

KAJIAN KELAS TINGKAT KERENTANAN BANJIR UNTUK ARAHAN MITIGASI BENCANA HIDROLOGIS DI SUB DAS KRUENG JREUE ACEH BESAR

Eka Sri Wulandari ^{1*}, Helmi ²

¹ Sekolah Tinggi Ilmu Kehutanan Teungku Chik Pante Kulu Banda Aceh.

*Corresponding Author: E-mail: ekasriwulandari865@gmail.com

Abstrak

Meningkatnya intensitas konversi lahan di Sub DAS Krueng Jreue Aceh Besar dari hutan menjadi non-hutan atau akibat perubahan penggunaan lahan menyebabkan perubahan aspek biofisik lahan. Perubahan aspek biofisik lahan menyebabkan meningkatnya tingkat kerentanan banjir. Penelitian ini menggunakan Metode Deskriptif (Survei). Hasil penelitian menunjukkan: Variabel penentu tingkat kerentanan banjir berdasarkan aspek biofisik hutan dan lahan, yaitu: faktor dinamis (curah hujan, penggunaan lahan), dan faktor statis (infiltrasi tanah, kemiringan lereng). Kelas Tingkat Kerentanan Banjir (TKB), terdiri dari: Sangat Rentan, permukiman, sawah ($42 \leq TKB \leq 50$); Rentan, tegalan ($34 \leq TKB \leq 41$); dan Sedang, tanah terbuka, semak belukar, padang rumput, hutan sekunder, hutan primer ($26 \leq TKB \leq 33$), rerata 32,38 (kelas sedang). Arahkan mitigasi bencana hidrologis di kawasan budidaya (permukiman, sawah dan tegalan), dengan menerapkan tindakan pencegahan banjir dan pengelolaan air, penerapan konservasi tanah dan air dan pengaturan pola tanam. Sedangkan di kawasan non-budidaya (tanah terbuka, semak belukar, padang rumput, hutan sekunder dan hutan primer), dengan menerapkan paket-paket rehabilitasi lahan dan pencegahan terhadap *illegal logging*.

Kata Kunci: Aspek Biofisik Lahan, Tingkat Kerentanan Banjir, Arahkan Mitigasi Bencana Hidrologis, Kawasan Budidaya, Kawasan Non-Budidaya.

Abstract

The increasing intensity of land conversion in the Krueng Jreue Aceh Besar Sub-Watershed from forest to non-forest or due to changes in land use causes changes in land biophysical characteristics. Changes in forest and land biophysical characteristics cause increased levels of flood vulnerability. This research uses descriptive method (survey). The results showed: Variables that determine the level of flood vulnerability based on biophysical aspects of the land, consisting of: dynamic factor (rainfall, land use), and static factor (soil infiltration, land slope). Flood Vulnerability Class (TKBB), consisting of: Very Vulnerable, settlements, rice fields ($42 \leq TKB \leq 50$); Vulnerable, moors ($34 \leq TKB \leq 41$); and Moderate, open land, shrubs, grasslands, secondary forest and primary forest ($26 \leq TKB \leq 33$), average 32,38 (moderate class). Directives for hydrological disaster mitigation in cultivation areas (settlements, rice fields and moors), by implementing flood prevention and water management, application of soil and water conservation and regulation of cropping patterns.

While in non-cultivation areas (open land, shrubs, grasslands, secondary forest and primary forest), by implementing land rehabilitation packages and prevention of illegal logging.

Keywords: Land Biophysical Aspects, Flood Vulnerability Class, Hydrological Disaster Mitigation Directives, Cultivation Areas, Non-Cultivation Areas

Pendahuluan

Daerah Aliran Sungai (DAS) Krueng Aceh dengan luas 176.552,45 ha merupakan salah satu dari 153 DAS atau 3,06% dari total luas Provinsi Aceh (5.765.798, 45 ha). DAS Krueng Aceh merupakan sumber pemasok utama kebutuhan air irigasi dan rumah tangga di Kabupaten Aceh Besar dan Kota Banda Aceh. Tingginya tingkat aktivitas pertumbuhan penduduk Kabupaten Aceh Besar dan Kota Banda Aceh serta maraknya konversi lahan dari tutupan vegetasi menjadi tutupan non-vegetasi di wilayah hulu DAS menyebabkan DAS Krueng Aceh termasuk dalam kategori DAS kritis sehingga ditetapkan sebagai DAS prioritas.

DAS prioritas tertuang dalam Keputusan Menteri Kehutanan No. SK. 328/Menhut-II/2009, yang menetapkan DAS Krueng Aceh, DAS Peusangan, DAS Jambo Aye dan DAS Peureulak-Tamiang sebagai DAS prioritas dari 108 DAS prioritas di Indonesia, yang digunakan sebagai arahan instansi terkait dalam upaya penetapan skala prioritas rehabilitasi hutan dan lahan. Luas lahan kategori sangat kritis, kritis, agak kritis dan potensial kritis di Sub DAS Krueng Jreue meningkat dari tahun 2013 dan tahun 2018. Luas lahan agak kritis pada Sub DAS Krueng Jreue meningkat dari 3.422,61 ha (14,74%) tahun 2013 menjadi 10.969,85 ha (47,25%) tahun 2018 dari total luas Sub DAS 23.218,06 ha (BPDASHL, 2019).

Intensitas konversi lahan dari hutan menjadi non-hutan terus meningkat seiring berjalannya waktu, hal ini sebagai akibat dari tekanan dan ketergantungan penduduk terhadap lahan yang tinggi di DAS. Peningkatan intensitas konversi lahan terutama penebangan liar dan penambangan liar tersebut berpengaruh negatif terhadap kondisi hidrologis Sub DAS Krueng Jreue. Hal ini menyebabkan meningkatnya debit puncak, fluktuasi debit antar musim, koefisien *runoff*, serta meningkatnya bencana banjir dan kekeringan (Muis, 2017). Selanjutnya menjadikan Sub DAS ini kritis, terjadi bencana alam di hulu, tetapi juga tengah dan hilir Sub DAS (Nasution, 2018).

Hasil analisis tutupan lahan Citra Landsat 8, selama periode 2014–2018, terjadi perubahan pola penggunaan lahan pada Sub DAS Krueng Jreue. Luas lahan hutan dari 12.598,00 ha (54,26%) menjadi 11.748,33 ha (49,60%) atau berkurang 849,67 ha (BPKH, 2019). Berkurangnya lahan hutan berdampak pada debit aliran pada Sub DAS Krueng Jreue yang semakin berkurang, ditandai dengan ketidakcukupan air. Hasil penelitian Isnin *et al.* (2012) menunjukkan, persediaan air total yang ada pada Sub DAS Krueng Jreue berkisar 0,24-3,22 m³ detik⁻¹. Sementara kebutuhan air total untuk pertanian dan rumah tangga sebesar 0,18-6,44 m³ detik⁻¹, sehingga pada musim kemarau persediaan air pada Sub DAS Krueng Jreue tidak dapat memenuhi kebutuhan air untuk pertanian dan rumah tangga. Kondisi defisit air ini jika berlanjut dapat mengakibatkan terjadi bencana hidrologi kekeringan pada musim kemarau (Mei-September).

