai perlindungan sistem penyangga kehidupan untuk mengatur tata air, mencegah banjir, mengendalikan erosi, mencegah intrusi air laut, dan memelihara kesuburan tanah. Pada Tabel 42 terlihat bahwa penggunaan lahan terluas ialah pertanian lahan kering campur semak yang didominasi tanaman karet alam yaitu seluas 10.084,08 ha atau 39,01 %. Tanaman karet di *catchment area* ini merupakan salah satu jenis tanaman yang sangat diminati oleh masyarakat (khususnya masyarakat Dayak Deah), karena selain dapat meningkatkan kesejahteraan juga berfungsi sebagai pengatur tata air yang baik. Skor berdasarkan hasil analisis penutupan dan penggunaan lahan disajikan pada Tabel 6.1.

**Tabel 6.1.** Nilai Skor Setiap Penutupan dan Penggunaan Lahan di *Catchment Area* Jaing Sub DAS Negara Tahun 2013.

No	Penutup Lahan	Tahun 2013		
		(ha)	%	
1	Sawah	279,76	1,08	5
2	Tanah terbuka	414,93	1,61	5
3	Tubuh air	12,42	0,05	5
4	Tambang	2.243,85	8,68	5
5	Pemukiman	332,06	1,28	4
6	Perkebunan	2.072,20	8,02	3
7	Pertanian lahan kering (karet unggul)	6.653,11	25,7	2
8	Semak belukar	122,13	0,47	3
9	Pertanian lahan kering campur semak (karet alam)	10.084,08	39,01	2
10	Hutan lahan kering sekunder	1.290,91	4,99	1
11	Hutan tanaman	2.346,67	9,08	1
<b>Jumlah</b>		<b>25852,12</b>	<b>100,00</b>	<b>-</b>

Hasil kuesioner oleh masyarakat di *catchment area* ini, selain itu berdasarkan data pada Kecamatan Upau dalam angka tahun 2012, Kecamatan Haruai dalam angka tahun 2012 dan data Kecamatan Murung Pudak dalam angka tahun 2012, terlihat bahwa penggunaan lahan didominasi oleh pertanian lahan kering dan jenis pekerjaan adalah petani.

### 6.1.2 Curah Hujan

Pada umumnya banjir disebabkan oleh curah hujan yang tinggi di atas normal, sehingga sistem pengaliran air yang terdiri dari sungai dan anak sungai alamiah serta sistem saluran drainase dan kanal penampung banjir buatan yang ada tidak mampu menampung akumulasi air hujan sehingga meluap. Daya tampung sistem pengaliran air tidak selamanya sama, tetapi berubah akibat sedimentasi, penyempitan sungai akibat fenomena alam dan ulah manusia, tersumbat sampah serta hambatan lainnya. Penggundulan hutan di daerah tangkapan air hujan juga

menyebabkan peningkatan debit banjir karena pasokan air yang masuk ke dalam sistem aliran menjadi tinggi dan melampaui kapasitas pengaliran (Peraturan Kepala BNPB No. 3 Tahun 2010).

Saud (2007) mengemukakan bahwa untuk perencanaan pengendalian kerawanan banjir, maka yang menjadi pertimbangan ialah distribusi curah hujan. Harga-harga yang diperoleh ini dapat digunakan untuk menentukan prospek dikemudian hari dan akhirnya digunakan untuk perencanaan sesuai dengan tujuan yang dimaksud. Selanjutnya, Nugroho (2002) melaporkan bahwa faktor curah hujan yang tinggi merupakan salah satu faktor utama penyebab banjir.

Peningkatan terjadinya banjir disebabkan oleh intensitas curah hujan berlebihan yang menyebabkan potensi bahaya ancaman terhadap lingkungan alam, kehidupan manusia, kesehatan masyarakat dan properti (Bajocco, 2012). Bobot pengaruh curah hujan pada kajian ini yang diperoleh dari tiga stasiun penakar curah hujan (Murung Pudak, Kembang Kuning, dan Masingai) ditentukan sebesar 20 %, sedangkan skor berdasarkan hasil analisis curah hujan disajikan pada Tabel 6.2.

**Tabel 6.2.** Kriteria dan Skor Curah Hujan Sebagai Variabel Kerawanan Banjir

No	Jumlah curah hujan (mm/tahun)	Skor	Stasiun
1	>5.500	5	- Murung Pudak :
2	4.500 - 5.500	4	1.762 mm/thn
3	3.500 - 4.500	3	- Kembang Kuning:
4	2.500 - 3.500	2	1.624 mm/thn
5	<2.500	1	- Masingai : 1.727 mm/thn

Curah hujan di *catchment area* ini dianalisis melalui metode *polygon thiessen*, rata-rata curah hujan diperoleh sebesar 1.703 mm/thn. Berdasarkan skor pada Tabel 6.2 untuk parameter curah hujan, maka curah hujan di *catchment area* ini ditentukan masing-masing hasil stasiun penakar dengan nilai skor 1.

### 6.1.3 Lereng

Saud (2007) mengemukakan kemiringan lahan semakin tinggi maka air yang diteruskan semakin tinggi. Air yang berada pada lahan tersebut akan diteruskan ke tempat yang lebih rendah semakin cepat jika dibandingkan dengan lahan yang kemiringannya rendah (landai), hal ini sesuai Rayes (2007) mengemukakan bahwa lereng yang curam dan panjang dapat mempengaruhi kerawanan banjir.

Dalam rangka pengelolaan DAS, maka terdapat bagian hulu dan tengah dengan kelerengan yang relatif lebih curam sebagai pemasok banjir dan bagian hilir sebagai penerima banjir dengan kelerengan yang relatif lebih datar. Bobot pengaruh lereng pada kajian ini ditentukan sebesar 10 %, sedangkan skor berdasarkan analisis kelas lereng yang telah dilaksanakan di *catchment area Jaing* disajikan pada Tabel 6,3

**Tabel 6.3.** Kriteria dan Skor Lereng Sebagai Variabel Kerawanan Banjir

No	Kelas Lereng (%)	Luas(Ha)	Skor
1	> 21	1.638,03	5
2	14 – 20	1.109,69	4
3	8 – 13	1.597,68	3
4	3 – 7	11.981,88	2
5	< 2	9.524,84	1
Total		25.852,12	

Pada Tabel 6.3 terlihat bahwa semakin tinggi kelas lereng semakin tinggi pengaruhnya sebagai pemasok kerawanan banjir. Skor terendah (1) pada kelas lereng < 2 % dan sebaliknya skor tertinggi (5) pada kelas lereng > 21 %. Pada Tabel 45 terlihat bahwa kelas lereng 3 - 7 % mendominasi *catchment area* ini, sehingga ditentukan skor yang dominan adalah skor 2, namun semua kelas lereng di tentukan skornya berdasarkan pengaruh kelas lereng sebagai pemasok kerawanan banjir.

### 6.1.4 Tata Air (Kerapatan Jaringan Sungai, Debit Air Dan Infiltrasi)

Tata air adalah kondisi suatu *catchment area* yang terdiri atas komponen kerapatan jaringan sungai, debit air dan infiltrasi yang dapat mempengaruhi siklus hidrologi untuk kerawanan banjir. Bobot pengaruh tata air pada kajian ini ditentukan sebesar 15 %. Komponen kerapatan jaringan sungai, debit air dan infiltrasi sebagai pengatur tata air disajikan berikut ini.

#### 6.1.4.1 Kerapatan Jaringan Sungai

Kerapatan aliran sungai di *catchment area* Jaing dihitung dari rasio total panjang jaringan sungai terhadap luas *catchment area*, hal ini sesuai, Asdak (2010) dan Indarto (2010). Semakin tinggi tingkat kerapatan aliran sungai, maka semakin banyak peluang air tertampung di badan-badan sungai yang menyebabkan tingkat kerawanan banjir semakin tinggi, hal ini sesuai, Soewarno (1991) dan Sriyana (2011). Bobot pengaruh Kerapatan jaringan sungai pada kajian ini ditentukan sebesar 5 %, sedangkan skor berdasarkan hasil analisis kerapatan jaringan sungai disajikan pada Tabel 6.4.

Kerapatan jaringan di *catchment area* ini dianalisis melalui program GIS, kerapatan jaringan diperoleh sebesar 2,274 km/km<sup>2</sup>. Berdasarkan skor pada Tabel 5.4, untuk parameter kerapatan jaringan, maka kerapatan jaringan di *catchment area* ini ditentukan nilai skor 4, hal ini menunjukkan bahwa kerapatan jaringan sungai di *catchment area* Jaing termasuk dalam kriteria agak rendah, hal ini memberikan peluang meningkatnya kerawanan banjir, karena curah hujan yang mencapai permukaan tanah lebih cepat terkonsentrasi menuju sungai utama (Asdak, 2010 dan Indarto, 2010).

**Tabel 6.4.** Kriteria dan Skor Kerapatan Sungai Sebagai Parameter Kerawanan Banjir

No	kerapatan jaringan sungai	Skor	Keterangan
1	< 0,25 km/km <sup>2</sup>	5	Kerapatan jaringan C.A. Jaing sungai 2,274 km/km <sup>2</sup>
2	0,25 – 8,50 km/km <sup>2</sup>	4	
3	8,5 – 16,75 km/km <sup>2</sup>	3	
4	16,75 – 25,00 km/km <sup>2</sup>	2	
5	> 25 km/km <sup>2</sup>	1	

### 1. Koefisien Regime Sungai (KRS)

Kondisi debit air sungai merupakan salah satu parameter penilaian kondisi suatu DAS atau *catchment area*, melalui KRS (Qmaks/Qmin) yang di analisis berdasarkan kondisi debit air tahunan yang memuat musim hujan dan musim kemarau. Sesuai, Papa *et al.* (2008) dan Limantara (2010) menyatakan bahwa debit air di analisis menggunakan *current meter*. Bobot pengaruh debit air pada kajian ini sebesar 5 %, sedangkan skor berdasarkan hasil analisis KRS disajikan pada Tabel 6.5.

**Tabel 6.5.** Kriteria dan Skor Koefisien Regime Sungai Sebagai Parameter Kerawanan Banjir

No.	Koefisien Regime Sungai	Skor	Keterangan
1	>120	5	KRS C.A. Jaing sungai 8,2
2	51 – 120	3	
3	<50	1	

### 2. Infiltrasi

Infiltrasi merupakan salah faktor yang mempengaruhi kerawanan banjir, hal ini disebabkan karena semakin besar kapasitas infiltrasi semakin kecil aliran permukaan, sehingga tingkat kerawanan banjir semakin rendah, hal ini sesuai Asdak (2010); Indarto (2010); dan Arsyad (2010). Pengukuran infiltrasi menggunakan *double ring infiltrometer*, sesuai Syukur (2009); Eze *et al.* (2011); Haridjaja *et al.* (2012). Bobot pengaruh

laju infiltrasi pada kajian ini ditentukan sebesar 5 %, sedangkan skor berdasarkan hasil analisis kelas laju infiltrasi disajikan pada Tabel 6.6.

**Tabel 6.6.** Kriteria dan Skor Infiltrasi Sebagai Parameter Kerawanan Banjir

No	Penggunaan dan penutupan lahan	infiltrasi (mm/jam)	Skor
1	Sawah, lahan terbuka, tubuh air dan pertambangan	1 - 5	5
2	Pemukiman	5 - 20	4
3	Perkebunan, karet unggul (pertanian lahan kering) dan semak belukar	20 - 65	3
4	Karet alam (pertanian lahan kering campur semak), hutan sekunder dan Hutan tanaman	65 -125	2
5	-	>125	1

Berdasarkan hasil pengukuran infiltrasi pada berbagai penggunaan dan penutupan lahan di *catchment area* Jaing di peroleh bahwa kapasitas dan volume infiltrasi bervariasi, hal ini sesuai Lee (1986) mengemukakan bahwa skor laju infiltrasi penutupan dan penggunaan lahan berbeda. Hasil kajian infiltrasi pada berbagai penutupan lahan, diperoleh skor 2 sampai 5, sedangkan kelas kriteria laju infiltrasi skor 1 tidak diperoleh.

### 6.1.5 Tingkat Kekritisan Lahan

Tingkat kekritisan lahan merupakan salah satu parameter penentuan tingkat kerawanan banjir di *catchment area* ini, tingkat kekritisan lahan menunjukkan bahwa suatu unit lahan atau *catchment area* kurang atau tidak berfungsi sebagai pengatur tata air yang dapat meningkatkan tingkat kerawanan banjir, hal ini sesuai Symeonakis *et al.* (2007); Feng *et al.* (2004); dan Metternicht *et al.* (2010). Selanjutnya BPDAS (2009) mengemukakan bahwa lahan kritis di wilayah Provinsi Kalimantan Selatan pada tahun 2003 seluas 550.000 ha dan meningkat menjadi kurang lebih 761.000 ha tahun 2009.

Bobot pengaruh tingkat kekritisian lahan pada kajian ini ditentukan sebesar 12,5%, sedangkan skor berdasarkan hasil analisis tingkat kekritisian lahan disajikan pada Tabel 6.7, sedangkan kriteria penentuan lahan kritis disajikan pada Lampiran 21.

**Tabel 6.7.** Kriteria dan Skor Tingkat Kekritisian Lahan tahun 2013

No	Tingkat kekritisian	Luas (ha)	Skor
1	Sangat Kritis	212,7	5
2	Kritis	2.565,4	4
3	Agak Kritis	14.148,4	3
4	Potensial Kritis	8.925,6	2
5	Tidak Kritis	0	1
<b>Total</b>		25.852,1	-

Berdasarkan hasil analisis tingkat kekritisian lahan terhadap parameter tutupan lahan, lereng, erosi dan unsur manajemen, maka diperoleh luasan lahan dengan berbagai tingkat kekritisian lahan, sebagaimana disajikan pada Tabel 6.7, yang terlihat bahwa tingkat kekritisian lahan didominasi oleh skor 3 dengan luas lahan 14.148,4 ha (agak kritis).

## 6.2 Tingkat Kerawanan Banjir

Kerawanan (*vulnerability*) merupakan suatu kondisi dari suatu komunitas atau masyarakat yang mengarah atau menyebabkan ketidakmampuan dalam menghadapi ancaman bahaya (Saptadi dan Djamal, 2012). Tingkat kerawanan adalah suatu hal penting untuk diketahui sebagai salah satu faktor yang berpengaruh terhadap terjadinya bencana, karena bencana baru akan terjadi bila terjadi pada kondisi yang rentan.

Kerawanan banjir menggambarkan suatu kondisi banjir yang rawan terhadap faktor bahaya (*hazard*) tertentu. Kondisi kerawanan banjir ini berdasarkan indikator pada Tabel 5.8. Tingkat kerawanan banjir di *catchment*

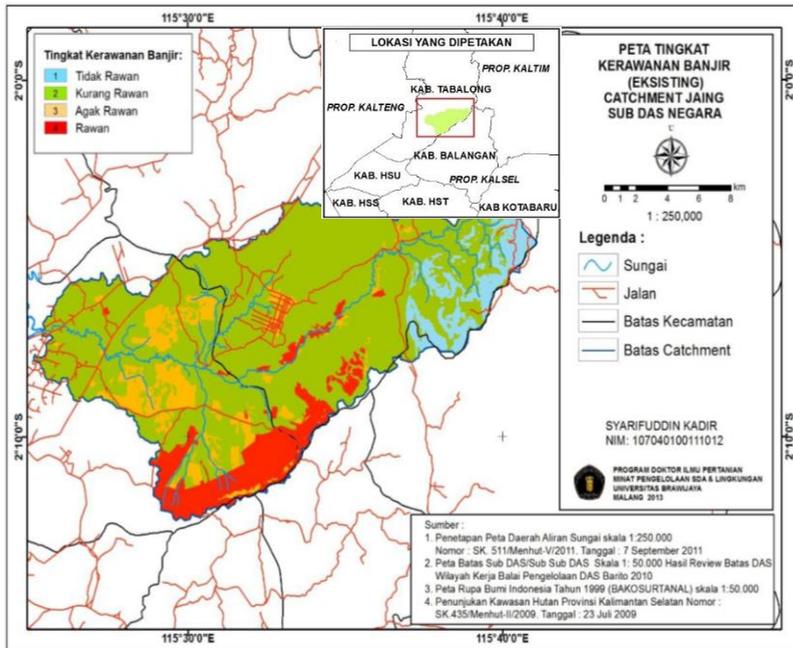
*area* Jaing dibedakan atas lima kriteria atau kelas, tingkat kerawan yang paling tinggi diberi skor paling tinggi. Sesuai, Wismarini (2011) melaporkan bahwa nilai tingkat kerawanan banjir di bedakan dalam lima kelas kerawanan yaitu: a) sangat rawan; b) rawan; c) cukup rawan; d) kurang rawan; dan e) tidak rawan. Klasifikasi tingkat kerawanan banjir di *catchment area* Jaing (eksisting) sebagai pemasok rawan banjir disajikan pada Tabel 6.8.

**Tabel 6.8.** Tingkat Kerawanan Banjir di *Catchment Area* Jaing Sub DAS Negara (Kondisi Eksisting)

No	Tingkat Kerawanan Banjir	Skoring	Luas (ha)	%
1	Tidak rawan		1.801,52	6,97
2	Kurang rawan		18.891,23	73,07
3	Agak rawan		2.416,21	9,35
4	Rawan		2.743,15	10,61
5	Sangat rawan		0,00	0,00
Total		-	25.852,12	100,00

Tabel 6.8, terlihat bahwa lahan dengan kriteria kurang rawan banjir mendominasi *catchment area* ini seluas 18.891,23 ha. Selain itu di *catchment area* ini tidak terdapat lahan sangat rawan banjir, namun terdapat lahan dengan kriteria rawan dan agak rawan banjir masing-masing 2.743,15 ha dan 2.416,21 ha.

