

**KONTRIBUSI FAKTOR DAN PENYEBAB KEKRITISAN
SUB DAS BIYONGA SEBAGAI HULU DANAU LIMBOTO**
*(Contribution Factor and Cause Criticality of Biyonga Sub Watershed as
Upstream Limboto Lake)*

Supratman Tabba

Balai Penelitian Kehutanan Manado
Jl. Tugu Adipura Raya Kelurahan Kima Atas Kecamatan Mapanget Kota Manado
Telp/Fax : (0431) 869181 Email : laffly_tabba@yahoo.com

ABSTRACT

Biyonga sub watershed is catchment area of watershed Limboto and has strategic role for the conservation of limboto lake in Gorontalo Province. Most of the Biyonga sub watershed has steep and extremely steep topography. Results showed that areas provide most contributes on biyonga sub watershed criticality value is dryland agriculture mix shrubs, entisol soil type and rether steep topography with a value of 0,50. Additionally land units also contributed to critical value of 0,44 is combination of secondary forest, ultisol soil and extremely steep topography. The criticality value also influenced by relatively shallow soil solum and land conditions without application terrace. Whereas the smallest criticality value of 0.01 is generally located in downstream areas with relatively flat topography.
Keywords : contribution factor, cause criticality, biyonga sub watershed.

ABSTRAK

Sub DAS Biyonga merupakan *catchment area* DAS Limboto dan memiliki peran strategis bagi kelestarian Danau Limboto di Provinsi Gorontalo. Sebagian besar wilayah Sub DAS Biyonga memiliki topografi curam dan sangat curam. Hasil penelitian menunjukkan bahwa wilayah yang memberikan kontribusi paling besar pada nilai kekritisitas Sub DAS Biyonga adalah : unit lahan pertanian lahan kering campur semak, jenis tanah entisol dan topografi agak curam dengan nilai 0,50. Selain itu unit lahan yang turut menyumbangkan nilai kekritisitas sebesar 0,44 adalah kombinasi hutan sekunder, tanah ultisol dan topografi sangat curam. Besarnya nilai kekritisitas juga dipengaruhi oleh solum tanah yang relatif dangkal dan kondisi lahan tanpa aplikasi teras. Sedangkan nilai kekritisitas terkecil yaitu 0,01 umumnya berada pada wilayah hilir dengan topografi relatif datar.
Kata kunci : kontribusi faktor, penyebab kekritisitas, sub DAS biyonga

I. PENDAHULUAN

Daerah Aliran Sungai (DAS) adalah suatu wilayah daratan yang secara topografi dibatasi oleh punggung-punggungan bukit yang berfungsi menerima, menampung, menyimpan dan mengalirkan air hujan untuk kemudian menyalurkannya ke waduk, danau, dan laut sebagai muara akhir melalui sungai utama (Asdak, 2004). Pada Pengelolaan DAS kemudian dikenal istilah Sub DAS yang merupakan order pertama dari DAS, dengan kata lain Sub DAS adalah *catchment area* yang terdiri dari kumpulan sungai-sungai cabang yang membentuk sungai utama.

Pola konsumsi yang sifatnya *agresif, eksploitatif* dan *ekspansif* terhadap sumber daya alam telah menurunkan daya dukung dan fungsi lingkungan DAS. Kondisi tersebut teridentifikasi dengan sering kalinya terjadi banjir, erosi, sedimentasi, tanah longsor, defisit air, berkurangnya debit sungai ketika musim kemarau, pendangkalan waduk dan danau. Meningkatnya lahan kritis terutama pada hulu DAS lebih diakibatkan oleh pengelolaan lahan secara intensif tanpa kaidah konservasi tanah, akibatnya produktivitas lahan dan produksi panen menurun. Kondisi ini ditunjukkan dengan banyaknya DAS prioritas yang ditetapkan oleh Pemerintah berdasarkan Surat Keputusan Menteri Kehutanan Nomor : SK.328/Menhut-II/2009 tanggal 12 Juni 2009, salah satunya DAS Limboto termasuk dalam kategori prioritas.