Pengelolaan DAS terpadu dan berkelanjutan dapat dilakukan dengan cara mengidentifikasi keterkaitan antara permasalahan karakteristik biofisik lahan,

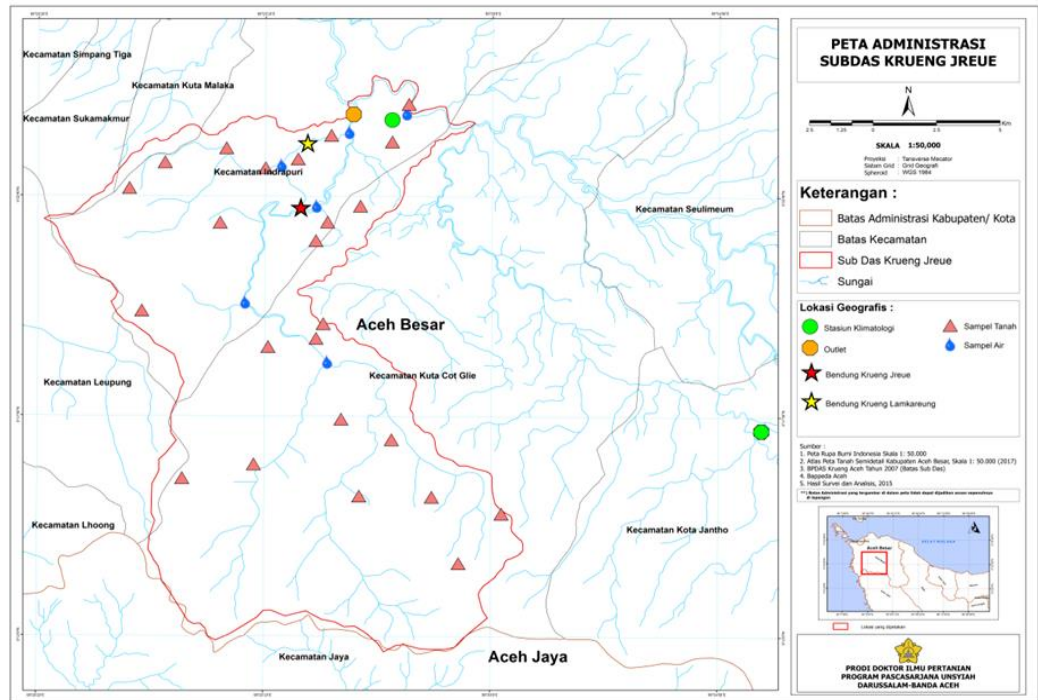
hidrologi serta keterkaitan wilayah hulu-hilir yang saling berhubungan dan mempengaruhi unit ekosistem DAS. Salah satu pendekatan untuk meningkatkan pengelolaan dan daya dukung lahan di suatu DAS melalui upaya pengelolaan banjir. Banjir merupakan ancaman bencana dengan risiko tinggi di Indonesia, terutama terhadap harta benda dan infrastruktur dan sangat mengancam roda perekonomian masyarakat. Bencana banjir berdampak pada kerusakan infrastruktur, pertanian dan perkebunan (Raimi *et al.*, 2017). Untuk mitigasi bencana banjir, diperlukan diketahui tingkat kerentanan dan risiko terhadap banjir serta arahan mitigasi bencana banjir baik berdasarkan aspek biofisik lahan, baik secara teknis maupun non teknis pada suatu DAS (Putri *et al.*, 2018).

Kajian dan sistem pengelolaan Sub DAS Krueng Ireue adalah suatu bentuk pengembangan wilayah yang menempatkan Sub DAS sebagai suatu unit pengelolaan, dengan daerah bagian hulu dan hilir mempunyai keterkaitan biofisik lahan melalui daur hidrologi. Salah satu faktor penting yang harus diwujudkan dalam setiap sistem pengelolaan Sub DAS adalah menjaga fungsi Sub DAS Krueng Ireue sebagai pengatur tata air yang baik. Oleh sebab itu fungsi hidrologis Sub DAS harus dapat terjaga secara lestari yang dicirikan oleh ketersediaan sumberdaya air yang meliputi kuantitas, kualitas dan distribusi yang baik sepanjang tahun di seluruh Sub DAS.

Berdasarkan latar belakang di atas, maka pentingnya penelitian kajian tingkat kerentanan banjir berdasarkan aspek biofisik lahan serta aspek klimatologis untuk meningkatkan dan mempertahankan kualitas tanah dan air secara berkelanjutan serta mengurangi dampak negatif dan risiko kerusakan yang diakibatkannya di Sub DAS Krueng Ireue. Tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah: (1) Menetapkan kelas tingkat kerentanan banjir berdasarkan berdasarkan Satuan Peta Lahan (SPL), dan (2) Menetapkan arahan mitigasi bencana hidrologis pada kawasan budidaya dan non-budidaya berdasarkan tingkat kerentanan banjir di Sub DAS Krueng Ireue Aceh Besar.

Bahan dan Metode

Penelitian dilaksanakan di Daerah Aliran Sungai (DAS) Krueng Aceh, Sub DAS Krueng Ireue. Secara administrasi wilayah ini termasuk ke dalam wilayah Kabupaten Aceh Besar. Lokasi penelitian berada pada koordinat 05°12'36''–05°26'09'' LU dan 95°20'28'' – 95°30'28'' BT, dengan luas 23.218,06 ha (2.321,81 km²). Penelitian dilaksanakan bulan Oktober 2019–Februari 2020. Peta Administrasi Sub DAS Krueng Ireue, tertera pada Gambar 1.



Gambar 1. Peta Administrasi Sub DAS Krueng Jreue

Bahan-bahan yang digunakan: peta administrasi, peta curah hujan skala 1 : 50.000. Data curah hujan tahun 2008-2017, peta penggunaan lahan, peta infiltrasi tanah dan peta kemiringan lereng. Penelitian dilakukan menggunakan Metode Deskriptif (Survei). Tahapan analisis Tingkat Kerentanan Banjir (TKB), meliputi: (1) Identifikasi parameter tingkat kerentanan banjir; (2) Transformasi data kualitatif menjadi data kuantitatif dengan pembobotan dan pengharkatan pada masing-masing parameter tingkat kerentanan banjir; dan (3) Tingkat kerentanan banjir berdasarkan metode skoring untuk mendapatkan kelas dan arahan mitigasi bencana hidrologis berdasarkan kondisi karakteristik biofisik satuan peta lahan (SPL).

Untuk menentukan tingkat kerentanan banjir digunakan analisis kuantitatif, yaitu hasil perhitungan variabel kerentanan banjir, meliputi: curah hujan, penggunaan lahan, infiltrasi tanah dan kemiringan lereng (Sigit *et al.*, 2011). Data spasial variabel kerentanan banjir bersifat kualitatif, sehingga perlu ditransformasikan ke dalam bentuk kuantitatif dengan pembobotan dan pengharkatan. Pemberian bobot curah hujan 1, penggunaan lahan 2, infiltrasi tanah 3, dan kemiringan lereng 4, tertera pada Tabel 1, 2, 3, dan 4.