Kondisi tingkat kerawanan ini harus di sosialisasi kepada para pengambil kebijakan di sub DAS Negara Kabupaten Tabalong, selanjutnya lahan dengan kriteria rawan dan agak rawan banjir di lakukan perencanaan upaya pengendalian untuk pengurangan tingkat kerawanannya. Peta tingkat kerawanan pemasok banjir *catchment area* Jaing kondisi eksisting, hasil analisis parameter kerawanan banjir yang telah dilakukan *overlay* peta karakteristik *catchment area* Jaing parameter kerawanan banjir disajikan pada Gambar 6.1.



**Gambar 6.1.** Peta tingkat kerawanan banjir di *catchment area* jaing sub DAS Negara (kondisi eksisting)

Hasil kajian ini telah di presentasikan di Kabupaten Tabalong (sub DAS Negara) pada tanggal 5 September 2013, yang dihadiri oleh para pengambil kebijakan (instansi terkait, LSM dan Perusahaan pertambangan), hal ini dilakukan agar hasil kajian ini menjadi acuan para pengambil kebijakan dalam rangka pengelolaan *catchment area* Jaing sub DAS Negara untuk pengendalian kerawanan banjir.

Pelaksanaan acara ini diharapkan masukan (input) para pengambil kebijakan untuk penyempurnaan hasil kajian ini. Dokumentasi acara sosialisasi “Banjir dan upaya pengendaliannya di sub DAS Negara Provinsi Kalimantan Selatan” disajikan pada Gambar 6.2. Selanjutnya makalah, dokumentasi, undangan panitia pelaksana dan daftar hadir disajikan pada Lampiran 2



**Gambar 6.2.** Dokumentasi acara sosialisasi “Banjir dan Upaya Pengendaliannya”

Upaya pengendalian tingkat kerawanan banjir dapat dilakukan melalui simulasi terhadap kondisi karakteristik suatu DAS agar diperoleh pengurangan kondisi tingkat kerawanan banjir. Model Builder merupakan seperangkat aplikasi yang digunakan dalam penyusunan model simulasi (*Business Editors/High-Tech Writers*, 2000). Selanjutnya, Mills (1993) mengemukakan bahwa model builder dapat digunakan menjalankan beberapa simulasi simultan dalam satu sesi, bersamaan mensimulasikan model yang berbeda, dan petunjuk beberapa simulasi.

Gould (2006) mengemukakan bahwa *builder* merupakan alat simulasi yang memungkinkan *programmer* untuk menentukan pilihan yang tepat, melakukan suatu modifikasi dan menghasilkan penamaan atau kode suatu program. Crow (2006) mengemukakan bahwa *Builder* merupakan sebuah landasan teoritis baru yang dapat digunakan membangun strategi dan preferensi keputusan sekaligus menciptakan alternatif.

Berdasarkan hal tersebut di atas, maka model *builder* melalui program GIS digunakan untuk simulasi tingkat kerawanan banjir sebagai upaya penentuan atau pengambilan kebijakan pengendalian atau pengurangan tingkat kerawanan banjir pada kriteria rawan dan agak

rawan banjir. Selanjutnya lahan dengan kriteria tidak rawan dan kurang rawan banjir disarankan adanya kegiatan pemeliharaan dan perlindungan (perlu adanya regulasi) serta sosialisasi kepada masyarakat di *catchment area* Jaing (perlu adanya tenaga penyuluh), agar lahan tetap dalam kondisi tidak rawan atau kurang rawan banjir.

Pada pelaksanaan sosialisasi hasil penelitian disertasi ini, beberapa masukan para pengambil kebijakan agar dilakukan upaya sipil teknis dalam pengendalian banjir di Kabupaten Hulu sungai Utara dan perlu adanya upaya peningkatan kualitas air sungai di Sungai Jaing, Sungai Tabalong dan sungai lainnya di sub DAS Negara.

### **6.3 Arahan Prioritas Kebijakan Rehabitasi Hutan dan Lahan (RHL) di *Catchment Area* Jaing.**

#### **6.3.1 Risiko Bencana Banjir**

Saptadi dan Djamal (2012) mengemukakan bahwa bencana adalah peristiwa atau rangkaian peristiwa yang mengancam dan mengganggu kehidupan serta penghidupan masyarakat yang disebabkan, baik oleh faktor alam dan/atau faktor non alam maupun faktor manusia. Kejadian suatu bencana dapat mengakibatkan timbulnya korban jiwa manusia, kerusakan lingkungan, kerugian harta benda, dan dampak psikologis. Risiko bencana adalah potensi kerugian yang ditimbulkan akibat bencana pada suatu wilayah dalam kurun waktu tertentu yang dapat berupa kematian, luka, sakit, jiwa terancam, hilangnya rasa aman, mengungsi, kerusakan atau kehilangan harta, dan gangguan kegiatan masyarakat.



**Gambar 6.3.** Dokumentasi bersama Wakil Bupati, Ketua DPRD Kab.Tabalong dan para pengambil kebijakan lainnya. pada acara sosialisasi “ Banjir dan Upaya Pengendaliannya di Sub DAS Negara.

Kerentanan merupakan suatu keadaan yang ditimbulkan oleh kegiatan manusia atau lingkungan yang mengakibatkan bahaya terhadap masyarakat. Selanjutnya Permana (2011) menyatakan bahwa mitigasi bencana merupakan suatu upaya yang dilakukan untuk mencegah bencana atau mengurangi dampak bencana. Demikian juga Subiyantoro (2010) mengemukakan bahwa mitigasi bencana sesungguhnya berkaitan dengan siklus penanggulangan bencana berupa upaya penanganan sebelum terjadinya bencana.

Risiko, bahaya bencana banjir di sub DAS Negara, memungkinkan terjadinya karena kejadian alam maupun karena aktivitas manusia di suatu tempat. Kerentanan menunjukkan kerawanan yang dihadapi suatu masyarakat dalam menghadapi ancaman tersebut. Ketidakmampuan merupakan kelangkaan upaya atau kegiatan yang dapat mengurangi korban jiwa atau kerusakan, sehingga semakin tinggi bahaya kerawanan dan ketidakmampuan, maka semakin besar pula risiko bencana yang dihadapi (Kabupaten Kotabaru, 2012).

Berdasarkan potensi ancaman bencana dengan tingkat kerawanan yang ada maka dapat diperkirakan risiko bencana yang akan terjadi, di wilayah Indonesia tergolong tinggi. Bencana adalah unsur lingkungan fisik yang membahayakan kehidupan manusia, yang didasarkan pada ketahanan atau tingkat kerusakan akibat bencana yang ditimbulkan.

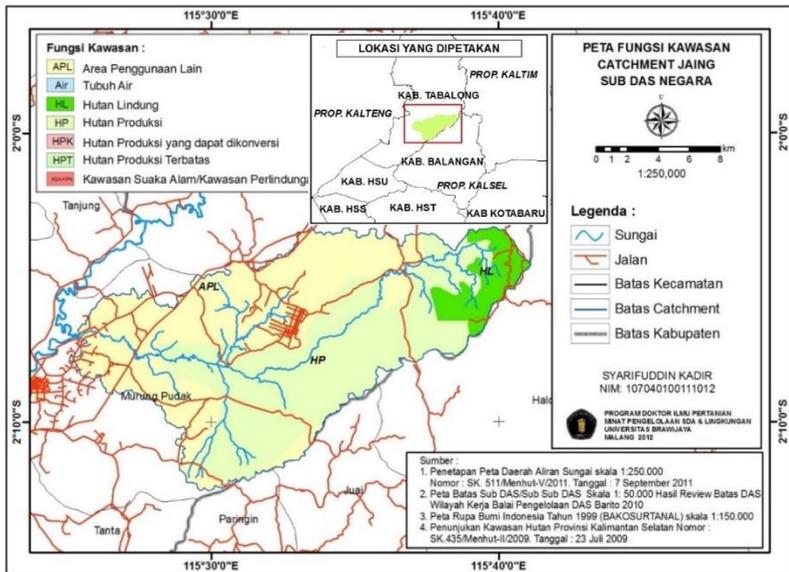
Beberapa penduduk pada DAS dengan sengaja tinggal di kawasan yang rawan terhadap bencana dengan berbagai alasan seperti kemudahan transportasi yang tersedia melalau sungai, kemudahan pembangunan rumah pada bagian kiri dan kanan sungai, kesuburan tanah, atau peluang (*opportunity*) lainnya yang dijanjikan oleh lokasi tersebut, untuk usaha di bidang pertanian dan lainnya. Sesuai, Meng *et al.* (2011) menyatakan bahwa masyarakat di dalam suatu DAS memiliki tempat tinggal yang memungkinkan melakukan usaha pertanian untuk meningkatkan kesejahteraannya.

Berdasarkan hal tersebut di atas, maka dalam rangka pengurangan risiko bencana, perlu adanya upaya pengurangan risiko bencana dan regulasi terkait aktivitas dan pemukiman masyarakat pada kawasan atau areal rawan bencana.

### **6.3.2 Simulasi Pengendalian Tingkat Kerawanan Pemasok Banjir**

Berdasarkan pada kondisi eksisting karakteristik *catchment area* Jaing diperoleh tingkat kerawanan pemasok banjir, sebagaimana disajikan pada Tabel 6.8. Selain itu berdasarkan pernyataan tersebut di atas bahwa pengurangan kerawanan atau kerentanan dapat mengurangi risiko bencana, maka dilakukan simulasi terhadap karakteristik *catchment area* Jaing, agar lahan dengan kriteria agak rawan dan rawan pemasok banjir menjadi kurang rawan atau tidak rawan pemasok banjir.

Kusumaningtyas (2011) melaporkan simulasi merupakan suatu solusi analisis dari sebuah sistem yang digunakan untuk memecahkan berbagai masalah atau menguraikan persoalan-persoalan dalam kehidupan nyata yang penuh dengan ketidakpastian ketika solusi matematis tidak memadai, dengan menggunakan model atau metode tertentu dan lebih ditekankan pada penggunaan komputer.



**Gambar 6.4.** Peta fungsi kawasan *catchment area* Jaing Sub DAS Negara

Cahyo (2008) mengemukakan bahwa simulasi adalah sebuah metode analitik yang bertujuan untuk membuat "imitasi" dari sebuah sistem yang mempunyai sifat acak, dimana jika digunakan model lain menjadi sangat *mathematically complex* atau terlalu sulit untuk dikembangkan. Simulasi perubahan karakteristik *catchment area* Jaing, hal ini dilaksanakan dengan mempertimbangkan fungsi kawasan sebagaimana disajikan pada Gambar 6.4. Simulasi untuk mengurangi kondisi lahan rawan banjir dan agak rawan banjir, dilakukan tiga alternatif.

### 6.3.2.1. Alternatif I

Perubahan penutupan lahan semak belukar seluas 122,13 ha menjadi karet alam (pertanian lahan kering). Semak belukar di *catchment area* ini terletak pada kawasan hutan produksi sebagaimana peta fungsi kawasan *catchment area* Jaing disajikan pada Gambar 6.4. Selanjutnya hasil simulasi tingkat kerawanan banjir alternatif I di sajikan pada Tabel 6.9 dan Gambar 6.5.

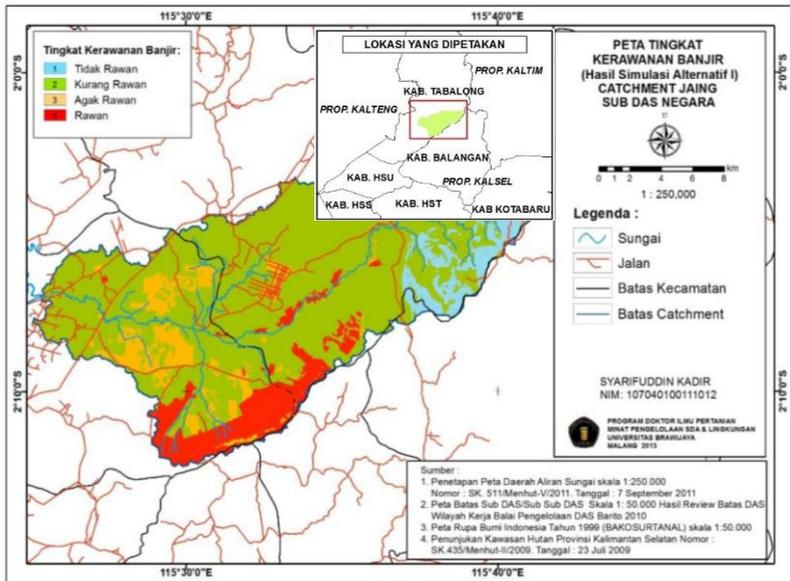
**Tabel 6.9.** Hasil Simulasi Tingkat Kerawanan Pemasok Banjir Pada Alternatif I (Semak Belukar Menjadi Tanaman Karet Alam)

No	Tingkat Kerawanan Banjir	Skoring	Luas (ha)	%
1	Tidak rawan	1	1.801,52	6,97
2	Kurang rawan	2	18.971,29	73,38
3	Agak rawan	3	2.336,16	9,04
4	Rawan	4	2.743,15	10,61
5	Sangat rawan	5	0,00	0,00
Total		-	25.852,12	100,00

Pada Tabel 6.9, terlihat bahwa simulasi perubahan penutupan lahan semak belukar menjadi tanaman jenis karet untuk pertanian lahan kering, terjadi perubahan tingkat kerawanan banjir yaitu lahan agak rawan menjadi kurang rawan seluas 80,05 ha. Simulasi dilakukan semak belukar menjadi karet alam, karena berdasarkan data yang diperoleh di lapangan jenis tanaman karet dapat tumbuh dengan baik.

Berdasarkan hasil wawancara dan kuesioner (Lampiran 10) menyatakan bahwa jenis tanaman karet cukup diminati oleh masyarakat Dayak Deah, maupun masyarakat lainnya yang bermukim di *catchment area* Jaing. Masyarakat Dayak Deah, menyatakan bahwa tanaman karet yang merupakan tanaman turun temurun (kearifan lokal) dan untuk pelestarian sumberdaya alam.

Kadir *at al.* (2013) melaporkan bahwa karet alam mempunyai nilai kapasitas infiltrasi lebih tinggi dari karet unggul maupun semak belukar. Sesuai Permana (2011) mengemukakan bahwa kearifan lokal merupakan pandangan dan pengetahuan tradisional yang menjadi acuan dalam berperilaku dan telah dipraktikkan secara turun-temurun untuk memenuhi kebutuhan dan tantangan dalam kehidupan suatu masyarakat. Kearifan lokal berfungsi dan bermakna dalam masyarakat baik dalam pelestarian sumber daya alam sebagai pengatur tata air (meningkatkan infiltrasi). Selain itu untuk kepentingan manusia, adat dan budaya, serta bermanfaat untuk kehidupan.



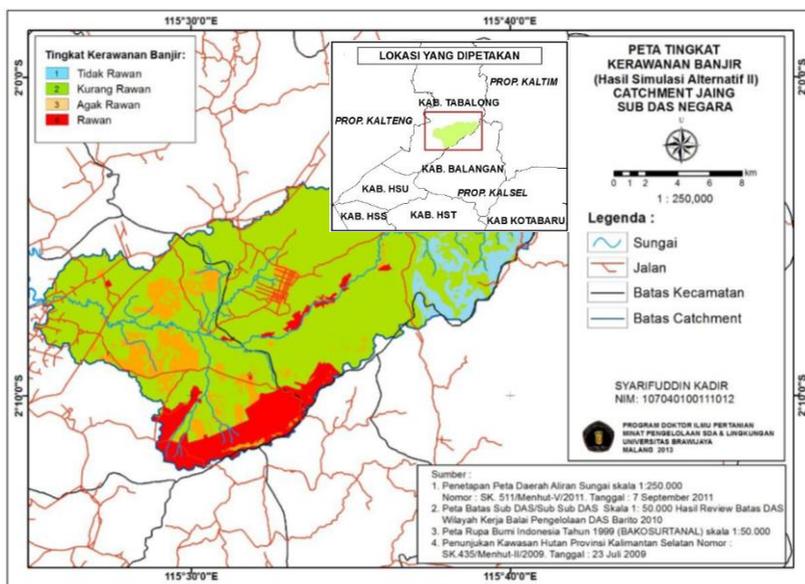
**Gambar 6.5.** Hasil simulasi tingkat kerawanan pemasok banjir pada Alternatif I.

### 6.3.2.2. Alternatif II

Perubahan penutupan lahan terbuka seluas 414,93 ha menjadi karet alam (pertanian lahan kering). Lahan terbuka di *catchment area* ini, dominan terletak pada kawasan hutan produksi dan lainnya terletak pada areal penggunaan lain (APL). Hasil simulasi tingkat kerawanan banjir alternatif II di sajikan pada Tabel 6.10 dan Gambar 6.6.