Tingginya ketergantungan terhadap hutan dan kebutuhan akan lahan-lahan pertanian menjadi pangkal permasalahan yang terjadi pada wilayah DAS Limboto. Sulitnya masyarakat terlepas dari ketergantungan terhadap hutan menyebabkan semakin tinggi pula kecenderungan untuk selalu membuka hutan khususnya di wilayah Sub DAS Biyonga. Penyebab utama sebagai pemicu terjadinya tekanan masyarakat terhadap lahan adalah kemiskinan dan rendahnya tingkat pendidikan. Minimnya pemahaman masyarakat serta kurangnya informasi edukatif di bidang konservasi dan pelestarian lingkungan, berdampak pada sebagian besar masyarakat. Implikasinya adalah kurang nampak adanya kepekaan terhadap kerusakan lingkungan dan rasa memiliki terhadap hutan.

Berdasarkan kategori degradasi, Sub DAS Biyonga termasuk kategori agak terdegradasi (Tabba, 2011). Indikator yang menjadi parameter kondisi tersebut yaitu dominasi pertanian lahan kering dan lahan-lahan kritis pada *catchment area* Sub DAS Biyonga. Berdasarkan Peraturan Menteri Kehutanan Nomor : P.26/Menhut-II/2006, lahan kritis didefinisikan sebagai lahan yang keadaan fisiknya demikian rupa sehingga lahan tersebut tidak dapat berfungsi secara baik dengan peruntukannya sebagai media produksi maupun sebagai media tata air.

Aspek kekritisian merupakan salah satu parameter untuk melakukan penilaian terhadap kerusakan DAS dan Sub DAS. Karena lahan kritis merupakan lahan yang telah mengalami kerusakan, kehilangan atau berkurangnya fungsi sehingga tidak mampu lagi berperan sebagai unsur produksi pertanian, baik untuk pengatur tata air maupun perlindungan lingkungan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui penyebab dan faktor yang berkontribusi terhadap kekritisian Sub DAS Biyonga yang merupakan hulu *catchment area* Danau Limboto. Diharapkan hasil ini menjadi bahan pertimbangan dalam penyusunan rancangan rehabilitasi lahan kritis kepada BPDAS Bone Bolango, Dinas Kehutanan setempat dan *stake holders* terkait.

II. BAHAN DAN METODE

A. Waktu dan Lokasi

Penelitian ini dilakukan pada Sub DAS Biyonga, Sub DAS pembentuk DAS Limboto yang merupakan bagian dari *catchment area* Danau Limboto. Sub DAS Biyonga secara keseluruhan berada di Kelurahan Biyonga Kecamatan Limboto Kabupaten Gorontalo Provinsi Gorontalo. Penelitian dilaksanakan selama ± empat bulan mulai Agustus s/d Nopember 2010.

B. Bahan dan Alat

Bahan yang diperlukan dalam penelitian ini meliputi peta-peta antara lain peta rupa bumi, peta penggunaan lahan, peta jenis tanah dan peta topografi. Sedangkan alat yang digunakan adalah seperangkat komputer dengan program GIS (Geografic Information System), GPS (*Global Position Sistem*), meteran, penggaris, kamera dan alat tulis.

C. Metode Pengumpulan Data

Data diperoleh dengan cara identifikasi lapangan dan *overlay* sejumlah peta yang menjadi parameter kekritisitas. Adapun tahapan rancangan penelitian adalah sebagai berikut:

1. Interpretasi peta unit lahan Sub DAS Biyonga diperoleh dari *overlay* peta penggunaan lahan, jenis tanah, dan kelas kemiringan lereng. Hasil *overlay* berupa satuan terkecil pemetaan merupakan unit lahan yang akan dinilai.
2. Melakukan *groundcheck* untuk melihat perubahan yang terjadi pada masing-masing penggunaan lahan. Kegiatan ini dilakukan dengan menggunakan GPS untuk kesesuaian lapangan dengan peta penggunaan lahan.
3. Data sekunder diperoleh dari Balai Pengelolaan DAS Bone Bolango, Balai Penelitian Kehutanan Manado, Badan Pusat Statistika Kabupaten Gorontalo, Badan Perencanaan Daerah Kabupaten Gorontalo dan studi pustaka/literatur.