Tabel 1. Klasifikasi Curah Hujan

No.	Curah hujan (mm tahun ⁻¹)	Deskripsi	Bobot	Harkat	Skor
1	> 3.000	Tinggi		5	5
2	2.500 – 3.000	Agak Tinggi		4	4
3	2.000 – 2.500 (Sedang)	Menengah	1	3	3

4	1.500 – 2.000 Rendah	Agak	2	2
5	< 1.500	Rendah	1	1

Sumber: Pusat Penelitian Tanah & Agroklimat (1995); dan Sigit *et al.* (2011)

Tabel 2. Klasifikasi Penggunaan Lahan

No.	Penggunaan Lahan	Bobot	Harkat	Skor
1	Lahan Terbuka, Sungai, Waduk, Rawa, Padang Rumput		5	10
2	Permukiman, Kebun Campuran		4	8
3	Pertanian, Sawah, Tegalan	2	3	6
4	Perkebunan, Semak Belukar		2	4
5	Hutan Primer, Hutan Sekunder		1	2

Sumber: Meijerink (1970); dan Sigit *et al.* (2011)

Tabel 3. Klasifikasi Infiltrasi Tanah

No.	Tekstur Tanah ^a	Laju Infiltrasi ^b	Bobot	Harkat	Skor
1	Liat	Sangat Lambat		5	15
	Liat Berpasir	Lambat			
	Liat Berdebu			4	12
2	Lempung Berliat				
	Lempung Liat	Sedang			
	Berpasir		3	3	9
3	Lempung Liat				
	Berdebu				
	Lempung				
	Lempung Berdebu	Cepat			
4	Lempung Berpasir			2	6
5	Pasir	Sangat Cepat			
	Pasir Berlempung			1	3

Sumber: (a) Rahayu *et al.* (2009); (b) Budiyanto *et al.* (2014); dan Sigit *et al.* (2011)

Tabel 4. Klasifikasi Kemiringan Lereng

No.	Kelas Kemiringan Lereng (%)	Deskripsi	Bobot	Harkat	Skor
1	0- < 8	Datar		5	20
2	8- <15	Landai		4	16
3	15- <25	Agak Curam	4	3	12
4	25- <40	Curam		2	8
5	≥40	Sangat Curam		1	4

Sumber: Dirjen Reboisasi & Rehabilitasi Lahan (1998); dan Sigit *et al.* (2011)

Evaluasi terhadap kriteria tingkat kerentanan banjir (TKB) adalah menentukan kelas tingkat kerentanan banjir berdasarkan metode skoring (Sigit *et al.*, 2015), terdiri lima kelas, yaitu: (1) Sangat Rentan, (2), Rentan, (3) Cukup Rentan (Sedang), (4) Agak Rentan, dan (5) Tidak Rentan. Kelas tingkat kerentanan banjir berdasarkan kriteria tingkat kerentanan banjir (total skor), tertera pada Tabel 5.

Tabel 5. Kelas Tingkat Kerentanan Banjir Berdasarkan Kriteria Tingkat Kerentanan Banjir

No.	Kriteria Tingkat Kerentanan Banjir (Total Skor)	Kelas Tingkat Kerentanan Banjir
1	$42 \leq \text{TKB} \leq 50$	Sangat Rentan
2	$34 \leq \text{TKB} \leq 41$	Rentan
3	$26 \leq \text{TKB} \leq 33$	Cukup Rentan
4	$18 \leq \text{TKB} \leq 25$	(Sedang)
5	$10 \leq \text{TKB} \leq 17$	Agak Rentan Tidak Rentan

Sumber: Modifikasi Sigit *et al.* (2011)

Hasil dan Pembahasan

Kelas Tingkat Kerentanan Bencana Hidrologis

Pengkajian risiko dan kelas tingkat kerentanan bencana di Sub DAS Krueng Ireue digunakan sebagai dasar arahan upaya mitigasi bencana hidrologis (banjir), dilihat dari: (1) Potensi penduduk terpapar, (2) Potensi kerugian (fisik dan ekonomi), serta (3) Potensi kerusakan lingkungan atau lahan (BNPB, 2012). Kelas Tingkat Kerentanan Bencana Banjir (TKB) berdasarkan satuan peta lahan terdiri tiga kelas, yaitu: (1) Cukup rentan/sedang (total skor = $26 \leq \text{TKB} \leq 33$), (2) Rentan (total skor = $34 \leq \text{TKB} \leq 41$), dan (3) Sangat rentan (total skor = $42 \leq \text{TKB} \leq 50$). Nilai tingkat kerentanan bencana banjir (total skor) berkisar antara 27,00-43,00, Semakin tinggi atau nilai mendekati total skor= 50, menunjukkan semakin rentan/tinggi terhadap tingkat kerentanan bencana banjir. Kelas tingkat kerentanan bencana banjir pada kawasan budidaya dan non-budidaya di Sub DAS Krueng Ireue tahun 2008-2017, tertera pada Tabel 6.

Tabel 6. Kelas Tingkat Kerentanan Banjir pada Kawasan Budidaya dan Non-Budidaya Sub DAS Krueng Ireue Tahun 2008-2017

SP	Penggunaan Lahan	Tingkat Kerentanan Banjir (Total Skor) ^a	
		Kriteria	Kelas
I			
10	Permukiman	42,00	Sangat Rentan

11	Sawah	43,00	Sangat Rentan
12	Tegalan	40,00	Rentan
13	Tegalan	33,00	Cukup Rentan
<hr/>			
II	Kawasan Non-Budidaya		
<hr/>			
1	Tanah Terbuka	36,00	Rentan
2	Tanah Terbuka	29,00	Cukup Rentan
3	Semak Belukar	38,00	Rentan
4	Semak Belukar	28,00	Cukup Rentan
5	Semak Belukar	33,00	Cukup Rentan
6	Semak Belukar	29,00	Cukup Rentan
7	Semak Belukar	22,00	Agak Rentan
8	Padang Rumput	31,00	Cukup Rentan
9	Padang Rumput	29,00	Cukup Rentan
19	Padang Rumput	41,00	Rentan
20	Padang Rumput	36,00	Rentan
21	Padang Rumput	25,00	Rentan
14	Hutan Sekunder	33,00	Cukup Rentan
15	Hutan Sekunder	29,00	Cukup Rentan
16	Hutan Sekunder	28,00	Cukup Rentan
17	Hutan Sekunder	18,00	Cukup Rentan
18	Hutan Primer	28,00	Cukup Rentan
<hr/>			
	Total	271,40	
	Rerata	33,93	

Sumber: (a) Modifikasi Sigit *et al.* (2011), dan Hasil Analisis Data (2020)

Tabel 6, rerata total skor tingkat kerentanan bencana banjir di Sub DAS Krueng Ireue adalah 33,93 (kelas cukup rentan), dengan distribusi dari kelas cukup rentan, rentan dan sangat rentan. Total skor tertinggi tingkat kerentanan bencana banjir terdapat di SPL 11 (sawah); SPL 10 (permukiman) dan SPL 12 dan 13 (tegalan), dengan kelas sangat rentan dan rentan (total skor 43,00 dan total skor 42,00) serta total skor 36,50. Sedangkan yang terendah terdapat di SPL 18 (hutan primer), total skor = 28,00, dan SPL 17 (hutan sekunder), total skor = 27,00, dengan kelas cukup rentan (sedang). Hutan primer dan hutan sekunder seluas 12.598,00 ha atau 54,26% dari total luas Sub DAS Krueng Ireue (23.218,06 ha), mempunyai elemen kapasitas yang relatif lebih tinggi jika dibandingkan dengan beberapa pola penggunaan lahan yang lain, sehingga tingkat kerentanan bencana banjir dan kekeringan pada hutan menjadi lebih rendah. Naryanto (2011), jika kapasitas yang dimiliki suatu wilayah tinggi, maka tingkat kerentanan bencana wilayah menjadi lebih rendah, dan sebaliknya jika kapasitas yang dimiliki wilayah rendah, maka tingkat kerentanan bencana wilayah tersebut menjadi tinggi.