**Tabel 6.10.** Hasil Simulasi Tingkat Kerawanan Pemasok Banjir Pada Alternatif II (Lahan Terbuka Menjadi Tanaman Karet Alam)

No	Tingkat Kerawanan Banjir	Skoring	Luas (ha)	%
1	Tidak rawan	1	1801,52	6,97
2	Kurang rawan	2	19.276,02	74,57
3	Agak rawan	3	2.346,37	9,08
4	Rawan	4	2.427,20	9,39
5	Sangat rawan	5	0,00	0,00
Total		-	25.852,12	100,00



**Gambar 6.6.** Hasil simulasi tingkat kerawanan pemasok banjir pada Alternatif II

Tabel 6.10 terlihat bahwa hasil simulasi perubahan lahan terbuka menjadi tanaman jenis karet untuk pertanian lahan kering terjadi perubahan tingkat kerawanan banjir yaitu lahan kurang rawan banjir bertambah 305,73 ha dan lahan agak rawan banjir seluas 10,21 ha, karena lahan rawan banjir berkurang seluas 315,95 ha. Perubahan lahan terbuka menjadi tanaman karet alam, diharapkan meningkatkan infiltrasi dan mengurangi aliran permukaan, hal ini sesuai, Kadir *et al.* (2013) mengemukakan bahwa perluasan vegetasi tanaman karet dapat mengurangi aliran permukaan yang mengurangi pasokan air untuk terjadinya banjir pada bagian hilir DAS. Ansari (2012) melaporkan bahwa semakin banyak dan lebat vegetasi akan meningkatkan infiltrasi yang akan meningkatkan sumberdaya air bawah tanah, perbanyak vegetasi yang meningkatkan sumberdaya air merupakan suatu upaya pengendalian kerawanan pemasok banjir.

### **6.3.2.3. Alternatif III**

Perubahan bekas pertambangan 2.104,29 ha dilakukan reklamasi (tanaman kehutanan), selain itu seluas 139,56 ha dilakukan reklamasi (tanaman kehutanan dan dilengkapi tindakan sipil teknis yang terdiri atas terasering dan SPA) karena lahan tersebut mempunyai kelas lereng > 21 %, hal ini sesuai peraturan dari Kementerian Kehutanan (PerMenHut, No. 04, tahun 2011) menyatakan bahwa Reklamasi pasca tambang, saluran pembuangan air (SPA) tergantung kemiringan lahan yang dibuat dari batu, kayu/bambu. Hasil simulasi tingkat kerawanan banjir alternatif III di sajikan pada Tabel 6.11 dan Gambar 6.7.

Pada Tabel 6.11 terlihat bahwa hasil simulasi pada lahan bekas pertambangan dilakukan reklamasi secara vegetatif dengan tanaman kehutanan dan sebagian di lengkapi secara sipil teknis, terjadi perubahan tingkat kerawanan banjir yaitu lahan kurang rawan banjir bertambah 2.254,22 ha, oleh karena lahan rawan banjir berkurang seluas 2.183,85 ha. Selain itu hasil simulasi ini menunjukkan bahwa lahan agak rawan pemasok banjir juga berkurang 70,37 ha. Jenis pohon yang di tanam di lahan pasca tambang, selain harus dipilih jenis yang sesuai dengan kondisinya, juga jika lokasinya berada dalam kawasan hutan perlu mempertimbangkan peraturan dari Kementerian Kehutanan (PerMenHut Nomor 04 tahun

2011), rekomendasi AMDAL dan juga memperhatikan rencana tata ruang akhir yang tercantum dalam rencana penutupan tambang perusahaan (PerMenESDM, No. 18, tahun 2008).

**Tabel 6.11.** Hasil Simulasi Tingkat Kerawanan Pemasok Banjir Pada Alternatif III (Reklamasi Bekas Pertambangan Menjadi Tanaman Kehutanan)

No	Tingkat Kerawanan Banjir	Skoring	Luas (ha)	%
1	Tidak rawan	1	1.801,52	6,97
2	Kurang rawan	2	21.530,24	83,28
3	Agak rawan	3	2.276,01	8,80
4	Rawan	4	244,35	0,95
5	Sangat rawan	5	0,00	0,00
Total		-	25.852,12	100,00

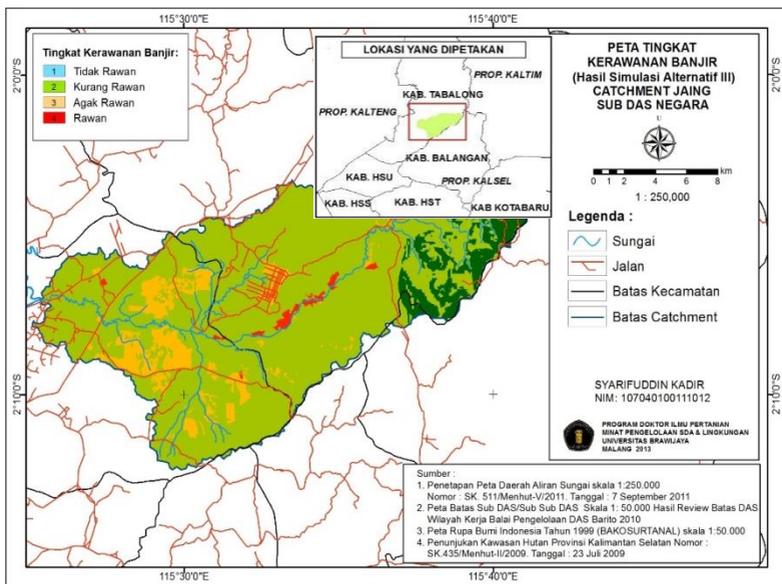
**Tabel 6.12.** Matrik Tingkat Kerawanan Pemasok Banjir Kondisi eksisting, dan Alternatif I - III (hasil simulasi alternatif I sampai III)

No	Tingkat Kerawanan Banjir	Kondisi Eksisting (Ha)	Alternatif I (Ha)	Alternatif II (Ha)	Alternatif III (Ha)
1	Tidak rawan	1.801,52	1.801,52	1801,52	1.801,52
2	Kurang rawan	18.891,23	18.971,29	19.276,02	21.530,24
3	Agak rawan	2.416,21	2.336,16	2.346,37	2.276,01
4	Rawan	2.743,15	2.743,15	2.427,20	244,35
5	Sangat rawan	0,00	0,00	0,00	0,00
Total (Ha)		25.852,12	25.852,12	852,12	25.852,12

Pada Tabel 6.12. Terlihat bahwa hasil simulasi alternatif I sampai III, menurunkan tingkat kerawanan pemasok banjir, sehingga kriteria Rawan diperoleh 244,35 ha.

## 6.4 Komponen yang Terancam (Dampak Negatif Kejadian Banjir)

Bencana banjir di bagian hilir sub DAS Negara dapat mengakibatkan kerugian berupa korban manusia dan harta benda, baik milik perorangan maupun milik umum yang dapat mengganggu dan bahkan melumpuhkan kegiatan sosial-ekonomi penduduk. Kejadian banjir di sub DAS Negara telah mengindikasikan kerusakan tata air (hidrologi) sebagai akibat dari terganggunya komponen lingkungan lainnya seperti kerusakan keanekaragaman hayati, hutan dan lahan, dan yang secara totalitas membentuk kerusakan lingkungan hidup, bahkan kerusakan ekosistem atmosfer.



**Gambar 6.7.** Hasil simulasi tingkat kerawanan pemasok banjir pada Alternatif III

Kejadian banjir dapat berdampak pada pada berbagai komponen dalam suatu ekosistem DAS atau sub DAS termasuk di sub DAS Negara Provinsi Kalimantan Selatan. Komponen umum yang terancam dari kejadian banjir adalah: 1) manusia; 2) prasarana umum; dan 3) harta benda perorangan.

#### **6.4.1 Manusia**

Kejadian banjir yang terancam pada manusia terdiri atas; penduduk yang meninggal dunia, penduduk yang hilang, penduduk yang luka-luka, penduduk yang mengungsi.

#### **6.4.2 Prasarana Umum**

Prasarana umum yang terancam dari kejadian banjir pada umumnya adalah: a) prasarana transportasi; b) fasilitas sosial; c) fasilitas pemerintah; d) industri-jasa. Selain itu fasilitas strategis lainnya adalah: a) prasarana pertanian; b) perikanan; dan c) prasarana tata air.

#### **6.4.3 Harta Benda Perorangan**

Harta benda perorangan yang terancam dari kejadian banjir adalah: a) rumah tinggal; b) modal-barang produksi dan perdagangan; dan c) sarana pertanian-peternakan-perikanan.

#### **6.4.4 Konsepsi Pengurangan Risiko Bencana**

Badan Koordinasi Nasional Penanganan Bencana (2007) menyatakan bahwa terdapat beberapa konsep pengurangan risiko bencana sebagai berikut:

- 1) Paradigma Relief atau Bantuan Darurat; yang bertujuan penanggulangan bencana berdasarkan pandangan ini untuk menekan tingkat kerugian, kerusakan dan cepatnya memulihkan keadaan,
- 2) Paradigma Mitigasi, yang tujuannya lebih diarahkan pada identifikasi daerah - daerah rawan bencana, mengenali pola - pola yang dapat menimbulkan kerawanan, dan melakukan kegiatan - kegiatan mitigasi yang bersifat struktural,
- 3) Paradigma penanggulangan bencana; bertujuan melaksanakan upaya - upaya yang lebih bersifat mengintegrasikan upaya penanggulangan bencana dengan program pembangunan, dan
- 4) Paradigma Pengurangan Risiko; bertujuan untuk meningkatkan kemampuan masyarakat untuk mengelola dan menekan risiko terjadinya bencana.

## **6.5 Upaya Pengendalian Banjir di Sub DAS Negara (Hulu dan Hilir)**

Penyelenggaraan kehutanan bertujuan untuk kemakmuran rakyat yang berkeadilan dan berkelanjutan dengan meningkatkan daya dukung DAS, oleh karena itu pemerintah menetapkan dan mempertahankan kecukupan luas kawasan hutan minimal luas 30 % dari luas DAS atau sub-DAS (UU. Nomor 41 tahun 1999 tentang Kehutanan), dan (UU, Nomor 26 tahun 2007 tentang penataan ruang).

Berdasarkan hasil simulasi pengurangan tingkat kerawan banjir dan masukan responden para pengambil kebijakan (instansi terkait) dan masyarakat di *catchment area* Jaing. Secara teknis arahan prioritas kebijakan rehabilitasi hutan dan lahan (RHL) yang dapat dilakukan untuk pengelolaan sub DAS Negara, agar diperoleh hasil yang optimal untuk pengendalian kerawanan banjir disarankan dilakukan sebagai berikut:

### **6.5.1 Upaya Pengendalian Banjir Di Catcment Area Jaing Sub DAS Negara Bagian Hulu Sebagai Pemasok Kerawanan Banjir**

Kejadian banjir pada bagian hilir suatu DAS atau sub DAS pada umumnya disebabkan oleh karena kondisi sub DAS bagian hulu dan tengah sebagai pemasok banjir. Upaya vegetatif dan sipil teknis yang dapat dilakukan untuk pengendalian kerawanan banjir pada bagian hulu adalah:

#### 1) Vegetatif

- a) RHL pada kawasan hutan melalui perluasan tanaman kehutanan,
- b) RHL pada areal penggunaan lain (APL) dikawasan budidaya melalui penanaman tanaman karet alam yang dapat berfungsi sebagai pengatur tata air dan meningkatkan kesejahteraan masyarakat,
- c) RHL lahan terbuka dan semak belukar pada kawasan hutan dan APL pada kawasan budidaya,
- d) RHL atau reklamasi pada areal konsesi pertambangan, dan
- e) Upaya perlindungan dan pemeliharaan lahan yang mempunyai kriteria tingkat kerawanan; tidak rawan dan kurang rawan.

#### 2) Sipil teknis

- a) RHL atau reklamasi pada areal pertambangan dengan pembuatan saluran pembuangan air (SPA) semi permanen dan terasering untuk RHL secara vegetatif pada areal konsesi pertambangan, dan

- b) RHL secara sipil teknis dengan pembuatan terasering pada lahan dengan kemiringan > 15 % untuk kegiatan pertanian.

### **6.5.2 Upaya Pengendalian Banjir Sub DAS Negara Bagian Hilir Sebagai Penerima Kerawanan Dan Kejadian Banjir**

- 1) Vegetatif
  - a) RHL pada kawasan hutan kawasan lindung diluar hutan melalui perluasan tanaman kehutanan dan atau tanaman tingkat tinggi lainnya yang mempunyai perakaran yang dapat berfungsi sebagai pengatur tata air,
  - b) RHL pada areal penggunaan lain (APL) di kawasan budidaya melalui penanaman tanaman karet alam yang dapat berfungsi sebagai pengatur tata air dan meningkatkan kesejahteraan masyarakat,
  - c) RHL pada lahan terbuka dan semak belukar, dan
  - d) RHL untuk Hutan kota dan lainnya sebagai pengatur tata air untuk pengendalian kerawanan banjir.
- 2) Sipil teknis
  - a) RHL atau reklamasi pada areal pertambangan dengan pembuatan saluran pembuangan air (SPA) semi permanen dan terasering untuk RHL secara vegetatif sesuai tingkat kemiringan lereng,
  - b) RHL secara sipil teknis dengan pembuatan terasering pada lahan dengan kemiringan > 15 % untuk kegiatan pertanian,
  - c) Pembangunan siring pada kondisi kiri-kanan sungai yang rawan terhadap longsor, dan
  - d) Normalisasi sungai dan pembuatan sodetan sebelum air sungai Tabalong dan sungai Balangan terkonsentrasi pada bagian hilir (sungai Negara) di Kabupaten Hulu Sungai Utara Penataan ruang perumahan pada kawasan rawan banjir.
- 3) Kebijakan Pemerintah
  - a) RTRW Provinsi Kalimantan Selatan dan Kabupaten di sub DAS Negara, RPJP dan RPJM Provinsi Kalimantan Selatan dan kabupaten

- di sub DAS Negara, agar mempertimbangkan tingkat kerawanan dan kejadian banjir di sub DAS Negara,
- b) UU dan Peraturan (UU terkait kerawanan banjir, peraturan pemerintah (PP), Peraturan Kementerian terkait (PerMen), perlu dijadikan acuan kegiatan penggunaan hutan dan lahan serta kegiatan pembangunan fisik sarana dan prasarana lainnya, dan
  - c) Perlu adanya peraturan daerah (PERDA) pengendalian kerawanan banjir.

## **6.6 Analisis SWOT (*Strengths, Weakness, Opportunity, dan Threats*) Pengendalian kerawanan banjir di *Catchment Area* Jaing**

Kajian ini dilakukan untuk mengetahui strategi pengendalian kerawanan pemasok banjir di *catchment area* Jaing sub DAS Negara. Identifikasi dan penilaian faktor-faktor internal (kekuatan dan kelemahan) dan eksternal (peluang dan ancaman) yang mempengaruhi pengendalian kerawanan banjir menggunakan analisis SWOT (*Strength, Weakness, Opportunity, and Threat*) untuk merumuskan strategi berdasarkan logika yang dapat memaksimalkan peluang namun secara bersamaan dapat meminimalkan kelemahan dan ancaman (Rangkuti,2005).

Analisis ini mengidentifikasi permasalahan berdasarkan kekuatan dan kelemahan yang dimiliki untuk mengatasi dan menjawab peluang dan ancaman, sehingga hasil analisis menjadi acuan dalam pengendalian kerawanan banjir di sub DAS Negara. Berdasarkan masukan (FGD instansi terkait) dan informasi yang telah diperoleh pada kajian ini, maka dapat disajikan komponen analisis SWOT yang terdiri atas: 1) kekuatan, kelemahan; 3) peluang; dan ancaman.

### **1. Kekuatan (*strengths*)**

- a. Dukungan pemerintah (Instansi terkait),
- b. Dukungan masyarakat setempat dan pihak swasta dalam pelestarian lingkungan,
- c. Kelembagaan masyarakat pengendalian kerawanan (Forum peduli lingkungan termasuk Forum DAS),
- d. Regulasi tentang upaya kelestarian lingkungan dan SD air (UU, PP, dan Peraturan Menteri),

- e. Regulasi tentang perencanaan terkait kelestarian lingkungan ((RTRW, RPJP/M, RPDAS, RPRHL, RTL, RTN, Renstra SKPD dan perencanaan lainnya terkait kelestarian ling dan SD Air),
- f. Terdapat jenis karet alam dan karet unggul yang mendominasi *catchment area* ini sebagai pengatur tata air dan untuk kesejahteraan masyarakat,
- g. Kelerengan relatif datar,
- h. Tersedianya akses jalan yang baik menuju lokasi, dan
- i. Kultur masyarakat untuk kegiatan RHL (masyarakat Dayak Deah).

## 2. Kelemahan (*Weakness*)

- a. Rendahnya luasan vegetasi berhutan,
- b. Terdapat lahan terbuka, semak belukar dan terdapat areal reklamasi,
- c. Kerapatan jaring sungai yang rendah,
- d. Adanya lahan kritis di *catchment area* ini,
- e. Sungai tidak normal untuk pengaliran air sungai,
- f. Terdapat dua sungai utama (sub-sub DAS Balangan dan Tabalong yang bermuara di HSU,
- g. Sedimentasi dan pendangkalan sungai,
- h. Rendahnya pengawasan, pengendalian dan movev pengg lahan,
- i. Belum optimalnya penataan ruang dan belum ada data base,
- j. Berkembangnya pemukiman sempadan sungai,
- k. Berkembangnya penduduk di hulu DAS,
- l. Konflik antara kepentingan ekonomi dan kelestarian lingkungan,
- m. kerapatan jaringan sungai agak rendah,
- n. Kawasan hutan pada bagian hulu kurang berfungsi sebagai,
- o. pengatur tata air (kawasan hutan di dominasi tanaman pertanian), dan
- p. SDM masih rendah dalam pengembangan RHL untuk kesejahteraan dan kelestarian lingkungan (tata air).