D. Analisis Data

Analisis menggunakan metode sidik cepat degradasi DAS dengan menggunakan formulasi kekritisitas dan potensi lahan. Data yang dikumpulkan kemudian dideskripsikan, hasil interpretasi peta unit lahan diskoring berdasarkan parameter kekritisitas. Penilaian kekritisitas diketahui dengan cara menjumlahkan hasil kali dari skor dan bobot pada setiap parameter kemudian dibagi 100. Formulasi kekritisitas DAS atau Sub DAS disajikan pada Tabel 1.

Tabel (Table) 1. Formulasi Kekritisitas dan Potensi Lahan (*Formulation Criticality and Potential Land*)

No.	Parameter dan Bobot (parameter and weight)	Kategori (category)	Skor score	Besaran (quantities)	Nilai (value)	Kelas Kekritisitas (criticality class)
A.	ALAMI (45 %)				< 1,7 1,7 – 2,5 2,6 – 3,4 3,5 – 4,3 > 4,3	Tidak kritis Sedikit kritis Agak kritis Kritis Sangat kritis

No.	Parameter dan Bobot (parameter and weight)	Kategori (category)	Skor score	Besaran (quantities)	Nilai (value)	Kelas Kekritisian (criticality class)
1.	Solum Tanah (10 %)	Rendah Agak Rendah Sedang Agak Tinggi Tinggi	1 2 3 4 5	> 90 cm 60 cm – < 90 cm 30 cm – < 60 cm 15 cm – < 30 cm < 15 cm		
2.	Lereng (15 %)	Rendah Agak Rendah Sedang Agak Tinggi Tinggi	1 2 3 4 5	0 - < 8 % 8 - < 15 % 15 - < 25 % 25 - < 45 % > 45 %		
3.	Geologi (Batuan Singkapan) persen dari unit lahan (5 %)	Rendah Agak Rendah Sedang Agak Tinggi Tinggi	1 2 3 4 5	< 20 % 20 - < 40 % 40 - < 60 % 60 - 80 % > 80 %		
4.	Morfoerosi (erosi jurang, tebing sungai) persen dari unit lahan (10 %)	Rendah Agak Rendah Sedang Agak tinggi Tinggi	1 2 3 4 5	0 % 1 - < 20 % 20 - < 40 % 40 - 60 % > 60 %		
5.	Jenis tanah terhadap kepekaan erosi (5 %)	Rendah Agak Rendah Sedang Agak Tinggi	1 2 3 4	Alluvial, Glei, Planosol, Hidromorf, Laterik (Entisol, Ultisol, Alfisol) Latosol (Inseptisol, Ultisol) Brown forest soil, non calcic, brown, mediteran (Inseptisol, Alfisol) Andosol, Laterit, Grumosol, Podsol, Podsolik		

No.	Parameter dan Bobot (parameter and weight)	Kategori (category)	Skor score	Besaran (quantities)	Nilai (value)	Kelas Kekritisian (criticality class)
				(Andisol, Ultisol, Vertisol, Spodosol, Oksisol)		
		Tinggi	5	Regosol, Litosol, Organosol, Renzina (Entisol, Histosol, Mollisol)		
B.	(MANAJEMEN) Kawasan Budidaya Pertanian (55 %)				< 1,7 1,7 – 2,5 2,6 – 3,4 3,5 – 4,3 > 4,3	Tidak kritis Sedikit kritis Agak kritis Kritis Sangat kritis
1.	Vegetasi Penutup (40 %)	Rendah	1	50-80% hutan/perkebunan + tanaman semusim		
		Agak Rendah	2	30 - 50% hutan perkebunan + tanaman semusim rapat		
		Sedang	3	Tanaman semusim rapat		
		Sedang	3	30 – 50% hutan/perkebunan + tanaman jarang		
		Sedang	3	10 - 30% hutan/perkebunan + tanaman semusim rapat		
		Sedang	3	Tanaman semusim rapat		
		Agak Tinggi	4	10 - 30% hutan/perkebunan + tanaman semusim jarang		
		Tinggi	5	Tanaman		