Semakin baik pengelolaan pola penggunaan lahan dan semakin meningkatnya wilayah tutupan hutan, memiliki tingkat kerentanan relatif rendah atau tidak rentan terhadap bencana banjir dan kekeringan. Kapasitas menyerap air tanah pada lahan hutan lebih luas dan lebar karena tanah memiliki struktur yang baik dan porositas yang banyak dan mempengaruhi kapasitas tanah dalam menyerap air (Ishak, 2011). Semakin menurunnya wilayah tutupan hutan oleh konversi hutan umumnya

meningkatkan rerata volume *runoff* (Suryatmojo *et al.*, 2013), akhirnya menyebabkan bencana banjir di musim hujan dan kekeringan di musim kemarau, karena tanah telah terdegradasi dan terbuka.

Hutan primer dan hutan sekunder sebagai kawasan non-budidaya berperan dalam memelihara pasokan air, memberi perlindungan tanah dalam suatu DAS, serta meminimalkan pengaruh bencana banjir dan kekeringan, namun peranannya terbatas. Kapasitas hutan dalam fungsi perlindungan dan pengendali aliran langsung adalah terbatas, di mana tergantung pada pengelolaan hutan, karakteristik curah hujan dan karakteristik biofisik lahan (Nagel, 2011), seperti penggunaan lahan, infiltrasi tanah dan kemiringan lereng. Sebagai paru-paru dunia, hutan dapat mengurangi pemanasan global, sangat adaptif terhadap perubahan iklim, mengurangi risiko bencana banjir saat musim penghujan dan kekeringan saat musim kemarau, di mana bencana banjir periode ulang lima tahun sekali di DAS Krueng Aceh dapat menimbulkan kerusakan fisik, dan kekeringan setiap tahun dapat menimbulkan kerusakan non-fisik (Praja, 2017).

Arahan Mitigasi Bencana Hidrologis

Arahan mitigasi bencana hidrologis (banjir) pada kawasan budidaya (1.548,98 ha) dan non-budidaya (21.669,08 ha) di Sub DAS Krueng Jreue tahun 2020, merupakan Sub DAS yang akan dipulihkan daya dukungnya (Peraturan Pemerintah, 2012), dan rekayasa biofisik lahan serta kegiatan lainnya termasuk dalam pengelolaan Sub DAS terpadu (Qanun, 2018).

Kawasan Budidaya

Arahan mitigasi bencana hidrologis pada kawasan dengan fungsi utama untuk dibudidayakan seluas 1.548,98 ha atau 6,67% dari luas total Sub DAS Krueng Jreue (23.218,06 ha), terdiri dari wilayah: permukiman, sawah dan tegalan. Ketiga wilayah tersebut terletak di luar kawasan hutan. Dalam upaya mitigasi bencana hidrologis pada kawasan budidaya yang rentan terhadap bencana hidrologis oleh masyarakat dan lembaga/dinas/instansi terkait, perlu dilakukan tindakan pencegahan bencana banjir dan pengelolaan air dengan penyediaan sarana berupa sumur bor, pompa air, sumur resapan, biopori, saluran irigasi dan drainase, penerapan sistem konservasi tanah dan air, serta pengaturan pola tanam agar fungsi kawasan ini dapat dioptimalkan dan kualitas tanah lebih terjaga. Arahan mitigasi bencana hidrologis pada kawasan budidaya berdasarkan aspek biofisik lahan dan tingkat kerentanan bencana banjir di Sub DAS Krueng Jreue Aceh Besar tahun 2020, tertera pada Tabel 7.

Tabel 7. Arahan Mitigasi Bencana Hidrologis pada Kawasan Budidaya Berdasarkan Aspek Biofisik Lahan dan Tingkat Kerentanan Banjir Sub DAS Krueng Jreue Aceh Besar Tahun 2020

SP L	Penggun aan Lahan	Kemiri ngan Lereng	Permasalahan/Kendala	Arahan Mitigasi Bencana Hidrologis/Alternatif Rehabilitasi Lahan	Luas (ha)
10	Permuki man	Datar- Landai (0-8%)	Wilayah ini memiliki indeks kualitas tanah yang baik tetapi terjadi defisit air tanah pada musim kemarau dan sangat rentan banjir	Perlu tindakan pencegahan banjir dan pengelolaan air dengan menerapkan sistem pertanian konservasi seperti: sumur resapan, biopori, pengaturan pola tanam, pergiliran tanaman dan <i>cover crops</i>	103,88
11	Sawah	Datar- Landai (0- <8%)	Wilayah ini memiliki indeks kualitas tanah sedang tetapi terjadi defisit air tanah pada	Perlu pengaturan pola tanam atau pemilihan jenis varietas padi toleran kekeringan dan	520,88

			musim kemarau serta sangat rentan terhadap banjir dan rentan terhadap kekeringan	penyediaan prasarana irigasi seperti: sumur bor, pompa air, serta penerapan konservasi tanah dan air seperti: pergiliran tanaman, pengelolaan tanah	
12	Tegalan	Datar-Landai (0- <8%)	Wilayah ini memiliki indeks kualitas tanah sedang tetapi terjadi defisit air tanah pada musim kemarau dan rentan terhadap banjir dan kekeringan	Cukup menerapkan teknik konservasi misalnya pergiliran <i>cover intercropping</i> , pendauran bahan organik	923,66
13	Tegalan	Landai-Berbukit (8- <15%)	Wilayah ini memiliki indeks kualitas tanah sedang namun rawan terhadap erosi karena terdapat pada lahan yang miring dan terjadi defisit air tanah pada musim kemarau, dan tidak terpengaruh oleh banjir dan kekeringan	Cukup menerapkan teknik konservasi dengan: penanaman kontur, pergiliran tanaman, pendauran bahan organik, menjaga permukaan tanah dengan <i>cover crops</i> dan <i>intercropping</i>	0,56
Total					1.548,98

Sumber: Hasil Analisis Data (2020)

Tabel 7, alternatif kegiatan perbaikan dan pemulihan lahan (rehabilitasi lahan) pada kawasan budidaya, terutama diprioritaskan pada permukiman, sawah dan tegalan yang rawan terjadi defisit air pada musim kemarau, rentan terhadap bencana banjir dan kekeringan, baik secara mekanik (misalnya pembuatan sumur resapan, biopori, sumur bor, pengelolaan pompa air dan pengelolaan tanah), maupun vegetatif (misalnya pengaturan pola tanaman, pemilihan varietas yang toleran kekeringan, pergiliran tanaman, penanaman *cover crops*, sistem *intercropping* dan pendauran bahan organik).