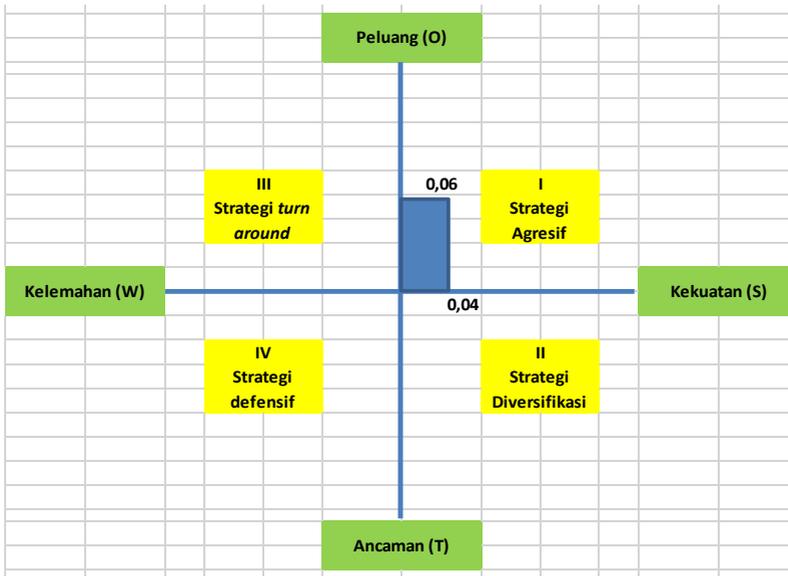
## 3. Peluang (*Opportunity*)

- a. Normalisasi sungai,
- b. Pembuatan sodetan (pengalihan aliran air) di HSU,

- c. Peluang peran serta LSM dan masyarakat (Forum peduli lingk),
- d. Kondisi aman dan kondusif,
- e. Adanya Alternative RHL (agroforestry) pelestarian lingkungan dan sumber daya air yang dapat dikembangkan,
- f. Masyarakat sudah mulai tahu dampak kerusakan,
- g. Pemanfaatan sumberdaya alam yang berlebihan,
- h. Perhatian masyarakat terhadap kelestarian alam semakin meningkat,
- i. Peluang sharing pendanaan operasi dan pemeliharaan, dan
- j. sungai dan RHL dengan pihak swasta.

#### **4. Ancaman (*threats*)**

- a. Perambahan Hutan Perladangan berpindah dan *illegal logging*,
- b. Perubahan iklim global,
- c. Pesatnya pertumbuhan penduduk,
- d. Kelangkaan keanekaragaman hayati,
- e. meningkatnya risiko bencana,
- f. Kelangkaan biota air sungai dan jenis ikan,
- g. Periode Kejadian banjir meningkat ,
- h. Konflik pemanfaatan sumber daya alam hutan dan lahan (SDA-HL)
- i. Heterogenis masyarakat,
- j. Penggunaan lahan yang tidak terkendali, dan
- k. Bekas tambang yang tidak direklamasi dan tidak terkendali.



**Gambar 6.8.** Diagram posisi strategi pengendalian kerawanan pemasok banjir

Berdasarkan hasil analisis diperoleh bahwa kekuatan (S) dan peluang (O) menjadi strategi yang terpilih yaitu strategi memanfaatkan seluruh potensi atau kekuatan untuk memanfaatkan peluang untuk pengendalian kerawanan banjir. Sesuai Paimin (2010), potensi merupakan kemampuan atau kekuatan sumber daya DAS yang mempunyai kemungkinan untuk dapat dikembangkan. Selanjutnya Ioris (2008), pemangku kepentingan menjadi bagian penting dalam pengelolaan lingkungan untuk kepentingan tata air, sedangkan Kusuma (2007), penambahan penduduk dan peningkatan laju pembangunan ekonomi wilayah telah ikut memacu laju konservasi lahan dari satu tipe penggunaan menjadi tipe penggunaan lainnya yang mempunyai keunggulan kooperatif lebih tinggi.

Matrik analisis SWOT untuk pengendalian kerawanan pemasok banjir di *catchment area* Jaing disajikan pada Tabel 6.13, sedangkan SWOT kerawanan banjir di *catchment area* Jaing sub DAS Negara disajikan pada Lampiran 29.

**Tabel 6.13.** Matrik Analisis SWOT Pengendalian Kerawanan Pemasok Banjir

	KEKUATAN (Strengths)	KELEMAHAN (Weakness)
Internal	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Dukungan pemerintah</li> <li>2. Dukungan masyarakat setempat dan pihak swasta dalam pelestarian lingkungan.</li> <li>3. Kelembagaan masyarakat pengendalian kerawanan banjir</li> <li>4. Regulasi tentang upaya kelestarian lingkungan dan sumberdaya air</li> <li>5. Regulasi tentang perencanaan terkait kelestarian lingkungan</li> <li>6. Terdapat jenis karet alam dan karet unggul yang mendominasi <i>catchment area</i> ini sebagai pengatur tata air dan untuk kesejahteraan masyarakat.</li> <li>7. Kelerengan relatif datar.</li> <li>8. Tersedianya akses jalan yang baik menuju lokasi.</li> <li>9. Kultur masyarakat untuk kegiatan RHL (masyarakat Dayak)</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Rendahnya luasan vegetasi berhutan</li> <li>2. Terdapat lahan terbuka, semak belukar &amp; lahan bekas tambang</li> <li>3. Kerapatan jaring sungai yang rendah</li> <li>4. Adanya lahan kritis di <i>catchment area</i> ini</li> <li>5. Sungai tidak normal untuk pengaliran air sungai</li> <li>6. Terdapat dua sungai utama (sub-sub DAS Balangan dan Tabalong yang bermuara di HSU</li> <li>7. Sedimentasi dan pendangkalan sungai</li> <li>8. Rendahnya pengawasan, pengendalian dan monev penggalan</li> <li>9. Belum optimalnya penataan ruang dan belum ada data base</li> <li>10. Berkembangnya pemukiman sempadan sungai</li> <li>11. Berkembangnya penduduk di hulu DAS</li> <li>12. Konflik antara</li> </ol>
Eksternal		

	Deah).	<p>kepentingan ekonomi dan kelestarian lingkungan</p> <p>13. kerapatan jaringan sungai agak rendah</p> <p>14. Kawasan hutan pada bagian hulu kurang berfungsi sebagai pengatur tata air (kawasan hutan di dominasi tanaman pertanian)</p> <p>15. SDM masih rendah dalam pengembangan RHL untuk kesejahteraan dan kelestarian lingkungan (tata air)</p>
<b>PELUANG (Opportunity)</b>	<b>STRATEGI ( S – O )</b>	<b>STRATEGI ( W – O )</b>
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Normalisasi sungai</li> <li>2. Pembangunan sodetan (pengalihan aliran air) di sub DAS Negara</li> <li>3. Peluang peran serta LSM dan masyarakat (Forum peduli lingk</li> <li>4. Kondisi aman dan kondusif</li> <li>5. Adanya Alternative RHL (agroforestry) pelestarian lingkungan dan sumberdaya air yang dapat</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Melengkapi infrastruktur pendukung normalisasi sungai; jalan, jembatan, sarana kebersihan, dan lainnya.</li> <li>2. Membuat regulasi (kebijakan) pembangunan sodetan</li> <li>3. Pelibatan peran Forum kelembagaan dalam upaya pengendalian kerawan banjir</li> <li>4. RHL lahan terbuka dan semak belukar pada kawasan hutan dan APL pada kawasan budidaya serta reklamasi pada areal konsesi pertambangan.</li> <li>5. Melakukan koordiansi antar instansi terkait,</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Pengembangan forumkoordinasi, komunikasi dan sosialisasi kerawan banjir dan dan upaya pengendaliannya</li> <li>2. Penguatan kelembagaan yang berbasis pengendalian kerawan banjir</li> <li>3. Mensinergikan kepentingan sosial ekonomi dan ekologis dalam perencanaan, pelaksanaan dan monevnya oleh isntansi terkait.</li> <li>4. Membuat regulasi terkait normalisasi sungai dan jenis tanaman yang bernilai tinggi untuk tata air pada bagian hulu sub DAS.</li> </ol>

<p>dikembangkan</p> <p>6. Masyarakat sudah mulai tahu dampak kerusakan lingkungan</p> <p>7. Pemanfaatan sumberdaya alam yang berlebihan</p> <p>8. Perhatian masyarakat terhadap kelestarian alam semakin meningkat</p> <p>9. Peluang sharing pendanaan operasi dan pemeliharaan sungai dan RHL dengan pelaku usaha di sub DAS.</p>	<p>pihak swasta yang memanfaatkan SDA di sub DAS Negara untuk pengendalian kerawaan banjir.</p>	<p>5. Memberdayakan masyarakat lokal dan pihak swasta dlm pelaksanaan RHL untuk kepentingan tata air dan kesejahteraan masyarakat</p>
<p><b>ANCAMAN (Threats)</b></p>	<p><b>STRATEGI ( S – T )</b></p>	<p><b>STRATEGI ( W – T )</b></p>
<p>1. Perambahan hutan perladangan berpindah dan ilegal logging</p> <p>2. Perubahan iklim global</p> <p>3. Pesatnya pertambahan penduduk</p> <p>4. Kelangkaan keanekaragaman hayati</p>	<p>1. Pengembangan metode, materi dan sarana prasarana penyuluhan, sosialisasi dan koordinasi yang mendukung kebijakan pengendalian kerawaan banjir</p> <p>2. Penyempurnaan peraturan perundang-undangan dan regulasi lainnya terkait pengendalian kerawan bencana banjir</p>	<p>1. Penguatan terkait kelembagaan masyarakat yang berbasis pengendalian kerawaan banjir</p> <p>2. Pengembangan jaringan kerja kelompok penyuluh, sosialisasi dan forum koordinasi pengendalian kerawan dan bencana banjir</p> <p>3. Meningkatkan kerjasama antara masyarakat lokal,</p>

<p>5. Meningkatnya risiko bencana</p> <p>6. Kelangkaan biota air sungai dan jenis ikan</p> <p>7. Periode Kejadian banjir meningkat</p> <p>8. Konflik pemanfaatan sumber daya alam hutan dan lahan (SDA-HL)</p> <p>9. Heterogenis masyarakat</p> <p>10. Penggunaan lahan yang tidak terkendali</p> <p>11. Bekas tambang yang tidak direklamasi dan tidak terkendali</p>	<p>3. Sosialisasi peraturan perundang-undangan dan kebijakan terkait pengendalian kerawanan banjir</p> <p>4. Melakukan kajian dampak penggunaan dan pemanfaatan sumber daya air, hutan dan lahan.</p>	<p>pelaku wisata dan pemerintah secara optimal</p> <p>4. Peningkatan kesadaran kepada masyarakat tentang pengendalian kerawanan dan bencana banjir</p> <p>5. Sosialisasi penggunaan lahan yang tidak terkendali kepada masyarakat dan pelaku usaha.</p>
--	---	---

Kajian pengelolaan DAS di catchment area Jaing untuk pengendalian pemasok kerawanan banjir ini dilakukan analisis SWOT: 1) strategi menggunakan kekuatan untuk memanfaatkan peluang; 2) strategi menanggulangi kelemahan dengan memanfaatkan peluang; 3) strategi menggunakan kekuatan untuk mengatasi ancaman; 4) strategi memperkecil kelemahan dan mengatasi ancaman.

### 6.7 Arahan Pengelolaan DAS

Berdasarkan hasil analisis karakteristik *catchment area* Jaing dan tingkat kerawanannya pemasok banjir serta upaya pengendaliannya, maka diperoleh arahan pengelolaan DAS di *catchment area* Jaing sub DAS Negara untuk pengendalian kerawanan pemasok banjir. Analisis terhadap faktor penggunaan dan penutupan lahan disajikan pada Tabel 6.14,

sedangkan diagram alir model pengelolaan DAS disajikan pada Gambar 6.9.

8. Analisis terhadap faktor penggunaan dan penutupan lahan (kondisi eksisting)

**Tabel 6.14.** Analisis Terhadap Faktor Penggunaan dan Penutupan Lahan

No.	Penggunaan dan Penutupan Lahan	Tahun 2013	
		(ha)	%
1	Sawah	279,76	1,08
2	Tanah terbuka	332,06	1,28
3	Tubuh air	12,42	0,05
4	Tambang	2.243,85	8,68
5	Pemukiman	414,93	1,61
6	Perkebunan	2.072,20	8,02
7	Pertanian lahan kering	6.653,11	25,7
8	Semak belukar	122,13	0,47
9	Pertanian lahan kering campur semak	10.084,08	39,01
10	Hutan lahan kering sekunder	1.290,91	4,99
11	Hutan tanaman	2.346,67	9,08
Jumlah		25852,12	100,00

9. Menentukan bobot dan skoring faktor biofisik karakteristik *catchment area* Jaing melalui AHP dan kuesioner para pengambil kebijakan. Bobot dan skor faktor biofisik disajikan pada Tabel 6.15.

**Tabel 6.15.** Bobot dan Skor Faktor Biofisik Karakteristik *Catchment Area* Jaing

No	Parameter kerawanan	Bobot (%)	Skor Rendah s/d tinggi
1	Penggunaan dan penutupan lahan	<b>43,0</b>	1 – 5
2	Curah hujan	<b>20,0</b>	1 – 5
3	Lereng	<b>10,0</b>	1 - 5
4	Tata air	<b>15,0</b>	
a	Kerapatan Jaringan sungai	5,0	1 - 5
b	Debit air	5,0	1 - 5
c	Infiltrasi	5,0	1 - 5
5	Lahan kritis	<b>12,0</b>	1 - 5

10. Analisis tingkat kerawanan pemasok banjir berdasarkan bobot dan scoring parameter biofisik karakteristik *catchment area* Jaing, sehingga di tentukan tingkat kerawanan pemasok banjir. Tingkat kerawanan banjir kondisi eksisting disajikan pada Tabel 6.16.

**Tabel 6.16.** Tingkat Kerawanan Banjir di *Catchment Area* Jaing Sub DAS Negara (Kondisi Eksisting)

No	Tingkat Kerawanan Banjir	Luas (ha)	%
1	Tidak rawan	1.801,52	6,97
2	Kurang rawan	18.891,23	73,07
3	Agak rawan	2.416,21	9,35
4	Rawan	2.743,15	10,61
5	Sangat rawan	0,00	0,00
Total		25.852,12	100,00

11. Evaluasi tingkat kerawanan banjir

- a. Kriteria kurang rawan dan tidak rawan banjir ( $<$  agak rawan), dan
- b. Kriteria sangat rawan, rawan dan agak rawan banjir ( $\geq$  agak rawan).

12. Simulasi beberapa alternatif perubahan penggunaan lahan yang dapat menurunkan tingkat kerawanan banjir,
  - a. Alternatif I; Perubahan tutupan lahan semak belukar 122,13ha menjadi karet alam,
  - b. Alternatif I; Perubahan lahan terbuka 414,93 ha menjadi karet alam, dan
  - c. Alternatif I; Perubahan bekas pertambangan 2.104,29 ha dilakukan reklamasi (tanaman kehutanan), 139,56 ha dilakukan reklamasi (tanaman kehutanan dan dilengkapi tindakan sipil teknis).

Analisis SWOT melalui *Focus group discussion* (FGD) dan kuesioner digunakan untuk mengidentifikasi faktor internal dan eksternal. Secara umum diperlukan sebagai berikut: a) Pengelolaan DAS terpadu; b) Kegiatan RHL secara vegetatif dan sipil teknis; c) Pengembangan dan peningkatan fungsi Kelembagaan; dan d) Regulasi terkait pengendalian kerawanan banjir.

13. Output penelitian adalah arahan kebijakan RHL *di catchment area* Jaing untuk pengendalian kerawanan pemasok banjir disajikan pada Tabel 6.16.