No.	Parameter dan Bobot (parameter and weight)	Kategori (category)	Skor score	Besaran (quantities)	Nilai (value)	Kelas Kekritisian (criticality class)
				semusim jarang		
2.	Konservasi tanah mekanis (15%)	Rendah	1	Teras bangku datar/miring kedalam		
		Agak Rendah	2	Teras bangku miring keluar		
		Sedang	3	Teras campuran		
		Agak Tinggi	4	Teras gulud, hillside ditch. tanaman terassing		
		Tinggi	5	Tanpa teras		

Sumber (Source) : Paimin *et al.* (2006)

III. KONDISI UMUM WILAYAH PENELITIAN

A. DAS Limboto dan Danau Limboto

Secara administratif DAS Limboto berada pada wilayah Kabupaten Gorontalo Provinsi Gorontalo, dan secara geografis terletak diantara 121° 20' 24"–123° 32' 09" BT dan 00° 24' 04"–01° 02' 30" LU. Wilayah DAS Limboto meliputi empat kecamatan yaitu Kecamatan Limboto, Limboto Barat, Batudaa, Tibawa serta sebagian wilayah Kecamatan Telaga. DAS Limboto terbagi dalam 12 Sub DAS yaitu Sub DAS Biyonga Bulota (8.915 ha), Sub DAS Alo (11.270 ha), Sub DAS Batulayar (15.104 ha), Sub DAS Pone (3.117 ha), Sub DAS Marisa (7.539 ha), Sub DAS Molamahu (12.797 ha), Sub DAS Payunga (4.644 ha), Sub DAS Pilolalenga (4.537 ha), Sub DAS Pulubala (10.789 ha), Sub DAS Tabongo (2.792 ha), Sub DAS Talumelito (1.583 ha) dan Sub DAS Tuladenggi (2.832 ha).

Luas DAS Limboto seluruhnya adalah 85.919 ha, karena berada secara utuh pada satu kabupaten maka DAS Limboto dikategorikan kedalam DAS Lokal. DAS Limboto mempunyai bentuk bulat dengan RC ratio mendekati 1 yaitu 0,96 dengan panjang 38,6 km dan lebar 21,3 km (Ekowati, 2003). Bentuk DAS mempunyai pengaruh pada bentuk hidrograf aliran sungai atau ketajaman puncak banjir. Pada DAS yang berbentuk membulat, perjalanan banjir dari tiap-tiap anak sungai mempunyai waktu yang hampir bersamaan.

Umumnya DAS berbentuk membulat mampu menyimpan air dengan baik pada musim kemarau, sehingga akan meminimalkan terjadinya kekurangan air.

Danau Limboto memiliki peran strategis dari sisi fungsi ekologis maupun ekonomis antara lain sektor perikanan dan irigasi pertanian. Sekitar 85 % masyarakat yang bermukim di sekitar danau menggantungkan hidupnya pada sektor perikanan (Bappeda Kabupaten Gorontalo, 2002). Pemanfaatan di bidang perikanan berupa eksploitasi ikan dengan cara-cara tradisional seperti nyudu, memancing, pukut, dan jala. Selain itu danau juga dimanfaatkan untuk budidaya ikan nila oleh petani yang bermukim di sekitar danau.