Tindakan pencegahan banjir dan pengelolaan air dengan pembuatan sumur resapan dan penggalian lubang resapan biopori, terutama di wilayah permukiman. Dengan bertambahnya curah hujan pada lahan permukiman, *runoff* menyebabkan saluran drainase yang telah ada tidak cukup lagi sehingga air melimpas dan terjadi banjir genangan. Oleh sebab itu, agar tidak terjadi banjir genangan ini, perlu upaya memperbesar air hujan yang terinfiltrasi dengan sumur resapan dan lubang resapan biopori (Ikhsan & Refiyanni, 2018).

Pada wilayah permukiman dan tegalan dapat ditanam tanaman strata tinggi seperti mangga dan rambutan, serta strata menengah seperti pisang. Tanaman palawija (kacang tanah, kacang hijau, kedelai dan jagung), dan hortikultura (bawang merah, cabai merah, cabai rawit, kacang panjang, terung, mentimun dan semangka). Untuk menunjang ketahanan pangan di Sub DAS Krueng Jreue, di samping padi dapat juga ditanam jagung dan ubi kayu. Pergiliran tanaman di permukiman dan tegalan dapat meningkatkan diversifikasi vegetasi tutupan lahan dan pola budidaya pertanian. Sistem ini memadukan tanaman strata tinggi (tanaman tahunan) dengan tanaman strata menengah (perkebunan) dan tanaman strata rendah (hortikultura/pangan) (Soewandita, 2013). Penggunaan lahan yang disertai teknik konservasi secara vegetatif, seperti pergiliran tanaman dan tanaman penutup tanah famili kacang-kacangan dapat memperkecil nilai laju erosi di suatu DAS (Fitri, 2011).

Pengaturan pola tanam padi dan palawija (jagung, kedelai, kacang tanah dan kacang hijau) di sawah. Pemilihan musim tanam padi di sawah yang selama ini diprakarsai leading sektor Dinas Pertanian Aceh Besar, sebaiknya disesuaikan dengan kearifan lokal seperti sistem pranata iklim (*keuneunong*), sehingga kebutuhan air irigasi yang diperlukan saat musim kemarau dapat tercukupi (Faisal *et al.*, 2018). Penanaman padi varietas yang toleran kekeringan, dan penerapan budidaya pertanian tanaman hemat air dan input, terutama palawija: jagung, kedelai dan kacang hijau pada musim tanam gadu.

Wilayah sawah pola tanamnya dapat diarahkan: Padi Gadu-Bera-Padi Rendengan-Bera atau dilakukan pergiliran tanaman dengan tanaman kacang-kacangan seperti kacang tanah, kacang hijau dan kedelai. Sistem bera (meninggalkan lahan tanpa tanaman untuk periode tertentu). Pola tanam yang disertai dengan sistem bera menjadi penting, karena tanah bera biasanya dibiarkan tidak ditanami, agar kembali kesuburannya pada periode penanaman selanjutnya (Pardosi *et al.*, 2013).

Pengelolaan tanah seperti tanpa olah tanah dan olah tanah minimum, terutama pada saat musim kemarau, bertujuan memperbaiki sifat fisika tanah, antara lain meningkatkan kandungan bahan organik tanah, pori aerasi dan pori air tersedia dibandingkan pengolahan tanah konvensional dan olah tanah intensif. Aplikasi tanpa olah tanah dan olah tanah minimum di DAS Krueng Aceh dapat mengurangi risiko kegagalan panen atau puso akibat bencana kekeringan dibandingkan dengan olah tanah konvensional (Meylis *et al.*, 2012). Pengaturan pola tanam padi dan palawija pada musim tanam gadu sangat diperlukan, mengingat curah hujan minim, dan kebutuhan air untuk irigasi diperoleh dari bendung Krueng Jreue dan Krueng Lamkareung.

Aplikasi teknologi rorak pada wilayah tegalan dengan kemiringan lereng bergelombang (8-15%), bertujuan untuk meminimalkan degradasi tanah. Rorak dapat memperbesar air hujan yang terinfiltrasi dan mencegah terjadinya banjir. Meningkatkan pengisian pori-pori dan perkolasi tanah dengan pembuatan rorak akan menurunkan *runoff* yang keluar dari persil lahan secara signifikan dan ikut berkontribusi terhadap pengendalian bencana banjir di hulu DAS Krueng Aceh (Rusdi *et al.*, 2013).

Optimalisasi lahan dengan sistem *intercropping* pada lahan tegalan, di samping memanfaatkan lahan kosong disela-sela tanaman pokok, sangat berarti

dalam penggunaan cahaya, air dan unsur hara yang lebih efektif. Sistem *intercropping* dapat meningkatkan potensi lahan dan produksi hasil tanaman dan lebih produktif dibandingkan dengan sistem monokultur, terutama pada kondisi kualitas tanah yang rendah sampai sedang, serta menekan aktivitas hama dengan meningkatnya diversitas tanaman (Ceunfin *et al.*, 2017).

Untuk menunjang pertumbuhan dan produksi tanaman, dilakukan penggunaan bahan organik dan mulsa organik, terutama di tegalan. Pendaauran bahan organik dapat meningkatkan kesuburan tanah potensial dan meningkatkan konservasi bahan organik tanah dan menekan emisi CO₂. Bahan organik dan mulsa organik membantu mengurangi erosi, mempertahankan kelembaban tanah, mengendalikan pH, memperbaiki drainase, mengurangi pemadatan tanah, meningkatkan kapasitas pertukaran ion, dan meningkatkan aktivitas biologi tanah. Efek spons dari bahan organik dan serasah hutan dapat menyerap air hujan dan mengatur pengalirannya hingga dapat mengurangi dampak bencana banjir di wilayah hilir dan mengatur ketersediaan air pada musim kemarau pada DAS Krueng Aceh (Muis, 2017).

Kawasan Non-Budidaya

Arahan mitigasi bencana hidrologis pada kawasan non-budidaya yang berfungsi melindungi kelestarian hutan dan lahan, terdiri dari wilayah: tanah terbuka, semak belukar, padang rumput, hutan sekunder dan hutan primer. Arahan mitigasi bencana hidrologis pada kawasan non-budidaya berdasarkan Aspek biofisik lahan dan tingkat kerentanan banjir di Sub DAS Krueng Jreue Aceh Besar tahun 2020, tertera pada Tabel 8.