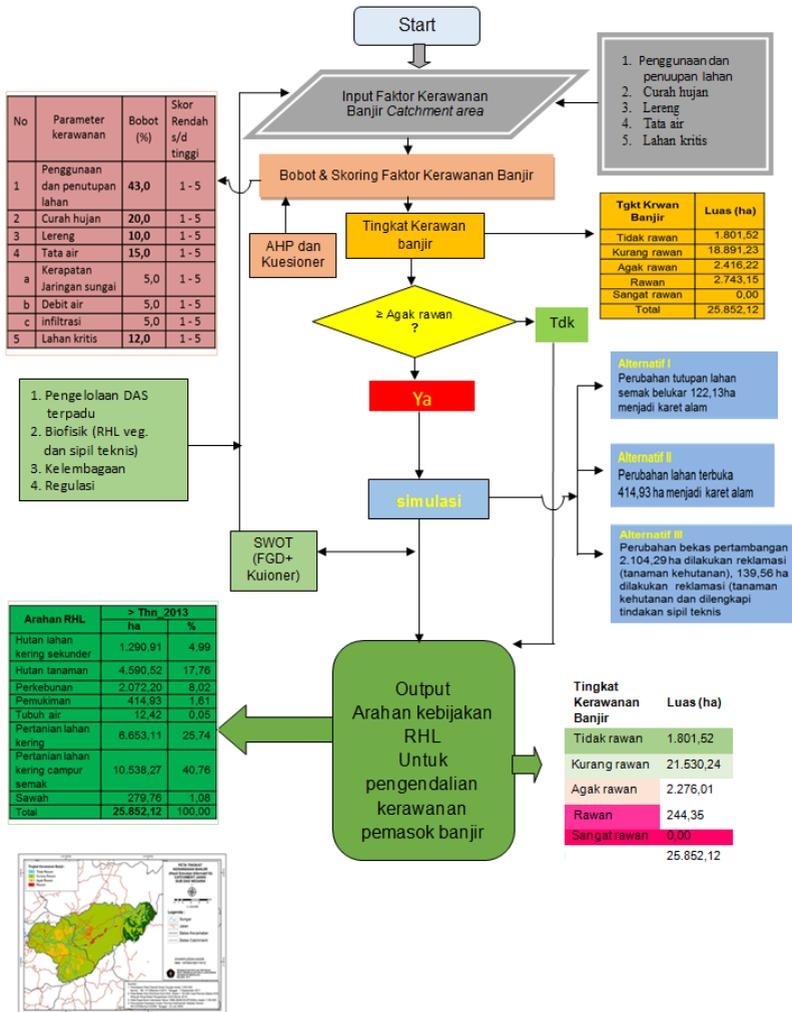
**Tabel 6.17.** Arahan Kebijakan RHL untuk Penggunaan Lahan di *Catchment Area* Jaing sub DAS Negara

No	Arahan RHL	> Thn_2013	
		ha	%
1	Hutan lahan kering sekunder	1.290,91	4,99
2	Hutan tanaman	4.590,52	17,76
3	Perkebunan	2.072,20	8,02
4	Pemukiman	414,93	1,61
5	Tubuh air	12,42	0,05
6	Pertanian lahan kering	6.653,11	25,74
7	Pertanian lahan kering campur semak	10.538,27	40,76
8	Sawah	279,76	1,08
Total		<b>25.852,12</b>	100,00

Arahan penggunaan dan penutupan lahan pada Tabel 6.17, diharapkan dapat menurunkan tingkat kekritisan lahan, sebagaimana terlihat pada Tabel 6.17 bahwa jumlah luas lahan kritis (agak kritis, kritis dan sangat kritis) menunjukkan kecenderungan yang semakin tinggi, sedangkan kondisi lahan potensial kritis semakin menurun pada periode tahun 2003 dan 2009 serta tahun 2013 (hasil analisis data penelitian). Arahan penggunaan dan penutupan lahan, baik di dalam kawasan hutan maupun di luar kawasan hutan akan menurunkan tingkat keritisan lahan yang pada gilirannya dapat menurunkan tingkat kerawanan pemasok banjir.

Peningkatan fungsi DAS sebagai pengatur tata air dengan meningkatkan infiltrasi, dilakukan melalui perubahan penggunaan lahan yaitu: 1) perubahan penutupan lahan semak belukar menjadi karet alam; 2) perubahan penutupan lahan terbuka menjadi karet alam; 3) perubahan bekas menjadi tanaman kehutanan yang dilengkapi tindakan sipil teknis. Perubahan menjadi karet alam dan tanaman kehutanan akan meningkatkan infiltrasi dan menurunkan laju aliran, hal sesuai Tabel 6.17, bahwa karet alam dan tanaman kehutanan dapat meningkatkan infiltrasi 65 - 125 mm/jam.

Berdasarkan arahan pengelolaan DAS untuk pengendalian banjir pada Gambar 5.9, diperoleh tingkat kerawanan pemasok banjir yaitu; 1) Tidak rawan banjir 1.801,52 ha, 2) kurang rawan banjir 21.530,24 ha, 3) Agak rawan banjir 2.276,01 ha dan 4) Rawan banjir 244,35 ha. Matrik perubahan luas kondisi eksisting dan hasil simulasi tahap I, II, dan III disajikan pada Tabel 6.3, terlihat bahwa penurunan tingkat kerawanan pemasok banjir berkurang dengan bertambahnya luasan vegetasi.



**Gambar 6.9.** Arahan pengendalian kerawanan banjir di Sub DAS Negara DAS Barito Provinsi Kalimantan Selatan.

### 7.1. Kesimpulan

**B**erdasarkan hasil penelitian kajian pengelolaan DAS untuk pengendalian banjir di Sub DAS Negara Provinsi Kalimantan Selatan yang diuraikan pada bab sebelumnya, maka disimpulkan sebagai berikut:

#### 7.1.1. Karakteristik *Catchment Area* Jaing Sub Das Negara

1. Penggunaan dan penutupan lahan terdiri atas 11 jenis yang didominasi oleh pertanian lahan kering campur semak dan pertanian lahan kering seluas 16737,19 ha (64,7%), sedangkan hutan 3.637,58 ha (14,07 %).
2. Tata air yang terdiri atas jaringan sungai, debit air dan infiltrasi adalah:
  - a. kerapatan jaringan sungai 2,274 km/km<sup>2</sup>;
  - b. koefisien regime sungai 8,2;
  - c. laju infiltrasi terendah pada sawah, lahan terbuka, tubuh air dan pertambangan (1 – 5 mm/jam), dan tertinggi pada pertanian lahan kering campur semak, hutan sekunder dan hutan tanaman (65 -125 mm/jam).
3. Tingkat kekritisn lahan di dominasi oleh potensial kritis dan agak kritis seluas 23.074 ha atau 82,9 %.

#### 7.1.2. Tingkat Kerawanan Banjir Kondisi Eksisting

Hasil analisis karakteristik *catchment area* Jaing terhadap tingkat kerawanan pemasok banjir kondisi eksisting diperoleh:

1. Tidak rawan banjir 1.801,52 ha (6,97 %);
2. Kurang rawan 18.891,23 ha (73,07 %);
3. Agak rawan 2.416,21 ha (9,35 %); dan
4. Rawan banjir 2.743,15 ha (10,61%).

#### 7.1.3. Kebijakan Revolusi Hijau Untuk Pengendalian Kerawanan Banjir

1. Simulasi untuk mengurangi kondisi lahan rawan pemasok banjir dan agak rawan pemasok banjir, dilakukan tiga alternatif.

- a. Alternatif I, perubahan penutupan lahan semak belukar 122,13 ha menjadi karet alam,
  - b. Alternatif II, perubahan penutupan lahan terbuka 414,93 ha menjadi karet alam, dan
  - c. Alternatif III, perubahan bekas pertambangan 2.104,29 ha dilakukan reklamasi (tanaman kehutanan), selain itu seluas 139,56 ha dilakukan reklamasi (tanaman kehutanan dan dilengkapi tindakan sipil teknis).
2. Arahan penggunaan dan penutupan lahan di *catchment area* Jaing untuk pengendalian pemasok banjir yaitu: a) hutan lahan kering sekunder 1.290,91 ha; b) hutan tanaman 4.590,52 ha; c) perkebunan 2.072,20 ha; d) Pemukiman 414,93 ha; e) Tubuh air 12,42 ha; f) pertanian lahan kering 6.653,11 ha; g) pertanian lahan kering campur semak 10.538,27 ha; dan h) sawah 279,76 ha.
  3. Berdasarkan arahan penggunaan dan penutupan lahan, maka diperoleh tingkat kerawanan pemasok banjir yaitu: a) tidak rawan banjir 1.801,52 ha (6,97 %); b) kurang rawan banjir 21.530,24 ha (83,28 %); c) agak rawan banjir 2.276,01 ha (8,80 %); dan d) rawan banjir 244,35 ha (0,95 %).

#### **7.1.4. Kebaruan (*Novelty*) Hasil Penelitian Untuk Pengendalian Kerawanan Banjir**

1. Kebaruan (*Novelty*) pada kajian ini adalah: a) tata air (kerapatan aliran, debit air, dan infiltrasi); dan b) kekritisan lahan, sebagai parameter kunci penentuan kerawanan pemasok banjir untuk melengkapi parameter lainnya (penggunaan lahan, curah hujan, dan lereng) yang telah dilakukan dan dilaporkan pada kajian penelitian sebelumnya.
2. Alternatif Kebijakan pengelolaan DAS di *catchment area* Jaing sub DAS Negara untuk pengendalian kerawanan sebagai pemasok banjir adalah:
  - a. Perubahan tutupan lahan semak belukar 122,13 ha menjadi karet alam,
  - b. Perubahan lahan terbuka 414,93 ha menjadi karet alam, dan
  - c. Perubahan bekas pertambangan 2.104,29 ha dilakukan reklamasi (tanaman kehutanan) dan 139,56 ha dilakukan reklamasi (tanaman kehutanan) yang dilengkapi tindakan sipil teknis.

3. Diperoleh arahan prioritas kebijakan revolusi hijau secara vegetatif dan sipil teknis pengelolaan *catchment area* Jaing sub DAS Negara untuk pengendalian kerawanan pemasok banjir, dapat meningkatkan kesejahteraan masyarakat, dan sejalan dengan RAD-GRK di Provinsi Kalimantan Selatan

## 7.2. Saran

Dalam rangka terwujudnya pembangunan yang berkelanjutan dan menghindari terjadinya dampak bencana banjir yang semakin luas, maka upaya pengelolaan DAS melalui revolusi hijau perlu diselenggarakan secara terpadu oleh pemangku kepentingan, lintas wilayah dan lintas sektor dengan memperhatikan daya dukung lingkungan DAS atau pada suatu *catchment area*, sebagai upaya mitigasi, pengendalian dan penanggulangan kerawanan banjir.

### 7.2.1. Upaya Pengendalian Kerawanan Pemasok Banjir Sub DAS Negara Bagian Hulu

#### 1) Vegetatif

- a) Revolusi hijau pada kawasan hutan melalui perluasan tanaman kehutanan,
- b) Revolusi hijau pada areal penggunaan lain (APL) dikawasan budidaya melalui penanaman tanaman karet alam yang dapat berfungsi sebagai pengatur tata air dan meningkatkan kesejahteraan masyarakat,
- c) Revolusi hijau atau reklamasi pada areal konsesi pertambangan, dan
- d) Upaya perlindungan dan pemeliharaan lahan yang mempunyai kriteria tingkat kerawanan; tidak rawan dan kurang rawan.

#### 2) Sipil Teknis

- a) Revolusi hijau atau reklamasi pada areal pertambangan dengan pembuatan saluran pembuangan air (SPA) semi permanen dan terasering untuk Revolusi hijau secara vegetatif pada areal konsesi pertambangan, dan
- b) Revolusi hijau secara sipil teknis dengan pembuatan terasering pada lahan dengan kemiringan > 15 % untuk kegiatan pertanian.

## **7.2.2. Upaya Pengendalian kerawanan Banjir Sub DAS Negara Bagian Hilir Sebagai Penerima Kerawanan dan Kejadian Banjir**

### **1) Vegetatif**

- a. Revolusi hijau pada kawasan hutan kawasan lindung diluar hutan melalui perluasan tanaman kehutanan dan atau tanaman tingkat tinggi lainnya yang mempunyai perakaran yang dapat berfungsi sebagai pengatur tata air,
- b. Revolusi hijau pada areal penggunaan lain (APL) di kawasan budidaya melalui penanaman tanaman karet alam yang dapat berfungsi sebagai pengatur tata air dan meningkatkan kesejahteraan masyarakat, dan
- c. Revolusi hijau untuk Hutan kota dan lainnya sebagai pengatur tata air untuk pengendalian kerawanan banjir.

### **2) Sipil Teknis**

- a. Pembangunan siring pada kondisi kiri-kanan sungai yang rawan terhadap banjir,
- b. Embung atau cekungan penampung (retention basin) adalah cekungan yang digunakan untuk mengatur dan menampung suplai aliran air hujan
- c. Normalisasi sungai dan pembuatan sodetan sebelum air sungai Tabalong dan sungai Balangan terkonsentrasi pada bagian hilir sungai negara di Kabupaten Hulu Sungai Utara, dan
- d. Penataan ruang perumahan pada kawasan rawan banjir.

### **3) Kebijakan Pemerintah**

- a. UU dan Peraturan (UU terkait kerawanan banjir, peraturan pemerintah (PP), Peraturan kementerian terkait (PerMen) sebagai acuan kegiatan penggunaan dan pemanfaatan hutan dan lahan serta kegiatan pembangunan fisik sarana dan prasarana lainnya,
- b. RTRW Provinsi Kalimantan Selatan dan Kabupaten di sub DAS Negara, RPJP dan RPJM Provinsi Kalimantan Selatan dan kabupaten di sub DAS Negara, agar mempertimbangkan tingkat kerawanan pemasok banjir dan kejadian banjir di sub DAS Negara, dan
- c. Perlu adanya peraturan daerah (PERDA) terkait pengendalian kerawanan banjir secara terpadu lintas sektoral dan lintas wilayah.

## DAFTAR PUSTAKA

- Adeoye, N. O., and Ayeni, B. 2010. Assessment of Deforestation, Biodiversity Loss and the Associated Factors: Case Study of Ijesa-Ekiti, Region of Southwestern Nigeria. *Geo Journal*. **76** (3): 229–243. doi :10.1007/s10708-009-9336-z.
- Anbalagan. 1992. Landslide Hazard Evaluation and Zonation Mapping In Mountainous Terrain. *Engineering Geology*. **32** pp 269-277.
- Andah, K. 2003. The River Basin as a Basic Unit of Integrated Water Resources Management, *Journal African Water*. Desember:65-81.
- Ansari, Z. R., Rao, L. A., K., and Yusuf, A. 2012. GIS Based Morphometric Analysis of Yamuna Drainage Network In Parts of Fatehabad Area Of Agra District, Uttar Pradesh. *Journal of the Geological Society of India* **79** (5): 505-514. doi:http://dx.doi.org/10.1007/s12594-012-0075-2
- Arribas, A., Gallardo, C., Gaertner, A., and Castro, M. (2003). Sensitivity of the Iberian Peninsula Climate to a Land Degradation, August: 477–489. doi :10.1007/s00382-002-0285-1.
- Arsyad, S. 1989. *Konservasi Tanah dan Air, Edisi Kesatu*. IPB Press. Bogor.
- \_\_\_\_\_. 2010. *Konservasi Tanah dan Air, Edisi Kedua Cetakan Kedua*. IPB Press. Bogor.
- Asdak, C. 2007. *Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*. Cetakan Keempat (revisi). Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.
- \_\_\_\_\_. 2010. *Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*. Cetakan Kelima (revisi). Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.
- Azhari. SK.. 2007. Bencana Air Karena Salah Urus, *Jurnal Sosioteknologi (SDM dan Iptek dalam Penanganan Bencana)*. **6** (10):190-195.

- Badan Nasional Penanggulangan Bencana. 2007. *Pengenalan Karakteristik Bencana dan Upaya Mitigasinya di Indonesia*, Jakarta.
- Badan Penelitian dan Pengembangan Daerah Provinsi Kalimantan Selatan dan Fakultas Kehutanan Unlam. 2010. *Masterplan Banjir dan Pengelolaannya di Kalimantan Selatan*, Banjarmasin.
- Baja,S. 2012<sup>a</sup>. *Tata guna lahan dan pengembangan wilayah. Pendekatan spasial dan aplikasinya*. Andi Yogyakarta.
- Baja,S. 2012<sup>b</sup>. *Metode analitik evaluasi sumber daya lahan. Aplikasi GIS, fuzzy set, dan MCDM*, Identitas Universitas Hasanuddin, Makassar.
- Bajocco, S., De Angelis, A., Perini, L., Ferrara, A., and Salvati, L. 2012. The Impact of Land Use/Land Cover Changes on Land Degradation Dynamics: a Mediterranean Case Study, *Environmental Management*. **49** (5): 980–9. doi:10.1007/s00267-012-9831-8.
- Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Lahan. 2011. *Peta Suberdaya Tanah Tingkat Tinjau Provinsi Kalimantan Selatan Skla 1 : 250.000*, Bogor.
- Balai Pengelolaan DAS Barito dan Fakultas Kehutanan Unlam. 2010. *Penyusunan Batas sub DAS/sub sub DAS Hasil Review Batas DAS wilayah Kerja BP-DAS Barito*, Banjarbaru.
- Balai Pengelolaan DAS Barito. 2009. *Updating data spasial Lahan Kritis Wilayah Kerja Balai Pengelolaan DAS Barito*. Banjarbaru.
- Balai Pemantapan Kawasan Hutan Wilayah V. 2012. *Peta Penutupan Lahan Provinsi Kalimantan Selatan*, Banjarbaru.
- Bales, J.D., and Wagner, C.R. 2009. Sources of Uncertainty In Flood Inudation Maps, *Journal of Flood Risk Management*. **2** (2): 139-147.
- Barungi, M., Ng'ong'ola, D. H., Edriss, a., Mugisha, J., Waithaka, M. & Tukahirwa, J. 2013. Factors Influencing the Adoption of Soil Erosion Control Technologies by Farmers along the Slopes of Mt, Elgon in Eastern Uganda. *Journal of Sustainable Development*. **6** (2), 9–25.