Danau Limboto memiliki areal genangan seluas 3.360,04 ha. Berdasarkan data BPDAS Bone Bolango (2010), telah terjadi pendangkalan danau setinggi 46,66 cm/tahun dan penyempitan sebesar 66,66 ha serta terjadi penurunan muka air normal $\pm 1,75$ cm/tahun. Saat ini kondisi Danau Limboto sangat memprihatinkan, warna air coklat, lumpur sedimentasi yang tinggi, dan bau busuk dari limbah domestik. Permukaan danau ditumbuhi eceng gondok (*Euchornia crassites*), tumbuhan tersebut terus berkembang dan jika tidak ditangani maka akan menutup seluruh permukaan genangan danau. Untuk menghambat agar eceng gondok tidak meluas, masyarakat sekitar danau melakukan langkah *represif* dengan membuat pagar bambu pada bagian luar tumbuhan.

B. Sub DAS Biyonga

1. Penggunaan Lahan

Analisis peta menunjukkan bahwa tipe penggunaan lahan pada Sub DAS Biyonga terdiri dari hutan sekunder (4.163,305 ha), pertanian lahan kering campur semak (1.867,69 ha), semak belukar (1.329,23 ha), perkebunan (384,24 ha), pertanian lahan kering (666,84 ha), pemukiman (137,29 ha), sawah (331,64 ha) dan tanah terbuka (34,77 ha). Jagung (*Zea mays*) merupakan komoditi utama yang dibudidayakan oleh masyarakat pada lahan-lahan pertanian, karena jenis ini merupakan produk unggulan, dalam bahasa Gorontalo jagung lebih dikenal dengan sebutan *Milu*.

2. Topografi dan Jenis Tanah

Sub DAS Biyonga memiliki topografi DAS relatif besar, kelas kemiringan lereng didominasi curam (45,09%), sangat curam (36,32%) dan sebagian kecil datar. Jenis tanah pada *catchment area* didominasi Podsolik (51,13 %), Litosol (36,40) dan selebihnya Aluvial. Adapun padanan nama ketiga jenis tanah tersebut berdasarkan klasifikasi USDA Soil Taxonomy (1998) masing-masing adalah Ultisol, Entisol dan Inceptisol. Data topografi dan jenis tanah Sub DAS Biyonga disajikan pada Tabel 2.

Tabel (table) 2. Topografi dan Jenis Tanah (*Topography and Soil Types*)

No	Kisaran Lereng (%) <i>The range of slopes</i>	Kelas Kelerengan (<i>slope class</i>)	Luas (<i>wide</i>)		No	Jenis Tanah (<i>soil type</i>)	Luas (<i>wide</i>)	
			(Ha)	%			(Ha)	%
1.	0-8	Datar	1.656,41	18,58	1.	Tanah Ultisol	4.558,29	51,13
2.	25-45	Curam	4.019,77	45,09	2.	Tanah Inceptisol	1.111,71	12,47
3.	> 45	Sangat Curam	3.238,93	36,32	3.	Tanah Entisol	3.245,10	36,40
	Total		8.915	100			8.915	100

Sumber (*Source*) : Analisis peta (*map analysis*)

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Penyebab dan Implikasi Lahan Kritis

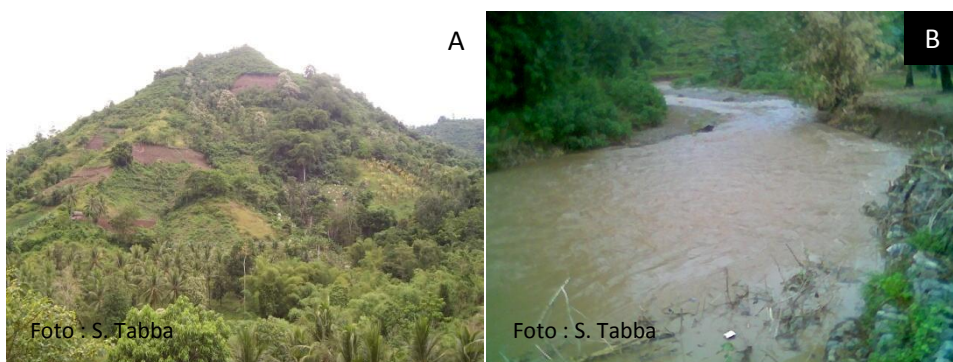
Beberapa permasalahan pokok yang teridentifikasi yaitu tingginya aliran permukaan/erosi, frekuensi banjir yang cenderung meningkat. Analisis spasial menunjukkan bahwa sekitar 8,54 juta ton/tahun sedimentasi masuk ke Danau Limboto dan 2,27 juta ton/tahun berasal dari Sub DAS Biyonga (Asir, 2011). Keadaan ini disebabkan oleh tingginya laju perambahan hutan, konversi hutan menjadi lahan budidaya pertanian serta praktek perladangan berpindah yang dilakukan oleh petani tradisional.