Tabel 8. Arahan Mitigasi Bencana Hidrologis pada Kawasan Non-Budidaya Berdasarkan Aspek Biofisik Lahan dan Tingkat Kerentanan Banjir Sub DAS Krueng Jreue Aceh Besar Tahun 2020

SP L	Penggun aan Lahan	Kemiri ngan Lereng	Permasalahan/Kendala	Arahan Mitigasi Bencana Hidrologis/Alternatif Rehabilitasi Lahan	Luas (ha)
1 & 2	Lahan Terbuka	Berbukit- Agak Bergunung (15- <40%)	Wilayah ini memiliki indeks kualitas tanah sedang namun sangat rawan terhadap erosi dan terjadi defisit air tanah pada musim kemarau, dan tidak terpengaruh oleh banjir namun sangat rentan terhadap kekeringan	Perlu konservasi lahan secara intensif dengan membuat terasering, tanaman penguat tebing dan menanam pohon konservasi serta <i>cover crops</i> atau mengembalikan lahan menjadi hutan (reboisasi intensif)	20,06
3 sd 7	Semak Belukar	Datar- Bergunung	Wilayah ini memiliki indeks kualitas tanah sedang namun rawan	Perlu konservasi lahan secara intensif dengan membuat terasering,	3.917,6 7

		(0- ≥40%)	hingga sangat peka terhadap erosi dan terjadi defisit air tanah pada musim kemarau, dan rentan hingga sangat rentan banjir dan kekeringan	tanaman penguat tebing dan menanam pohon konservasi, <i>cover crops</i> , agroforestri dan penghijauan kembali	
8 & 9	Padang Rumput	Landai-Agak Bergunung (8-<40%)	Wilayah ini memiliki indeks kualitas tanah rendah hingga sedang dan sangat rawan terhadap erosi serta terjadi defisit air tanah pada musim kemarau, dan rentan terhadap kekeringan	Perlu membuat terasering, penguat tebing dan menanam pohon konservasi, <i>cover crops</i> serta penghijauan kembali	2.519,13
19 s/d 21	Padang Rumput	Datar-Bergunung (0-≥40%)	Wilayah ini memiliki indeks kualitas tanah rendah hingga sedang dan sangat rawan terhadap erosi serta terjadi defisit air tanah pada musim kemarau, rentan terhadap banjir dan kekeringan	Perlu membuat terasering, penguat tebing dan menanam pohon konservasi, dan penghijauan kembali secara intensif	2.614,22
14 s/d 17	Hutan Sekunder	Datar-Bergunung (0-≥40%)	Wilayah ini memiliki indeks kualitas tanah sedang dan sangat rawan terhadap erosi serta terjadi defisit air tanah pada musim kemarau, dan rentan terhadap kekeringan	Mempertahankan hutan sekunder menjadi hutan atau pengkayaan dengan tanaman hutan/reboisasi	11.002,94
18	Hutan Primer	Bergunung (Curam) (≥40%)	Wilayah ini memiliki indeks kualitas tanah baik, tetapi terjadi defisit air tanah pada musim kemarau, dan sangat rawan terjadi erosi jika terbuka serta rentan terhadap kekeringan	Mempertahankan hutan yang telah ada dan mencegah terjadinya <i>illegal logging</i> /deforestasi	1.595,06
Total					19.134,86

Sumber: Hasil Analisis Data (2020)

Tabel 8, upaya mitigasi bencana hidrologis pada kawasan non-budidaya yang rentan terhadap bencana banjir dan kekeringan oleh lembaga/dinas/instansi terkait, dapat dilakukan dengan menerapkan alternatif perbaikan dan pemulihan lahan (rehabilitasi lahan) berupa terasering, penghijauan/reboisasi, agroforestri, dan pencegahan terhadap *illegal logging*. Alternatif kegiatan rehabilitasi lahan pada kawasan non-budidaya, terutama diprioritaskan pada tanah terbuka, padang rumput dan semak belukar yang rawan terjadi degradasi lahan akibat erosi untuk dikembalikan menjadi hutan sehingga berfungsi sebagai kawasan konservasi, baik secara mekanik (misalnya sistem terasering), maupun vegetatif (misalnya penanaman tanaman penguat tebing, pohon konservasi, penanaman *cover crops*, sistem agroforestri, program penghijauan dan reboisasi). Program penghijauan pada lahan semak belukar dan padang rumput disesuaikan dengan potensi kawasan/lokal, sedangkan program reboisasi pada tanah terbuka, hutan sekunder dan hutan primer disesuaikan dengan kegiatan Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (LHK).

Rehabilitasi lahan pada kawasan non-budidaya secara mekanik dapat diaplikasikan dengan pembuatan terasering, baik teras kredit (3-<10%), teras guludan (10-<15%) maupun teras bangku (10-<15%). Pembuatan terasering pada kawasan non-budidaya pada lahan yang topografinya bergelombang sampai dengan bergunung, seperti pada tanah terbuka, semak belukar dan padang rumput, bertujuan mengurangi panjang lereng dan menahan air, sehingga mengurangi kecepatan dan jumlah *runoff*, dan memungkinkan penyerapan air oleh tanah. Sistem Terasering dapat mengendalikan erosi pada lahan kering berlereng dan merupakan salah satu alternatif rehabilitasi atau pemulihan lahan kritis pada DAS secara mekanik (Idjuddin, 2011).

Program penghijauan intensif dengan sistem agroforestri pada lahan semak belukar, bertujuan untuk mengurangi *runoff*, mempertahankan dan meningkatkan kembali kesuburannya, dengan dengan menanam pohon serbaguna (*multi purpose tree species*) dapat mengurangi tingkat bahaya erosi pada DAS Krueng Aceh (Jayanti *et al.*, 2019). Penanaman pohon serbaguna dengan tanaman semusim, seperti kacang tanah, kacang hijau dan kedelai, dua musim seperti pisang, di antara tanaman tahunan: mahoni, eucalyptus dan pinus, serta rambutan dan mangga. Tanaman rambutan dan mangga merupakan komoditas utama di Kabupaten Aceh Besar. Perubahan pola penggunaan lahan pada tegalan menjadi agroforestri dapat menurunkan *runoff* sebesar 0,86%. Resapan air pada sistem agroforestri atau wanatani (75%) lebih tinggi daripada penanaman sistem monokultur sekitar <70% (Laturua *et al.*, 2018).

Peningkatan resapan air dan pengendalian *run-off* dengan sistem agroforestri, ditanam jenis tanaman memiliki sifat perakaran dalam, perakaran rapat dan mengikat agregat tanah dan bobot biomasnya ringan (Muis, 2017). Kerapatan yang jarang diisi dengan tanaman rumput dan *cover crops* di semak belukar, sehingga mengurangi bahaya erosi. Optimalisasi variasi tanaman dan kesuburan tanah dalam pemanfaatan sistem agroforestri yang melibatkan masyarakat sekitar kawasan hutan, adalah bentuk adaptasi dan upaya mitigasi bencana banjir dan kekeringan (Rendra *et al.*, 2016).

Sebagian semak belukar, tegalan dan padang rumput merupakan wilayah yang termasuk rawan terhadap banjir, disebabkan memiliki topografi 0-<8%.

Sedangkan tanah terbuka dan padang rumput lainnya merupakan wilayah yang termasuk kategori potensial kritis terhadap kerentanan banjir, disebabkan memiliki topografi 15- $<25\%$ sampai $\geq 40\%$. Daerah rawan banjir terdapat di daerah hilir, dengan kemiringan lereng datar. Sedang daerah berpotensi mengakibatkan terjadinya banjir adalah daerah hulu, karena mempunyai tingkat kelerengan 8- $>25\%$ (Utama & Naumar, 2015). Kejadian banjir tidak hanya terjadi di wilayah hilir saja, tetapi akhir-akhir ini banyak terjadi di wilayah hulu DAS, disebut banjir bandang (Rosyidie, 2013).

Program reboisasi intensif, misal dengan menanam pohon pinus, eucalyptus atau mahoni pada tanah terbuka dan hutan sekunder, merupakan upaya penghutanan kembali dan rehabilitasi hutan. Pohon pinus, eucalyptus, mahoni merupakan jenis eksotik yang digunakan untuk pengkayaan atau pohon pengisi dalam kawasan hutan (Maimunah, 2015). Reboisasi dalam kawasan hutan dapat memperbaiki kondisi hidro-orologi suatu wilayah yaitu penanaman pohon bertujuan untuk mencegah terjadinya banjir, erosi, tanah longsor, serta melestarikan sumber daya air (Pratomo, 2018).