- Bhattacharya, T., and Guleria, S. 2011. Coastal Flood Management In Rural Planning Unit Through Land-Use Planning: Kaikhali, West Bengal, India. *Journal of Coastal Conservation*, **16** (1): 77–87.  
**doi:10.1007/s11852-011-0176-x.**
- Bin, F., Yu-kuan, W., Yi, R., Cheng, L., and Pei, X. 2008. Study on Rain-Runoff Process In The Peripheral Mountainous Area of the Sichuan Basin. *Chinese Journal of Geochemistry*, **27** (2): 183–188.  
**doi:10.1007/s11631-008-0183-2**
- Badan Metereologi Klimatologi dan Geofisika - Stasiun Klimatologi Kelas I Banjarbaru. 2013. *Peta Normal Curah Hujan Kalimantan Selatan*, Banjarbaru. <http://www.klimatologibanjarbaru.com/pages/berita.php>.
- Borah. D.K. 2011. Hydrologic Procedures of Storm Event Watershed Models:A Comprehensive Review ond Comparison. *Infrastructure Management, Woolpert Inc., Chesapeake, VA 23320, USA*.
- Bowyer, J. 1997. Strategies for Ensuring the Survival of the Tropical Forests: Can Logging Be One of Them? *Forest Products Journal* **47**(2): 1-10.
- Bruijnzeel. L.A. 2009. *Tropical Reforestation and Streamflow: The Need for a Balanced Account*. Vrije Universiteit. Amsterdam.
- Budhiyono, B.E, dan Murdiyarso, D. 1990. Pendekatan Kuantitatif dalam Pengelolaan System Daerah Aliran Sungai Pengaliran Waduk. *Lokakarya Pengembangan dan Pelestarian Wilayah Waduk Wonogiri*, Tawangmangu Surakarta. p.16-19.
- Bukhari dan Febryano,I.B. 2008. Desain Agroforestry Pada Lahan Kritis (Studi Kasus di Kecamatan Indrapuri Kabupaten Aceh Besar. *Jurnal Perennial*, **6** (1) : 53-59.
- Business Editors/High-Tech Writers.2000. *Computer Modelling Group*, ltd. Adds Stereo Viewing Capability to 'Builder' and 'Results' Reservoir Simulation Software Packages. Business wire. Retrieved from.  
[http://search.proquest.com/docview/445820920?accountid=46437.](http://search.proquest.com/docview/445820920?accountid=46437)

- Cahyo,W.N. 2008. Pendekatan Simulasi Monte Carlo Untuk Pemilihan Alternatif Dengan *Decision Tree* pada Nilai *outcome* yang Probabilistik. *Teknoin*, **13** (2): 11-17.
- Carlson and Toby, N. 2004. Analysis and Prediction of Surface Runoff in an Urbanizing Watershed Using Satellite Imagery<sup>1</sup>. *Journal of the American Water Resources Association*. **40** (4):1087-1098.
- 1.5. Caron, E., Lafrance, P., and Auclair, JC. 2010. Impact of Grass and Grass with Poplar Buffer Strips on Atrazine and Metolachlor Losses in Surface Runoff and Subsurface Infiltration from Agricultural Plots, *Journal of Environmental Quality*. **39** (2): 617-629.
- Cheng, S. 2010. Raingauge Significance Evaluation Based on Mean Hyetographs, *Natural Hazards*. **56** (3): 767–784.  
**doi:10.1007/s11069-010-9589-3.**
- 1.6. Cho, Huidae, Olivera, and Francisco. 2009. Effect of the Spatial Variability of Land Use, Soil Type, and Precipitation on Streamflows In Small Watersheds<sup>1</sup>, *Journal of the American Water Resources Association*. **45** (3):73-686.
- Chow, V.T. 1968. *Handbook of Applied Hydrology*. McGraw-Hill Book Co. New York.
- Cojean, R., and Cai, Y. J. 2011. Analysis and Modeling of Slope Stability in the Three-Gorges Dam reservoir (China) — The case of Huangtupo landslide, *Journal of Mountain Science*. **8** (2): 166–175.  
**doi:10.1007/s11629-011-2100.**
- Crow, J. J. (2006). Examining Cognitive Processes of Unstructured Decision Making. (Order No. 3244677, Kansas State University). *ProQuest Dissertations and Theses*: 83-83 p.
- Dabney, S. M., Wilson, G. V., McGregor, K. C., and Vieira, D. N. 2012. Runoff Through and Upslope of Contour Switchgrass Hedges, *Soil Science Society of America Journal*. **76** (1): 210-219 .  
**doi:10.2136/sssaj2011.0019**

- Dang, N. M., Babel, M. S., and Luong, H. T. 2010. Evaluation of Food Risk Parameters in the Day River Flood Diversion Area, Red River Delta, Vietnam. *Natural Hazards*. **56** (1): 169–194. doi:10.1007/s11069-010-9558-x.
- Delasdriana,W., dan Purwanto, T.H. 2012 Analisis Perbandingan Jalur Pipa Transmisi PDAM Eksisting dengan Metode *Least Cost Path* di Kabupaten Sleman. *Jurnal Bumi Indonesia*. **1** (3):14-146.
- De Bruijn, K.M., and Klijn, F. 2009. Risky Places In The Netherlands: A First Approximation For Floods, *Journal of Flood Risk Management* **2** (1):58-67.
- Departemen Kehutanan RI. 1998. *Pedoman Penyusunan Rencana Teknik Lapangan Rehabilitasi dan Konservasi Tanah*. Jakarta.
- Departemen Kehutanan RI.. 2004. *Peraturan Direktur Jenderal Rehabilitasi Lahan dan Perhutanan Sosial Nomor : SK.167/V-SET/2004. tentang Petunjuk Teknis Penyusunan Data Spasial Lahan Kritis*. Jakarta.
- \_\_\_\_\_. 2006. *Sosialisasi Pedoman/Kebijakan Pengelolaan DAS Lingkup Provinsi Kalimantan Selatan di Banjarbaru pada Tanggal 7 Maret 2006*. Banjarbaru.
- Departemen Kehutanan RI., dan Universitas Gajah Mada. 2007. *Sistim Standar Operasi Prosedur (SSOP) Pengendalian bencana Banjir dan Tanah Longsor*. Jakarta.
- Departemen Kehutanan RI. 2008. *Pedoman Teknik Rehabilitasi Hutan dan Lahan, Peraturan Menteri Kehutanan Nomor P.70/Menhut-II/2008*. Jakarta.
- Déry, S. J., Hernández-Henríquez, M. A., Burford, J. E., and Wood, E. F. (2009). Observational Evidence of An Intensifying Hydrological Cycle in Northern Canada. *Geophysical Research Letters*. **36** (13) doi:http://dx.doi.org/10.1029/2009GL038852.

- Dinas Kehutanan Kabupaten Tabalong. 2010. Rencana Pengelolaan Rehabilitasi Hutan dan Lahan Kabupaten Tabalong tahun 2011 – 2015. Tanjung. [dishut.tabalongkab.go.id/?p=658](http://dishut.tabalongkab.go.id/?p=658).
- Donkor, M.K. 2003. Development Challenges of Water Resource Management in Africa, *Journal African Water*. **Desember** :1-19.
- Endriyanto, dan Ihsan, F. 2011. Teknik Pengamatan Curah Hujan Di Stasiun Klimatologi. Kebun percobaan Cukurgondang, Pasuruan. *Buletin Teknik Pertanian* **16** (2): 61-63.
- Eze, E. B., Ani, D. I., and Comfort, O. 2011. Evaluation of the Infiltration Capacity of Soils in Akpabuyo Local Go Infiltration can be Considered as the Process by Which Water from the Surface Moves Into the Groundvernment Area of Cross River, Nigeria. **3** (1). **doi:10.5539/jgg.v3n1p189**.
- Faisal, F. dan Ulfah, A.M. 2009. Korelasi antara Total Curah Hujan Terhadap Kadar SPM Padatahun 2004-2008 Di Jakarta Dalam Proses Pembersihan Atmosfer oleh Hujan, *Buletin Meteorologi Klimatologi dan Geofisika*. **5** (3): 263-274.
- Faisol, A, Indarto, dan Usaman, F. 2009. *Teori dan Praktek Sistem Informasi Geografis Menggunakan Open Source GRASS*. PT. Javatechnico Mandiri Indonesia. Manokwari.
- Falconer, R. A., and Richard, H. 2005. Catchment Flood Management. *Water International*. **30** (1): 5-13.
- Feng, J., Wang, T., Qi, S., and Xie, C. 2004. Land Degradation in the Source Region of the Yellow River, Northeast Qinghai-Xizang Plateau: *classification and evaluation*. *Environmental Geology*. **47** (4): 459 – 466. **doi :10.1007/s00254-004-1161-6**.
- Franti, T. G., Peter, C. J., Tierney, D. P., Fawcett, R. S., and Myers, S. A. (1998). Reducing herbicide losses from tile-outlet terraces. *Journal of Soil and Water Conservation*. **53** (1): 25-31.

- Gilley, J E., Risse, L M., and Eghball, B. 2002. Managing Runoff Following Manure Application. *Journal of Soil and Water Conservation* **57** (6): 530- 533.
- Goff, K. M., and Gentry, R. W. 2006. The Influence of Watershed and Development Characteristics on The Cumulative Impacts of Stormwater Detention Ponds. *Water Resources Management*. **20** (6): 829-860. doi:<http://dx.doi.org/10.1007/s11269-005-9010-2>.
- Gould, L. S. (2006). Catia Enhancements Keep on Coming. *Automotive Design & Production*. **118** (3): 70.
- Gregory,P.E., Yanli, Z., adn Barten. P.K. 2007. *Watershed Forest Management Information System*. University of Massachusetts Amherst – USDA Forest Service.
- Guy, J. 2009. Valley Reaps Hefty Rainfall: Storms Put Fresno Above Normal For December. *McClatchy - Tribune Business News*. Retrieved from <http://search.proquest.com/docview/455784613?accountid=46437>.
- Hack, J. J., Caron, J. M., Yeager, S. G., Oleson,K. W., and al, e. 2006. Simulation of the Global Hydrological Cycle in the CCSM Community Atmosphere Model Version 3 (CAM3). *Journal of Climate*. **19** (11): 2199-2221.
- Hairiah, K., Suprayogo, D., Widiyanto, Berlian, Suhara, E., Mardiasuning, A., Widodo, R.H., Prayogo, C., and Rahayu, S. 2004. Alih Guna Lahan Hutan Menjadi Lahan Agroforestri Berbasis Kopi: Ketebalan Serasah. Populasi Cacing Tanah dan Makroporositas Tanah. *Jurnal Agrivita*. **26** (1):68-80.
- Hasrullah. 2009. Study on Impacts of Rainwater Infiltration on Stability of Slope. University of Borneo Tarakan. *Journal of Technical Science – system*. **5** (2): 5-13.
- Hernandez-Ramirez, G. 2008. Emerging Markets for Ecosystem Services: A Case Study of the Panama Canal Watershed. *Journal of Environment Quality*. **37** (5): 1995. doi: [10.2134/jeq2008.0010br](https://doi.org/10.2134/jeq2008.0010br).

- Holway, J. M., and Burby, R. J. (1993). Reducing Flood Losses Local Planning and Land Use Controls. *Journal of the American Planning Association*. **59** (2): 205–216. doi:10.1080/01944369308975869.
- Hidayat .2011. *Analisis curah hujan bulan oktober 2011 dan prakiraan curah hujan bulan november, desember 2011 dan januari 2012 Provinsi Kalimantan Tengah*. Badan Meteorologi Klimatologi Dan Geofisika Stasiun meteorologi palangka raya. Palangka Raya.
- Horton R.I. (1938). Interpretation and Application of Runoff Plot Experiments With Reference to Soil Erosion Problems. *Journal Soil Science Society of America Proceedings*. **3**: 340–349.
- Hussain, Z. (2011). Application of the Regional Flood Frequency Analysis to the Upper and Lower Basins of the Indus River, Pakistan. *Water Resources Management*. **25** (11): 2797–2822. doi:10.1007/s11269-011-9839-5.
- Indarto. 2010. *Hidrologi Dasar Teori dan Contoh Aplikasi Model Hidrologi*. Bumi Aksara. Jakarta.
- Ioris, A. (2008). The Limits of Integrated Water Resources Management: A Case Study of Brazils Paraba do Sul River Basin. *Sustainability: Science, Practice, & Policy*, **4** (2). Retrieved from <http://search.proquest.com/docview/1428637541?accountid=46437>.
- Jacob, J., Disnar, J., Arnaud, F., Gauthier, E., Billaud, Y., Chapron, E., and Bardoux, G. (2009). Impacts of New Agricultural Practices on Soil Erosion During the Bronze Age in the French Prealps. *The Holocene*. **19** (2): 241-249. doi:<http://dx.doi.org/10.1177/0959683608100568>.
- Jauhari.A, Septiani, Y., Widyantoro, B., Thaheer, H., Manurung,T., Satono, H., dan Raharjo, B. 2009. *Rencana Jangka Panjang Industri Lestari Berbasis Kayu di Provinsi Kalimantan Selatan*. Banjarbaru.
- Jiang, X., Huang, C., and Ruan, F. 2008. Impacts of Land Cover Changes on Runoff and Sediment in the Cedar Creek Watershed, St. Joseph River, Indiana, United States. *Journal of Mountain Science*. **5** (2): 113–121. doi:10.1007/s11629-008-0105-0.

Jupren, D.I. 2009. *Bahan Kuliah Statistik. Aturan Sturges*.

<http://jupren.blogspot.com/2009/12/aturan-sturges.html> Maret, 23, 2012.

Kadir, S. 2002. Pengelolaan DAS Terpadu di Kawasan Lindung Riam Kanan Provinsi Kalimantan Selatan, *Jurnal Tropika*. Fakultas Pertanian Universitas Muhammadiyah Malang **10** (1): 87-99.

\_\_\_\_\_. 2003. Analisis Kesesuaian Lahan Kawasan Lindung DAS Riam Kanan Provinsi Kalimantan Selatan. *Jurnal Tropika*. Fakultas Pertanian Universitas Muhammadiyah Malang. **11** (1): 77- 84.

\_\_\_\_\_. 2006. Analisis Kemampuan Lahan d Areal HPH PT Kodeco Timber Kabupaten Kotabaru Kalimantan Selatan, *Jurnal Anterior*, Universitas Muhammadiyah. Palangka Raya. **6** (1): 8 -14.

\_\_\_\_\_. 2006. Analisis Tingkat Kekritisn Pada Sub-Sub DAS Tabalong Sub DAS Negara Kabupaten Tabalong Kalimantan Selatan, *Jurnal Anterior* Universitas Muhammadiyah Palangka Raya Edisi Khusus 1 - 5.

\_\_\_\_\_. 2008. Kajian Kajian Tingkat Bahay Erosi di Sub-DAS Teweh DAS Barito Provinsi Kalimantan Tengah, *Jurnal Hutan Tropis Borneo: Fakultas Kehutanan Universitas Lambung Mangkurat*. **9** (22): 49 - 54.

\_\_\_\_\_. 2011. Kajian Karakteristik Sub-DAS Negara DAS Barito Provinsi Kalimantan Selatan. *Prosiding Seminar Nasional PERTETA*, Peranan Pertanian dalam Mendukung Pertanian Industrial Berkelanjutan, Jember 21-22 Juli 2011: p 656 - 665.

Kadir, S., Rayes, M. L., Ruslan, M., and Kusuma, Z. 2013. Infiltration To Control Flood Vulnerability A Case Study of Rubber Plantation of Dayak Deah Community in Negara, *Academic Research International. Natural and Applied Sciences*. **4** (5):1-13. <http://www.savap.org.pk>

- Kadir,S.,Badaruddin, Nurlina.Ridwan,I.,. 2020. Kajian Tata Air Untuk Revolusi Hijau di Sub DAS Banyu Irang DAS Maluka Provinsi Kalimantan Selatan di Sub DAS Banyu Irang DAS Maluka
- Karamouz, M., Imani, M., Ahmadi, A., and Moridi, A. 2009. Optimal Flood Management Options With Probabilistic Optimization: A Case Study\*. *Iranian Journal of Science and Technology*. **33**: 109-121.
- Kartasapoetra,G., Kartasapoetra, A.G., dan Sutedjo, M.M. 2000. *Teknologi Konservasi Tanah dan Air. P.T PT. Rineka Cipta Cetakan keempat*, Jakarta.
- Kasereka, K. 2010. Remote Sensing and Geographic Information System for Inferring Land Cover and Land Use Change in Wuhan ( China ), 1987-2006. **3** (2): 221–230.
- Kementerian Kehutanan RI. 2009<sup>a</sup>. *Keputusan Menteri Kehutanan Nomor SK. 328/Menhut-II/2009, tentang 108 DAS di Indonesia yang di Prioritaskan Penanganannya*. Jakarta
- \_\_\_\_\_. 2009<sup>b</sup>. *Peraturan Meneteri Kehutanan Nomor P.32/Menhut-II/2009. Tata Cara Penyusunan Rencana Teknik Rehabilitasi Hutan dan Lahan Daerah Aliran Sungai (RTk-RHL-DAS)*. Jakarta.
- \_\_\_\_\_. 2009<sup>c</sup>. *Pedoman Penyusunan Rencana Pengelolaan DAS Terpadu. Peraturan Menteri Kehutanan Nomor P.39/Menhut-II/2009*. Jakarta.
- \_\_\_\_\_. 2009<sup>d</sup>. *Pedoman Monitoring dan Evaluasi Daerah Aliran Sungai. Peraturan Direktur Jenderal RLPS. Nomor: P.04/V-SET/2009*). Jakarta.
- \_\_\_\_\_. 2009<sup>e</sup>. *Rencana Strategis Rehabilitasi lahan dan perhutanan sosial (RLPS) Tahun 2010 – 2014*. Jakarta.
- Kementerian Kehutanan RI. 2011<sup>a</sup>. *Peraturan Direktur Jenderal Bina Pengelolaan Daerah Aliran Sungai dan Perhutanan Sosial Nomor :*

P.7/V-DAS/2011. tentang Petunjuk Teknis Sistim Standar Operasi  
Prosedur (SSOP) Penanggulangan Banjir dan Tanah Longsor. Jakarta

---

. 2011<sup>b</sup>. Keputusan Menteri Kehutanan Republik  
Indonesia Nomor: SK. 511/Menhut-V/2011 Tentang Penetapan Peta  
Daerah Aliran Sungai. Jakarta.