Sebagian besar masyarakat mengusahakan lahan secara subsistem tanpa adanya input pupuk dan penerapan teknik-teknik konservasi tanah dan air.

Tingginya sedimentasi mengakibatkan penyempitan dan pendangkalan sungai-sungai utama (Bone dan Bolango) serta Danau Limboto, kondisi ini berimplikasi pada kejadian banjir yang semakin sering terjadi dalam 5 tahun terakhir. Provinsi Gorontalo dalam tahun 2012 telah terjadi 18 kali kejadian banjir yang tersebar di 5 Kabupaten/Kota yaitu Kota Gorontalo, Kab. Gorontalo, Kab. Gorontalo Utara, Kab. Bone Bolango dan Kab. Pohuwato.

Isu pokok yang teridentifikasi sebagai penyebab utama semakin meluasnya lahan kritis di wilayah Sub DAS Biyonga adalah perladangan berpindah (*Shifting cultivation*). Masyarakat membuka lahan untuk dijadikan areal budidaya pertanian lahan kering, adapun tanaman semusim yang dikembangkan antara lain : Jagung (*Zea mays*), Cabe (*Capsicum annum*), Tomat (*Solanum melongena*) dan Kacang Tanah. Lahan dibuka dengan cara dibakar terlebih dahulu, kegiatan ini dilakukan dengan alasan cepat dan tidak membutuhkan biaya besar. Umumnya masyarakat tidak menggunakan pupuk dengan alasan mahal. Ketika lahan garapan tidak lagi menghasilkan produksi maksimal karena kesuburan tanah menurun maka alternatif yang ditempuh oleh masyarakat adalah dengan membuka lahan baru.

Permasalahan tersebut timbul karena rendahnya produktifitas lahan dan kurangnya transfer ilmu dan adopsi teknologi masyarakat DAS. Di lain pihak kebutuhan hidup meningkat dan ketergantungan hidup terhadap lahan tinggi, sehingga memaksa masyarakat untuk memenuhi kebutuhan dengan membuka hutan sebagai lahan baru.



Gambar (Figure) 1. Pembukaan lahan pada daerah ketinggian di hulu Sub DAS Biyonga (A) dan Kondisi sungai biyonga saat hujan, air keruh sebagai indikator kekritisian lahan di wilayah hulu (B). (*land clearing at altitude area in upper biyonga sub watershed (A) and biyonga river conditions when it rains, the water is turbid as land critical indicator in the upper area (B)*)

B. Daerah yang Berkontribusi terhadap Nilai Kekritisian

Hasil perhitungan terhadap parameter kekritisian dan potensi lahan Sub DAS Biyonga menunjukkan bahwa besarnya nilai kekritisian dikarenakan kontribusi besar oleh unit-unit lahan tertentu. Unit lahan yang memberikan kontribusi paling besar pada nilai kekritisian adalah kombinasi pertanian lahan kering campur semak, jenis tanah entisol dan lereng agak curam dengan nilai 0,50 (Tabel 3). Pada unit lahan ini nilai kekritisian terbesar disumbangkan oleh parameter tutupan lahan, topografi, jenis tanah, solum dangkal, dan lahan tanpa penerapan teras.