Rehabilitasi lahan dengan penghijauan intensif pada padang rumput dan semak belukar merupakan upaya pemulihan lahan kritis di luar kawasan hutan untuk mengembalikan fungsi lahan. Program penghijauan intensif pada suatu DAS dapat mengurangi *runoff*, mempertahankan dan meningkatkan kembali kesuburannya. Secara tidak langsung tanaman penghijauan dapat mencegah terjadinya banjir dengan cara menyerap air hujan ke dalam tanah serta mengurangi debit air di permukaan tanah yang berfungsi mencegah banjir, longsor serta mengantisipasi kekeringan air (Murdiyanto & Gutomo, 2018).

Pada lahan yang topografinya 0- $\geq 40\%$, ditanam *cover crops* dan pohon konservasi, terutama pada tanah terbuka, semak belukar dan padang rumput. Sedangkan pada lahan yang topografinya 8- $\geq 40\%$ ditanam tanaman penguat tebing. Umumnya pohon konservasi pada hutan-hutan di suatu DAS adalah famili Moraceae (beringin), famili Lauraceae (medang), dan famili Dipterocarpaceae (meranti). Pohon konservasi, menghasilkan predikat kayu berkualitas, berperan dalam konservasi tanah dan air, seperti menahan air, mengurangi limpasan dan mengurangi kapasitas *runoff*, mengurangi laju erosi, serta mencegah terjadinya sedimentasi (Hidayati *et al.*, 2019).

Produksi biomassa yang tinggi dari penanaman *cover crops* pada tanah terbuka, semak belukar dan padang rumput berkorelasi terhadap pengembalian unsur hara ke dalam tanah dalam perbaikan kesuburan tanah, melindungi permukaan tanah dari air hujan, dan mengurangi erosi (Saputra & Wawan, 2017). Semua jenis teras pada lahan yang topografinya 8- $<25\%$ harus disertai dengan penanaman tanaman penguat tebing teras (rumput dan legum). Keanekaragaman vegetasi di DAS dari tumbuhan penutup lantai merupakan salah satu indikator dalam penentuan kualitas tebing teras, sehingga digunakan sebagai salah satu alternatif untuk mencegah longsor dan erosi, karena penutupan vegetasi berpengaruh pada kemampuan tanah dalam menahan air (Wang *et al.*, 2013).

Penyebab kerusakan hutan sekunder dan primer antara lain konversi hutan ke sektor lain, aktivitas *illegal logging* dan kepedulian terhadap kelestarian ekosistem Sub DAS Krueng Jreue (Mechram & Jayanti, 2013). Untuk mempertahankan

keberadaan hutan dan mencegah *illegal logging*, dibutuhkan program reboisasi pada hutan yang sudah mengalami degradasi dengan jenis pohon hutan yang sesuai kawasan setempat, untuk merehabilitasi fungsi hutan yang telah rusak serta memberikan manfaat yang baik bagi masyarakat terutama yang berada di sekitar kawasan hutan (Harryanto *et al.*, 2017).

Kesimpulan

Kawasan budidaya pada wilayah permukiman, sawah dan tegalan yang rentan terhadap banjir oleh masyarakat dan instansi terkait, perlu dilakukan tindakan pencegahan banjir dan pengelolaan air dengan penyediaan sarana berupa sumur bor, pompa air, sumur resapan, biopori, saluran irigasi dan drainase, penerapan sistem konservasi tanah dan air, serta pengaturan pola tanam agar fungsi kawasan ini dapat dioptimalkan dan ditingkatkan menjadi lebih baik. Kawasan non-budidaya, mitigasi bencana banjir di Sub DAS Krueng Jreue Aceh Besar, dilakukan dengan menerapkan paket-paket rehabilitasi lahan berupa terasering, penghijauan/ reboisasi, agroforestri, dan pencegahan terhadap *illegal logging*. Kegiatan rehabilitasi lahan diprioritaskan pada tanah terbuka, padang rumput dan semak belukar yang rawan terjadi degradasi untuk dikembalikan menjadi hutan sehingga berfungsi sebagai kawasan konservasi.

Daftar Pustaka

- BNPB. 2012. Peraturan Kepala Badan Nasional Penanggulangan Bencana Nomor 7 Tahun 2012, Pedoman Pengelolaan Data & Informasi Bencana Indonesia, 19 Juli 2012. Jakarta. 18 p.
- BPDASHL. 2019. Tabel Luasan Lahan Kritis Tahun 2013 dan Tahun 2018. Banda Aceh: BPDASHL Krueng Aceh. Kementerian Lingkungan Hidup & Kehutanan. 2 p.
- BPKH. 2019. Pola Tutupan Lahan Tahun 2014-2018. Balai Pemantapan Kesatuan Hutan Wilayah XVIII. Banda Aceh: Dirjen Planologi. Kementerian Lingkungan Hidup & Kehutanan. 5 p.
- Budianto PTH, Wirosodarmo, Suharto B. 2014. Perbedaan laju infiltrasi pada Lahan HTI Pinus, Jati dan Mahoni. J. Sumberdaya Alam & Lingkungan. 1 (1): 15-24.
- Ceunfin S, Prajitno D, Suryanto P, Putra ETS. 2017. Penilaian kompetisi dan keuntungan hasil tumpangsari Jagung Kedelai di bawah tegakan Kayu Putih. Savana Cendana. 2 (1) 1-3.
- Dirjen Reboisasi & Rehabilitasi Lahan. 1998. Pedoman Penyusunan Rencana Teknik Lapangan - Rehabilitasi Lahan & Konservasi Tanah (RTL-RLKT) DAS. Jakarta: Departemen Pertanian. 16 p.
- Faisal, Yulianur A, Meilianda E. 2018. Studi peningkatan intensitas luas dan pola tanam pada Daerah Irigasi Krueng Jreue. J. Arsip Rekayasa Sipil & Perencanaan (JARSP). 1 (3): 141-149.
- Fitri R. 2011. Prediksi erosi pada lahan pertanian di Sub DAS Krueng Simpo Provinsi Aceh. J. Hidrolitan. 2 (3): 96-102.