Kesbanglingmas Kabupaten Tabalong. 2011. *Data Kejadian Banjir periodel  
2005 sampai dengan 2010 Kabupaten Tabalong*. Tabalong.

Kerkhoven, E., and Gan, T. Y. 2010. Differences and Sensitivities In  
Potential Hydrologic Impact of Climate Change to Regional-Scale  
Athabasca and Fraser River Basins of The Leeward and Windward  
Sides of the Canadian Rocky Mountains Respectively. *Climatic  
Change*. **106** (4) : 583–607. doi:10.1007/s10584-010-9958-7

Kim,J.G., Chon,C., and Lee, J. 2004. Effect of Structure and Texture on  
Infiltration Flow Pattern during Flood Irrigation. *Environmental  
Geology*. **46**: 962–969. doi: 10.1007/s00254-004-1108-y

Kim, E. S., and Choi, H. Il. 2011. Assessment of Vulnerability to Extreme  
Flash Floods in Design Storms. *International Journal Of  
Environmental Research and Public Health*. **8** (7): 2907–22.  
doi:10.3390/ijerph8072907

Kitterød, Colleuille, H. H., Wong, W. W., and Pedersen, T. T. 2000.  
Simulation of Groundwater Drainage into a Tunnel in Fractured  
Rock and Numerical Analysis of Leakage Remediation,  
Romeriksporten Tunnel, Norway. *Hydrogeology Journal*. **8** (5):480-  
493. doi:http://dx.doi.org/10.1007/s100400000089

Kittredge. J. 1948. *Forest Influences*. McGraw-Hill Boo Co. New York.

Kometa, S. S., and Ebot, M. A. T. 2012. Watershed Degradation in the  
Bamendjin Area of the North West Region of Cameroon and Its  
Implication for Development. *Journal of Sustainable Development*.  
**5** (9): 75–84. doi:10.5539/jsd.v5n9p75.

Kohnke, H. 1968. *Soil Phisics*. McGrow Hill. New York.

- Kumar,K, Devrani. R, Kathait. A, and Aggarwal, N. 2012. Micro-Hazard Evaluation and Validation of Landslide in A part of North Western Garhwal Lesser Himalaya, India. *International Journal of Geomatics And Geosciences*, **2** (3): 878 – 891.
- Kusuma, Z. 2007. *Pengembangan Daerah Aliran Sungai*. Program Pascasarjana. Universitas Brawijaya. Malang.
- Kusumaningtyas, A. 2011. *Penerapan model Simulasi Sistem Dinamis pada Analisis Pengaruh Kebijakan Pertamina Terhadap Performa Perusahaan Agen Gas Lpg*. <http://repository.uui.ac.id>
- Lado, M., Ben-Hur, M., and Assouline, S. 2005. Effects of Effluent Irrigation on Seal Formation, Infiltration, and Soil Loss during Rainfall. *Soil Science Society of America Journal*. **69** (5): 1432-1439.
- Lantican, M. A., Guerra, L. C., and Bhuiyan, S. I. 2003. Impacts of Soil Erosion in The Upper Manupali Watershed on Irrigated Lowlands in the Philippines. *Paddy and Water Environment*. **1** (1): 19-26. **doi:<http://dx.doi.org/10.1007/s10333-002-0004-x>**
- Lee, R.1986. *Forest Hydrology*. West Virginia University. Terjemahan Subagyo,S. 1986. *Hidrologi Hutan*. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.
- Limantara, L.M. 2010. *Hidrologi Praktis*. CV. Lubuk Agung. Cetakan I. Bandung.
- Linsley, R. K., Kohler, M.A., and Paulhus, J.L.H. 1982. *Hidrologi for Engineers*. McGraw-Hill, Inc. New York. Hermawan, Y. 1986. *Hidrologi untuk Insinyur*. Edisi Ketiga. Erlangga. Jakarta.
- Liu, M., Hanqin,T., Guangsheng, C., Wei,R., Chi, Z., and Jiyuan, L. 2008. Effects of Land-Use and Land-Cover Change on Evapotranspiration and Water Yield in China during 1900-2000 (1). *Journal of the American Water Resources Association*. **44** (5): 1193-1207.

- Liu, Y., and Chen, Y. 2006. Impact of Population Growth and Land-Use Change on Water Resources and Ecosystems of the Arid Tarim River Basin in Western China. *International Journal of Sustainable Development and World Ecology*. 13 (4): 295-305.
- Londono, A.C., Rahardjo, H., Lee, T. T., Leong, E. C., and Rezaur, R. B. 2006. Discussion of "Response of a Residual Soil Slope to Rainfall"1/Reply to the Discussion. *Canadian Geotechnical Journal*. **43** (9): 979-984.
- Ly, S., Charles, C., and Degré, A. 2013. Different Methods for Spatial Interpolation of Rainfall Data for Operational Hydrology And Hydrological Modeling At Watershed Scale. A review. **17** (2): 392–406.
- May, C. L., and Lisle, T. E. 2012. River Profile Controls on Channel Morphology, Debris Flow Disturbance, And The Spatial Extent of Salmonids In Steep Mountain Streams. *Journal of Geophysical Research. Earth Surface*. **117**: doi:<http://dx.doi.org/10.1029/2011JF002324>
- Madrid, A., Fernald, A G., Baker, T T., and VanLeeuwen, D M. 2006. Evaluation of Silvicultural Treatment Effects on Infiltration, Runoff, Sediment Yield, and Soil Moisture in a Mixed Conifer New Mexico Forest. *Journal of Soil and Water Conservation*. **61** (3): 159-168.
- Manale, A. 2000. Flood and Water Quality Management Through Targeted, Temporary Restoration of Landscape Functions: Paying upland farmers to Control Runoff. *Journal of Soil and Water Conservation*. **55** (3): 285-295.
- Marimin, 2004, Teknik dan Aplikasi Pengambilan Keputusan Kriteria Majemuk. Grasindo.
- Ma, Y., Li, G., Ye, S., Zhang, Z., Zhao, G., Li, J., and Zhou, C. 2010. Response of the distributary channel of the Huanghe River estuary to water and sediment discharge regulation in 2007. *Chinese Journal of Oceanology and Limnology*. **28** (6):1362–1370. doi:10.1007/s00343-010-9055-9.

- Meng, L.-Z., Martin, K., Weigel, A. and Liu, J.-X. 2011. Impact of rubber plantation on carabid beetle communities and species distribution in a changing tropical landscape (southern Yunnan, China). *Journal of Insect Conservation*. **16** (3): 423–432. doi:10.1007/s10841-011-9428-1.
- Metternicht, G., Zinck, J. A., Blanco, P. D., and Del Valle, H. F. 2010. Remote sensing of land degradation: experiences from Latin America and the Caribbean. *Journal of environmental quality*. **39** (1):42–61. doi:10.2134/jeq2009.0127
- Mills, R. (1993). Simulating simply. *Computer - Aided Engineering*. **12** (2): 22. Retrieved from <http://search.proquest.com/docview/229314327?accountid=46437>
- Minkinen, K., and Laine, J. 1998. Long-term Effect of Forest Drainage on the Peat Carbon Stores of Pine Mires In Finland. *Canadian Journal of Forest Research*. **28** (9):1267-1275.
- Muntohar, A. S., and Liao, H.J. 2008. Analysis of Rainfall-Induced Infinite Slope Failure During Typhoon Using A Hydrological–Geotechnical Model. *Environmental Geology*. **56** (6):1145–1159. doi:10.1007/s00254-008-1215-2
- Munaf, D.R. 2007. Prinsip Interkoneksi Informasi Dalam Penanganan Bencana Banjir. *Jurnal Sositologi*. **10** (6): 156 – 210.
- 1.7. Nan, D., William, J., and Lawrence, J. 2005. Effects of River Discharge, Wind Stress, and Slope Eddies on Circulation and the Satellite-Observed Structure of the Mississippi River Plume. *Journal of Coastal Research*. **21** (6): 1228-1244
- Nugroho,S.P. 2008. Analisis Curah Hujan Penyebab Banjir Besar di Jakarta pada Awal 2007. *JAI*. **4** (1): 50-55.
- Nurmi, Haridjaja, O., Arsyad, S., dan Yahya, S. 2012. *Infiltrasi dan Aliran Permukaan sebagai Respon Perlakuan Konservasi Vegetatif pada Pertanaman Kakao* Fakultas Pertanian Universitas Negeri Gorontalo. *JATT*. **1** (1): 1-8.

- Ogden, F. L., Pradhan, N. R., Downer, C. W., and Zahner, J. A. 2011. Relative Importance of Impervious Area, Drainage Density, Width Function, and Subsurface Storm Drainage on Flood Runoff from an Urbanized Catchment. *Water Resources Research*, **47**(12) doi:<http://dx.doi.org/10.1029/2011WR010550>
- Omer, L. S., Wang, Y., and Wang, B. (2004). Impact of Indochina Deforestation on the East Asian Summer Monsoon\*. *Journal of Climate*. **17** (6): 1366-1380.
- Paimin, Sukresno dan Pramono, I.B. 2009. *Teknik Mitigasi Banjir dan Tanah Longsor*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Hutan dan Konservasi Alam. Badan Penelitian dan Pengembangan Kehutanan. Tropenbos Internasional Indonesia. Balikpapan.
- [www.tropenbos.org/file.php/337/teknik-mitigasi-dan-tanah-longsor](http://www.tropenbos.org/file.php/337/teknik-mitigasi-dan-tanah-longsor).
- Paimin, Sukresno, dan Purwanto. 2010. *Sidik Cepat Degradasi Sub DAS*. Puslibang Hutan dan Konservasi Alam. Bogor. [http://www.fordamof.org/files/Sidik\\_Cepat\\_Degradasi\\_SubDAS.pdf](http://www.fordamof.org/files/Sidik_Cepat_Degradasi_SubDAS.pdf)
- Panahi, A. Alijani, B., and Mohammadi, H. 2010. The Effect of the Land Use/Cover Changes on the Floods of the Madarsu Basin of Northeastern Iran. *Journal of Water Resource and Protection*. **2** (4): 373–379. doi:[10.4236/jwarp.2010.24043](https://doi.org/10.4236/jwarp.2010.24043).
- Papa, F., Prigent, C., and Rossow, W. B. 2008. Monitoring Flood and Discharge Variations in the Large Siberian Rivers From a Multi-Satellite Technique. *Surveys in Geophysics*. **29** (4-5): 297–317. doi:[10.1007/s10712-008-9036-0](https://doi.org/10.1007/s10712-008-9036-0)
- Partovi, F.Y.1994. Determining What to Benchmark: An Analytical Hierarchy Process Approach. *International Journal of Operations and Production Management*. **14** (6): 55 – 39.
- Pelletier, J. D. 2012. A Spatially Distributed Model for the Long-Term Suspended Sediment Discharge and Delivery Ratio of Drainage Basins. *Journal of Geophysical Research*. **117** (F2). F02028. doi:[10.1029/2011JF002129](https://doi.org/10.1029/2011JF002129).

- [Peter, L.J., Johannes, F.J., Gordon, B.B., Gerald, M.A., and Brian, O.C.,](#) 2012. Simulating the Biogeochemical and Biogeophysical Impacts of Transient Land Cover Change and Wood Harvest in the Community Climate System Model (CCSM4) from 1850 to 2100. *Journal of Climate*. [25 \(9\)](#) : 3071-3095.
- Peraturan Pemerintah R.I. Nomor 76 Tahun 2008. *Rehabilitasi dan Reklamasi Hutan*. Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2008 Nomor 201. Tambahan Lembaran Negara Republik Indonesia Nomor 4947. Jakarta.
- Peraturan Dirjen Rehabilitasi lahan dan Perhutanan Sosial. 2004. *Petunjuk Teknis Penyusunan Data Spasial Lahan Kritis*. Jakarta.
- Permana, S.E., Nasution, I.P., dan Gunawijaya, J. 2011. Kearifan Lokal Tentang Mitigasi Bencana Pada Masyarakat Baduy. *Makara, Sosial Humaniora*. **15** (1): 67-76.
- Pinamangung, M., Supit,J.M.J., Lengkong,J., Sondak,D.T. 2013. Potensi Lahan di Desa Kahuku Kecamatan Likupang Kabupaten Minahasa Utara Berdasarkan Kelas Kemampuan. Universitas Sam Ratulangi. Manado.
- Poerwo,P. 2010. *Hidup Damai Harmoni antara Ruang dan Air. Workshop Pelestarian Fungsi DAS Barito untuk Mendukung Pembangunan Kota Berkelanjutan*. Banjarmasin,.25 September 2010.
- Polonskii, V. F., and Solodovnikova, T. Y. 2009. Estimation of Transformation of Flood Runoff Hydrographs and Water Stages In the Lower Volga and Its Delta. *Russian Meteorology and Hydrology*. **34** (9): 618–627. [doi:10.3103/S1068373909090076](#).
- Pratomo. A J. 2008. *Analisis Kerentanan Banjir Di Daerah Aliran Sungai Sengkarang Kabupaten Pekalongan Provinsi Jawa Tengah Dengan Bantuan Sistem Informasi Geografis*. Universitas muhammadiyah Surakarta.

- PT. Tarateka kerjasam Balai Wilayah Sungai Sumater VIII. 2009. *Investigasi dan Desain (SID) Pengendalian Banjir Sungai Lematang Kecamatan Gunung Megang Kabupaten Muara Enim, Yogyakarta.*
- Purwo,S.N. 2002. Analisis Curah Hujan Dan Sistem Pengendalian Banjir Di Pantai Utara Jawa Barat (Studi Kasus Bencana Banjir Periode Januari – Februari 2002). *Jurnal Sains dan Teknologi Indonesia.* **4** (5): 114-122.
- Quan, B., Xiao, Z., Römkens, M. J. M., Bai, Y., and Lei, S. 2013. Spatiotemporal Urban Land Use Changes in the Changzhutan Region of Hunan Province in China. *Journal of Geographic Information System.* **5** (2): 136–147. doi:10.4236/jgis.2013.52014
- Rachman, Achmad, Anderson, Gantzer,S.H. and Thompson, C.J.,AL. 2004. Influence of Stiff-Stemmed Grass Hedge Systems on Infiltration. *Soil Science Society of America Journal.* **68** (6): 2000-2006.
- Raharjo, B. 2011. Penutupan dan Penggunaan Lahan.  
<http://www.raharjo.org/tag/penutupan-lahan>. Februari, 26, 2012.
- Rahardjo, H., Lee, T., Leong, E., and Rezaur, R. 2005. Response of Residual Soil Slope to Rainfall. *Canadian Geotechnical Journal.* **42** (2): 340-351.
- Rahmanto,A.D. 2013. Updating Data Spasial Lahan Kritis. Wilayah kerja Balai Pengelolaan DAS Barito 2009. *BP-DAS Barito.* Banjrbaru.  
<http://www.bpdasbarito.or.id>
- Ramdan, H. 2004. Perinsip Dasar Pengelolaan Daerah Aliran Sungai. Laboratorium Ekologi Hutan. Fakultas Kehutanan Universitas Winaya Mukti.
- Rangkuti dan Freddy .2005. *Analisis SWOT Teknik Membedah Kasus Bisnis.* PT. Gramedia Pustaka Utama. Jakarta.

- Rashid, M., Lone, M. A., and Romshoo, S. A. 2011. Geospatial Tools for Assessing Land Degradation in Budgam District, Kashmir Himalaya, India. *Journal of Earth System Science*. **120** (3): 423-433. doi:<http://dx.doi.org/10.1007/s12040-011-0085-2>
- Rayes, M.L. 2007. Metode Inventarisasi Sumber Daya Alam. CV Andi Offset. Yogyakarta.
- Ray-Shyan Wu, R., Shih,D., and Chen,S. 2007. Rainfall Runoff Model for Typhoons Making Landfall in Taiwan1. *Journal of the American Water Resources Association*. **43** (4): 969-980.
- Roig-Munar, F., Martín-Prieto, J.A., Rodríguez-Perea, A., Pons, G. X., Gelabert, B., and Mir-Gual, M. 2012. Risk Assessment of Beach-Dune System Erosion: Beach Management Impacts on The Balearic Islands. *Journal of Coastal Research*. **28** (6): 1488-1499.
- Rueda, X. (2010). Understanding Deforestation in the Southern Yucatán: Insights from a Sub-Regional, Multi-Temporal Analysis. *Regional Environmental Change*. **10** (3): 175–189. doi :[10.1007/s10113-010-0115-7](https://doi.org/10.1007/s10113-010-0115-7).
- Ruslan, M. 1992. *Sistem Hidrologi Hutan Lindung di DAS Riam Kanan*. Disertasi, Program Pascasarjana Institut Pertanian Bogor.
- Ruslan,M., Kadir,S., dan Sirang, K. 2013. Pengelolaan Daerah Aliran Sungai Barito. Cetakan 1. Universitas Lambung Mangkurat Press: Banjarmasin.
- Saaty, T. L. 1990. *Fundamentals of Decision Making and Priority Theory, 2<sup>nd</sup> Edition*, Pittsburgh, PA: RWS Publication.
- Saaty, T.L. 2008. Decision Making With The Analytic Hierarchy Process', *International Journal Services Sciences*. **1** (1):83–98.
- Saifillaili, N. R. 2013. Program Penanganan Lahan Kritis dan Sumber Daya Air Berbasis Masyarakat (PLKSDA-BM) di Kabupaten Kendal. <http://bappeda.kendalkab.go.id>.