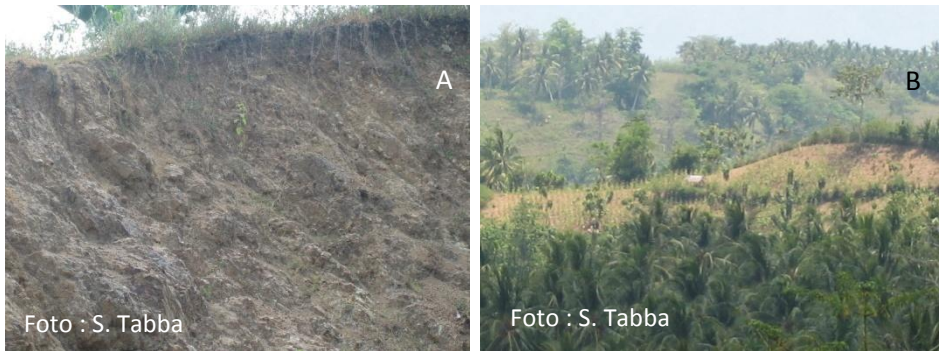
Tabel (Table) 3. Unit lahan yang berkontribusi terhadap nilai kekritisian Sub DAS Biyonga (*land units that contribute to the value of criticality Biyonga sub watershed*)

Unit Lahan (<i>land units</i>)	Parameter							Skor (<i>value</i>)	Kategori (<i>category</i>)	Nilai Kekritisian (<i>criticality value</i>)
	Solum Tanah (<i>soil solum</i>) (10 %)	Lereng (<i>slope</i>) (15 %)	Jenis Tanah (<i>soil type</i>) (5 %)	Batuan Singkapan (<i>out crop</i>) (5 %)	Morfologi (10 %)	Vegetasi Penutup (<i>cover crop</i>) (45 %)	Konservasi Tanah Mekanis (<i>mechanical soil conservation</i>) (10 %)			
1. (Ht-Ult-Sc)	4	5	4	1	1	1	5	2,4	Sedikit Kritis	0,44
2. (Ht-Ult-Ac)	4	4	4	1	1	1	5	2,2	Sedikit Kritis	0,03
3. (Sb-Ult-Sc)	4	5	4	1	1	3	5	3,4	Agak Kritis	0,02
4. (Sb-Ent-Sc)	4	5	5	1	1	3	5	3,4	Agak Kritis	0,25
5. (Ht-Ent-Sc)	4	5	5	1	1	1	5	2,4	Sedikit Kritis	0,16
6. (Pt-Ult-Ac)	4	4	4	1	1	4	5	3,7	Kritis	0,02
7. (Pc-Ent-Sc)	4	4	5	1	1	3	5	3,3	Agak Kritis	0,21
8. (Pc-Ult-Ac)	4	4	5	1	1	1	5	2,3	Sedikit Kritis	0,23
9. (Ht-Ent-Ac)	4	5	5	1	1	4	5	3,9	Kritis	0,03
10.(Pc-Ent-Sc)	4	4	4	1	1	4	5	3,7	Kritis	0,50
11. (Pc-Ult-Sc)	4	4	5	1	1	1	5	2,4	Sedikit Kritis	0,01
12. (Pc-Ult-Ac)	4	5	5	1	1	4	5	3,9	Kritis	0,03
13. (Tb-Ult-Ac)	4	5	4	1	1	4	5	3,8	Kritis	0,02
14. (Ht-Ult-Ac)	4	4	4	1	1	4	5	3,7	Kritis	0,16
15. (Pc-Ult-Dtr)	4	4	4	1	1	5	5	4,2	Sangat Kritis	0,02
16. (Pc-Ult-Dtr)	4	4	4	1	1	1	5	2,2	Sedikit Kritis	0,18
17. (Pk-Ult-Dtr)	4	1	4	1	1	4	1	2,8	Agak Kritis	0,04
18. (Pc-Ult-Dtr)	4	1	4	1	1	4	1	2,8	Agak Kritis	0,01
19. (Pk-Ult-Dtr)	4	1	4	1	1	1	1	1,5	Sedikit Kritis	0,05
20. (Pt-Inc-	4	1	4	1	1	4	1	2,8	Agak	0,02