- Harryanto R, Sudirja R, Saribun DS, Herdiansyah G. 2017. Gerakan penghijauan DAS Citarum Hulu di Desa Cikoneng Kecamatan Cileunyi Kabupaten Bandung. *J. Aplikasi Iptek*. 6 (2): 78-82.
- Hidayati AN, Syahbudin A, Adriyanti DT, Anam AA, Salima D. 2019. Peran *Ficus elasticus* sebagai upaya konservasi tanah dan air di Hutan Bulupitu, Kebumen. Bogor: Prosiding Semnas Masyarakat Biodiversity Indonesia. 5 (10): 66-70.
- Idjudin A. 2011. Peranan konservasi lahan dalam pengelolaan perkebunan. *J. Sumberdaya Lahan*. 5 (2): 103-116.
- Ikhsan M, Refiyanni M. 2018. Analisis jumlah lubang resapan biopori pada lahan terbuka Kampus Fakultas Teknik Universitas Teuku Umar. *J. Teknik Sipil*. 3 (2): 64-72.
- Ishak M. 2011. Memetakan gerakan tanah di Jawa Barat. *J. Penanggulangan Bencana*. 2 (2): 24-33.
- Isnin M, Basri H, Romano. 2012. Nilai ekonomi ketersediaan hasil air Sub DAS Krueng Jreue Kabupaten Aceh Besar. *J. Manajemen Konservasi Sumberdaya Lahan*. 1 (2): 184-193.
- Laturua A, Hendrayanto, Puspaningsih N. 2018. Penggunaan lahan optimal dalam transformasi hujan limpasan di DAS Wae Ruhu. *Media Konservasi*. 23 (1): 52-64.
- Mechram S, Jayanti DS. 2013. Analisis spasial arahan penggunaan lahan dan kekritisian lahan Sub DAS Krueng Jreue. Banda Aceh: Prosiding Semnas Pengelolaan DAS Berbasis Masyarakat untuk Hutan Aceh Berkelanjutan. p. 113-123.
- Meijerink AMJ. 1970. Photo-interpretation in hydrology: A geomorphological approach. Enschede Netherlands: Internat. Inst. for Aerial Survey & Earth Sciences. 142 p.
- Meylis, Sarah, Munir A, Dirwan, Azmeri, Masimin. 2012. Pengaruh Pergeseran Jadwal Tanaman Terhadap Produktivitas Padi di Daerah Irigasi Krueng Aceh. Bandung: Pertemuan Ilmiah Tahunan HATHI XXIX. p. 52-60.
- Muis BA. 2017. Model perencanaan penggunaan lahan untuk konservasi sumberdaya air di DAS Krueng Aceh. [Disertasi]. Bogor: Sekolah Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor. 95 p.
- Murdiyanto, Gutomo T. 2018. Bencana alam banjir dan tanah longsor: dan upaya masyarakat dalam penanggulangan. *J. Pelayanan Kesejahteraan Sosial*. 14 (4): 437-452.
- Nagel PJF. 2011. Pelestarian hutan dalam hubungannya dengan lingkungan dan potensi ekonomi. *Proceeding Pesat*. 4: 7-13.
- Naryanto HS. 2011. Analisis risiko bencana tanah longsor di Kabupaten Karanganyar Provinsi Jawa Tengah. *J. Penanggulangan Bencana*. 2 (1): 21-32.
- Nasution MK. 2018. Tingkat Kekritisian dan Rehabilitasi Lahan di DAS Krueng Aceh. [Skripsi]. Bogor: Departemen Manajemen Hutan, Fakultas Kehutanan Institut Pertanian Bogor. 29 p.
- Pardosi E, Jamilah, Lubis KS. 2013. Kandungan bahan organik dan beberapa sifat fisik tanah sawah pada pola tanam Padi-Padi dan Padi-Semangka. *J. Online Agroekoteknologi*. 1 (3): 429-439.

- Peraturan Pemerintah. 2012. Peraturan Pemerintah RI Nomor 37 Tahun 2012, Pengelolaan Daerah Aliran Sungai, 01 Maret 2012. Jakarta. 28 p.
- Praja TA. 2017. Analisa Pengaruh Floodway Krueng Aceh Terhadap Banjir yang Terjadi di Banda Aceh. [Tesis]. Surakarta: Program Studi Magister Teknik Sipil, Sekolah Pascasarjana Universitas Muhammadiyah Surakarta. 22 p.
- Pratomo JA, Banuwa IS, Yuwono SB. 2018. Evaluasi keberhasilan tanaman reboisasi pada lahan kompensasi pertambangan emas PT. Natarang Mining. J. Sylva Lestari. 6 (2): 41-50.
- Pusat Penelitian Tanah & Agroklimat. 1995. Survei Identifikasi dan Karakteristik Sifat Fisik Tanah dan Lingkungan di Daerah Lahan Kritis. Bogor: Badan Penelitian & Pengembangan Pertanian. 30 p
- Putri YP, Barlian E, Dewata I, Tanto TA. 2018. Arahan kebijakan mitigasi bencana banjir bandang di Daerah Aliran Sungai (DAS) Kuranji, Kota Padang. Majalah Ilmiah Globe. 2 (2): 87-98.
- Qanun. 2018. Qanun Provinsi Nanggroe Aceh Darussalam Nomor 7 Tahun 2018, Pengelolaan Daerah Aliran Sungai Terpadu, 31 Desember 2018. Banda Aceh. 41 p.
- Rahayu S, Widodo RH, Noordwijk VN, Suryadi I, Verbist B. 2009. Monitoring air di DAS. Bogor: World Agroforestry Center-Southeast Asia Regional Office. 104 p.
- Raimi KR, Eriyati, Aqualdo N. 2017. Dampak banjir air pasang terhadap kerusakan lahan komoditas perkebunan dan pendapatan petani di Kecamatan Kuala Indragiri Kabupaten Indragiri Hilir. Jom Fekon. 4 (1): 1004-1017.
- Rendra PPR, Sulaksana N, Alam BYCSSS. 2016. Optimalisasi pemanfaatan sistem agroforestri sebagai bentuk adaptasi dan mitigasi tanah longsor. Bulletin of Scientific Contribution. 14 (2): 117-126.
- Rosyidie A. 2013. Banjir: Fakta dan dampaknya, serta pengaruh dari perubahan guna lahan. J. Perencanaan Wilayah & Kota. 24 (3): 241-249.
- Rusdi, Alibasyah MR, Karim A. 2013. Degradasi lahan akibat erosi pada areal pertanian di Kecamatan Lembah Seulawah Kabupaten Aceh Besar. J. Manajemen Sumberdaya Lahan. 2 (3): 240-249.
- Saputra A, Wawan. 2017. Pengaruh leguminosa cover crop (LCC) *Mucuna bracteata* pada tiga kemiringan lahan terhadap sifat kimia tanah dan perkembangan akar Kelapa Sawit belum menghasilkan. Jom. Faperta. 4 (2): 1-15.
- Sigit AA, Priyono, Andriyani. 2011. Aplikasi SIG berbasis Web untuk monitoring banjir di Wilayah DAS Bengawan Solo Hulu. Semantik. p. 1-10.
- Soewandita H. 2013. Kajian kesesuaian lahan untuk mitigasi bencana lahan di Kawasan Budidaya. Kasus Kawasan Budidaya di Lereng Gunung Sindoro-Sumbing Kabupaten Wonosobo dan Temanggung. J. Sains & Teknologi Indonesia. 15 (1): 17-23.
- Suryatmojo H, Masamitsu F, Kosugi K, Mizuyama T. 2013. Effects of selective logging methods on runoff characteristics in paired small headwater catchment. Procedia Environmental Sciences. 17: 221-229.
- Utama L, Naumar A. 2015. Kajian kerentanan kawasan berpotensi banjir bandang dan mitigasi bencana pada DAS Batang Kuranji Kota Padang. J. Rekayasa Teknik Sipil. 9 (1): 21-28.



Wang C, Chuan YZ, Zhong LX, Yang W, Huanhua P. 2013. Effect of vegetation on soil water retention and storage in a semi arid Alpine Forest Catchment. *J. of Arid Land*. 5(2): 207-219.