- Samuels, M. H. 2008. U.S. Eastern District Court Rules Suffolk Jetties Didn't Cause Beach Erosion. *Long Island Business News*, Retrieved from <http://search.proquest.com/docview/223589147?accountid=46437>.
- Saptadi,G., Hariyadi, dan Djamal, H. 2012. Kajian Model Desa Tangguh Bencana Dalam Kesiapsiagaan Penanggulangan Bencana. *Jurnal Penanggulangan Bencana*. **3** (2):1-24.
- Saud,I. 2007. Kajian Penanggulangan Banjir di Wilayah Pematusan Surabaya Barat. *Jurnal Aplikasi*. **3** (1): 1-10.
- Saygin, S. D., Basaran, M., Ozcan, A. U., Dolarslan, M., Timur, O. B., Yilman, F. E., and Erpul, G. 2011. Land degradation assessment by geospatially modeling different soil erodibility equations in a semi-arid catchment. *Environmental monitoring and assessment*. **180** (1-4): 201–15. doi:10.1007/s10661-010-1782-z.
- Schmidt, F.H. and Ferguson, J.H.A. 1951. *Rainfall Types based on Wet and Dry Period Rations for Indonesia with Western N. Guinea*. Verh. No 42. Jawatan Metereologi dan Geofisika. Jakarta.
- Schultz, B. 2008. Water management and flood protection of the polders in the Netherlands under the impact of climate change and man-induced changes in land use. *Journal of Water and Land Development*. **12** (2008): 71–94. doi:10.2478/v10025-009-0007-8.
- Scozzafava, M M., and Tallini, M M. 2001. Net infiltration in the Gran Sasso Massif of central Italy using the Thornthwaite water budget and curve-number method. *Hydrogeology Journal*. **9** (5) : 461-475.
- Self-Davis, M., Moore, P. A., J., Daniel, T. C., Nichols, D. J., & al, e. 2003. Forage species and canopy cover effects on runoff from small plots. *Journal of Soil and Water Conservation*. **58** (6): 349-359.
- Shaw, E.M. 2005. *Hydrology in Practice*. This edition Published in the Taylor & Francis e-Library.

- Singh, V. K., Ray, P. K. C., and Jeyaseelan, A. P. T. 2010. Orthorectification and digital elevation model (DEM) generation using cartosat-1 satellite stereo pair in himalayan terrain. *Journal of Geographic Information System*. **2** (2): 85-92.
- Sofyan, M. (2006). Pengaruh Berbagai Penggunaan Lahan Terhadap Laju Infiltrasi, Program Studi Ilmu Tanah Fakultas Pertanian Institut Pertanian Bogor: Bogor.
- Sirang, K., dan Kadir, S. 2009. Kajian Rencana Teknik Rehabilitasi Hutan dan Lahan di DAS Batulicin, *Jurnal Hutan Tropis Borneo*. Fakultas Kehutanan Unlam. **10** (28): 332-337.
- Sirang, K., Kadir, S., dan Jauhari, A. 2010. Kajian Batas Sub DAS di DAS Barito Bagian Hulu Provinsi Kalimantan Tengah. *Jurnal Tropika*. Program Studi Kehutanan Fakultas Pertanian Universitas Palangkaraya. **5** (2): 31-36..
- Sirang. K. dan Kadir, S. 2011. Kajian Potensi Ketersediaan Alir di DAS Berangas Kabupaten Kotabaru Kalimantan Selatan. *Jurnal Tropika*. Program Studi Kehutanan Fakultas Pertanian Universitas Palangkaraya. **6** (2): 43-52.
- Smit, M. P. J., Grotenhuis, T., Bruning, H., and Rulkens, W. H. (2008). Sediments, Section 1 : Sediment quality and impact assessment Desorption of Dieldrin from Field Aged Sediments . *Simulating Flood Events*, **8** (2): 80–85.
- Soemarno. 2006. Perencanaan Pengelolaan Lahan di Daerah Aliran Sungai (DAS) Kali Konto, *Agritek Yayasan Pembangunan Nasional*. Malang.
- Soemarno. 2008. *Pemodelan Sistem dalam Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan*. Program Pasca Sarjana, Unviversitas Brawijaya, Malang.
- \_\_\_\_\_. 2011. *Filosofi Pengelolaan Lingkungan Hidup. Menuju Lingkungan Hidup Yang Nyaman*. Program Pasca Sarjana, Unviversitas Brawijaya, Malang.

- Soetrisno. 1998. Kelerengan dan Pertumbuhan Tanaman. [http://www.silvikultur.com/Kelerengan dan Pertumbuhan Tanaman.htm](http://www.silvikultur.com/Kelerengan%20dan%20Pertumbuhan%20Tanaman.htm). Januari, 31, 2012.
- Soewarno. 1991. *Hidrologi Pengukuran dan Pengolahan Data Aliran Sungai (Hidrometri)*. Penerbit Nova. Bandung.
- \_\_\_\_\_. 2000. *Hidrologi Operasional Jilid Kesatu*. PT. Citra Aditya Bakti, Bandung.
- Soil Survey Staff. 2006. *Keys to Soil Taxonomy. 10<sup>th</sup> ed. USDA Natural Resources Conventional Service*. Washington DC. 333p.
- Sonneveld, B. G. J. S., Bai, Z., Ndiaye, D. S., and Bindraban, P. S. (2012). Comparing Rainfall Use Efficiency Trends with Expert Judgments for Nation-Wide Land Degradation Assessments: The Case of Senegal. *Journal of Sustainable Development*. **5** (8): 116–136. doi:10.5539/jsd.v5n8p116
- Sosrodarsono, suyono, Takeda, dan Kensaku. 2003. *Hidrologi untuk Pengairan*. PT. Pradnya Paramita.
- Subiyantoro, I. (2010). Selayang Pandang tentang Bencana. *Jurnal Dialog Penanggulangan Bencana*. **1**: 43-46.
- Suprayogo, D., Widiyanto, Purnomosidi, P., Widodo, R. H., Rusiana, F., Aini, Z. Z., Khasanah, N., dan Kusuma, Z. 2004. Degradasi sifat fisik tanah sebagai akibat alih guna lahan hutan menjadi sistem kopi monokultur: kajian perubahan makroporositas tanah. *Journal of Agricultural Science. Agrivita*, **26** (1):60-68.
- Sriyana. 2011. Kajian Karakteristik DAS Tuntang dan Model Pengelolaan DAS Terpadu. *Jurnal Teknik*. **32** (3): 180-186.
- Stothoff, S.A., Or, D., Groeneveld, D.P., and Jones, S.B. 1999. the Effect of Vegetation on Infiltration In Shallow Soil Underline By Fissure Bedrock, *Journal Hydrology*. **218** (1999):169-190.

- Suriatinah. (2010). 550 Desa di KalSel Rawan Banjir. <http://sijaka.wordpress.com/2010/12/29/550-desa-di-kalsel-rawan-banjir>.
- Syed, T. H., Famiglietti, J. S., Rodell, C. M, J., and Wilson, C. R. (2008). Analysis of terrestrial water storage changes from GRACE and GLDAS. *Water Resour. Res.* **44**. W02433, doi: **10.1029/2006WR005779**.
- Symeonakis, E., Calvo-Cases, A., and Arnau-Rosalen, E. (2007). Land Use Change and Land Degradation in Southeastern Mediterranean Spain. *Environmental management.* **40** (1), 80–94. doi :**10.1007/s00267-004-0059-0**.
- Syukur, S. 2009. Laju infiltrasi dan Peranannya Terhadap Pengelolaan Daerah Aliran Sungai Allu-Bangkala. *Jurnal Agroland.* **16** (3) : 231 – 236.
- Taddese, G. (2001). Land Degradation: A Challenge to Ethiopia. *Environmental Management.* **27** (6): 815–824. doi :**10.1007/s002670010190**.
- Thanapackiam, P., Salleh, K.O., and Ghaffar, F.Ab. 2012. Vulnerability and Adaptation of Urban Dwellers in Slope Failure Threats - A Preliminary Observation for the Klang Valley Region. *Journal of Environmental Biology.* **33** (2): 373-379.
- Thornthwaite, C.W. 1933, "The climates of the earth", Geog. Rev., Jilid 23, m.s. 433440.
- Trandafir, A. C., Sidle, R. C., Gomi, T., and Kamai, T. (2007). Monitored and Simulated Variations in Matric Suction During Rainfall in A Residual Soil Slope. *Environmental Geology.* **55** (5): 951–961. doi:**10.1007/s00254-007-1045-7**.
- Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 7. 2004. *Sumberdaya Air*. Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2004 Nomor 32, Tambahan Lembaran Negara Republik Indonesia Nomor 4377. Jakarta.

- Undang-undang Republik Indonesia Nomor 26. 2007. *Penataan Ruang*. Jakarta.
- Undang-undang Republik Indonesia Nomor 41. 1999. *Kehutanan*. Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 1999 Nomor 167. Tambahan Lembaran Negara Republik Indonesia Nomor 3888. Jakarta.
- Utomo, W. H. 1989. *Konservasi Tanah di Indonesia; Suatu Rekaman dan Analisa*. CV Rajawali. Jakarta.
- Wakindiki, Il.C. and Ben-Hur, M. 2002. Soil Mineralogy And Texture Effects on Crust Micromorphology, Infiltration, and Erosion. *Soil Science Society of America Journal*. **66** (3) : 897-905.
- Wibowo, H. 2010. Laju Infiltrasi pada Lahan Gambut yang Dipengaruhi Air Tanah (Study Kasus Sei Raya Dalam Kecamatan Sei Raya Kabupaten Kubu Raya) *Jurnal Belian*. **9** (1): 90 – 103.
- Wibowo, M. 2011. Pemodelan statistik Hubungan debit dan kandungan sedimen sungai Contoh kasus di DAS Citarum – Nanjung, *Jurnal Teknologi Lingkungan*. **2** (3): 255-260.
- Widianto, Suprayogo, D., Noveras, H., Widodo, R.H., Purnomosidhi, P., dan Noordwijk, M.V. 2004. Alih Guna lahan Hutan Menjadi Lahan Pertanian: Apakah Fungsi Hidrologis Hutan Dapat Digantikan Sistem Kopi Monokultur. *Jurnal Agrivita*. **26** (1): 47-52.
- Wirosoedarmo, R., Suharto, B. dan Hijriyati, W.R. 2009. Evaluasi Laju Infiltrasi Horton di Sub DAS Coban Rondo Kabupaten Malang. *Jurnal Teknologi Pertanian*. **10** (2): 88– 96.
- Wirosoedarmo, R., Tunggul, A.S.H., dan Meidya, E.P. 2010. Studi Bentuk, Jaringan Drainase, Dan Hidrograf Daerah Aliran Sungai Menggunakan Simodas (Studi Kasus Di Pulau Sabu - Nusa Tenggara Timur). **11** (2): 123-130.

- Wischmeier, W.H., Smith, D.D., and Uhland, R.E. 1958. Evaluation prospective technology for predicting sediment yield and sources. of factors in the soil-loss equation. *Agric. Eng.* **39**:458–462.
- Wischmeier, W.H. and Smith, D.D. 1978. *Predicting Rainfall Erosion Losses. A Guide to Conservation Planning*, US Department of Agriculture Handbook No. 537, USDA, Washington, D.C.
- Wismarini, Th.D., Ningsih, D.H.U., dan Amin. 2011. Metode Perkiraan Laju Aliran Puncak (Debit Air) Dasar Analisis Sistem Drainase di Daerah Aliran Sungai Wilayah Semarang Berbantuan SIG. *Jurnal Teknologi Informasi DINAMIK.* **16** (2): 124132.
- Wu, R., Shih, D., and Chen, S. 2007. Rainfall-Runoff Model for Typhoons Making Landfall in Taiwan. *Journal of the American Water Resources Association* **43** (4) : 969-980.
- Xie, H., Wang, P., and Huang, H. 2013. Ecological risk assessment of land use change in the Poyang Lake Eco-economic Zone, China. *International journal of environmental research and public health.* **10** (1): 328–46. doi:10.3390/ijerph10010328.
- Xu, Y., Yang, B., Tang, Q., Liu, G., and Liu, P. 2011. Analysis of comprehensive benefits of transforming slope farmland to terraces on the Loess Plateau: A case study of the Yangou Watershed in Northern Shaanxi Province, China. *Journal of Mountain Science.* **8** (3): 448–457. doi:10.1007/s11629-011-1058-2.
- Yang, J., and Zhang, G. 2011. Water Infiltration in Urban Soils and Its Effects on the Quantity and Quality of Runoff. **751–761.** doi:10.1007/s11368-011-0356-1
- Yu, J., Lei, T., Shainberg, I., Mamedov, A. I., and Levy, G. J. (2003). Infiltration and Erosion in Soils Treated With Dry Pam and Gypsum. *Soil Science Society of America Journal.* **67** (2): 630-636.

- Zhan, T. L., Ng, C. W., and Fredlund, D. G. (2007). Field Study of Rainfall Infiltration into A Grassed Unsaturated Expansive Soil Slope. *Canadian Geotechnical Journal*. **44** (4): 392–408. doi:10.1139/t07-001.
- Zhang, X., Yu, X., Wu, S., and Cao, W. 2008. Effects of Changes In Land Use and Land Cover on Sediment Discharge of Runoff In A Typical Watershed In the Hill and Gully Loess Region of Northwest China. *Frontiers of Forestry in China*. **3** (3): 334–341. doi:10.1007/s11461-008-0056-1.
- Zhang, H., and Wang, X. 2007. Land-Use Dynamics and Flood Risk In The Hinterland of the Pearl River Delta: The case of Foshan City. *International Journal of Sustainable Development & World Ecology*. **14** (5):485 - 92. doi:10.1080/13504500709469747.
- Zhang, Y., and Barten, P.K. 2009. Watershed Forest Management Information System (WFMIS) *Environmental Modelling and software*. **24** (4): 569-575.
- Zhao, Y., Zhang, K., Fu, Y., and Zhang, H. 2012. Examining Land-Use/Land-Cover Change in the Lake Dianchi Watershed of the Yunnan-Guizhou Plateau of Southwest China with remote sensing and GIS techniques: 1974–2008. *International Journal of environmental research and public health*. **9** (11): 3843–65. doi:10.3390/ijerph9113843.
- Zhu, J., and Young, M. H. 2009. Sensitivity And Uncertainty Of Ground-Water Discharge Estimates For Semiarid Shrublands1. *Journal of the American Water Resources Association*. **45** (3): 641-653.

## BIODATA PENULIS

1. N a m a : Prof.Dr.Ir. H.Syarifuddin Kadir,M.Si
2. NIP : 19630408 198903 1 018
3. Tempat/Tanggal Lahir : Tamatia (Gowa, Sul-Sel) 04-08-1963
4. Agama/Jenis Kelamin : Islam/Laki-laki
5. Pangkat/Golongan : Pembina Utama Madya/ IVd
6. Jabatan Akademik : Guru Besar
7. Unit kerja (Kantor) : Fakultas Kehutanan Unlam Kalimantan Selatan
8. Alamat Kantor dan Nomor Telp/ : Jl. Jend A. Yani Km 36 Banjarbaru 0511 (47722900)
9. Alamat Rumah : Jl. Haruan No.61/19 Komplek Cahaya Ratu Elok Banjarbaru Kal-Sel
10. HP : 081349776113
11. Email : [syarifuddin.kadir@ulm.ac.id](mailto:syarifuddin.kadir@ulm.ac.id) dan [odeng1987@yahoo.com](mailto:odeng1987@yahoo.com)
12. Pendidikan terakhir : S-3 (Pascasarjana) Pengelolaan Sumber Daya Alam dan Ligkungan
13. Bidang Keahlian : Pengelolaan Sumber Daya Alam dan Lingkungan Hidup/Pengelolaan DAS

## RIWAYAT PENDIDIKAN

Tahun Mulai Kuliah	Tahun Lulus	PENDIDIKAN	Perguruan Tinggi/Kota	Jurusan/Bidang Studi
1981	1986	Sarjana (S-1)	Universitas Hasanuddin/ Di Makassar Provinsi Sulawesi Selatan	Manajemen Hutan
1994	1996	Pascasarjana (S-2)	Universitas Hasanuddin/ Di Makassar Provinsi Sulawesi Selatan	Pengelolaan Lingkungan Hidup/Pengelolaan DAS
2010	2014	Doktor (S3)	Universitas Brawijaya/ Di Malang Provinsi Jawa Timur	Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan/Pengelolaan DAS

Banjbaru, 10 Maret 2020



Dr. Ir. H. Syarifuddin Kadir, M.Si