Unit Lahan (land units)	Parameter							Skor (value)	Kategori category	Nilai Kekritis- san (critica- lity value)
	Solum Tanah (soil solum) (10 %)	Lereng (slope) (15 %)	Jenis Tanah (soil type) (5 %)	Batuan Singkapan (out crop) (5 %)	Morfoe- rosi (10 %)	Vegetasi Penutup (cover crop) (45 %)	Konser- vasi Tanah Mekanis (mechani- cal soil conservatio n) (10 %)			
Dtr)									Kritis	
21. (Sw-Inc-Dtr)	4	1	1	1	1	1	1	1,2	Tidak Kritis	0,01
22. (Pm-Inc-Dtr)	4	1	1	1	1	4	1	2,6	Agak Kritis	0,01
23. (Pm-Inc-Dtr)	4	1	1	1	1	1	1	1,3	Tidak Kritis	0,03
24. (Sw-Inc-Dtr)	4	1	1	1	1	1	1	1,3	Tidak Kritis	0,01
25. (Sw-Inc-Dtr)	4	1	1	1	1	1	1	1,3	Tidak Kritis	0,01
26. (Sb-Inc-Dtr)	4	1	1	1	1	1	1	1,3	Tidak Kritis	0,01
27. (Pt-Inc-Dtr)	4	1	1	1	1	1	1	1,3	Tidak Kritis	0,02
28. (Pc-Ent-Sc)	4	1	1	1	1	3	1	2,2	Sedikit Kritis	0,02
29. (Pc-Ult-Ac)	4	1	1	1	1	4	1	2,6	Agak Kritis	0,13

Sumber (source) : Analisis data primer (primary data analysis)

Entisol merupakan jenis tanah peka erosi sehingga pada lahan dengan jenis tanah tersebut sangat rentan terjadi kekritisan. Tanah entisol merupakan tanah yang dianggap paling muda, sehingga bahan induknya seringkali dangkal (< 45 cm) atau tampak tanah sebagai batuan padat yang padu (Darmawijaya, 1990). Unit lahan satu yang terdiri dari hutan sekunder, tanah ultisol, kemiringan lereng sangat curam juga memiliki nilai kekritisan yang besar yaitu 0,44. Meski merupakan vegetasi berhutan tapi nilai kekritisan berasal dari tofografi, jenis tanah, solum dangkal dan tanpa penerapan teras. Kedalaman solum pada Sub DAS Biyonga termasuk kategori tinggi, umumnya kedalaman solum < 30 cm (Salim *et al*, 2006). Jenis tanah yang merupakan tanah-tanah masih muda dan belum banyak mengalami perkembangan diduga sebagai penyebab dangkalnya solum.



Gambar (Figure) 2. Profil tanah dengan solum dangkal dan dominasi batuan (A) dan Lahan budidaya Jagung dan Kelapa dalam *chatment area* (B) (soil profile with shallow solum and rocks domination (A) and corn and coconut land farming in chatment area (B)).

Unit lahan empat yang terdiri dari parameter utama semak belukar, tanah litosol dan lereng sangat curam menghasilkan nilai kekritisitas sebesar 0,25. Kekritisitas pada unit lahan ini berasal dari vegetasi semak belukar, topografi, jenis tanah, solum dangkal dan tanpa teras. Lereng merupakan faktor alami yang dapat menyebabkan terjadinya kekritisitas pada lahan, hal ini terjadi bila adanya *input* curah hujan yang kemudian menghasilkan aliran permukaan/erosi. Unit lahan delapan dengan nilai kekritisitas sebesar 0,23 disebabkan oleh parameter pertanian lahan kering campur semak, topografi agak curam, kepekaan tanah terhadap erosi (ultisol), solum dangkal dan tanpa teras.

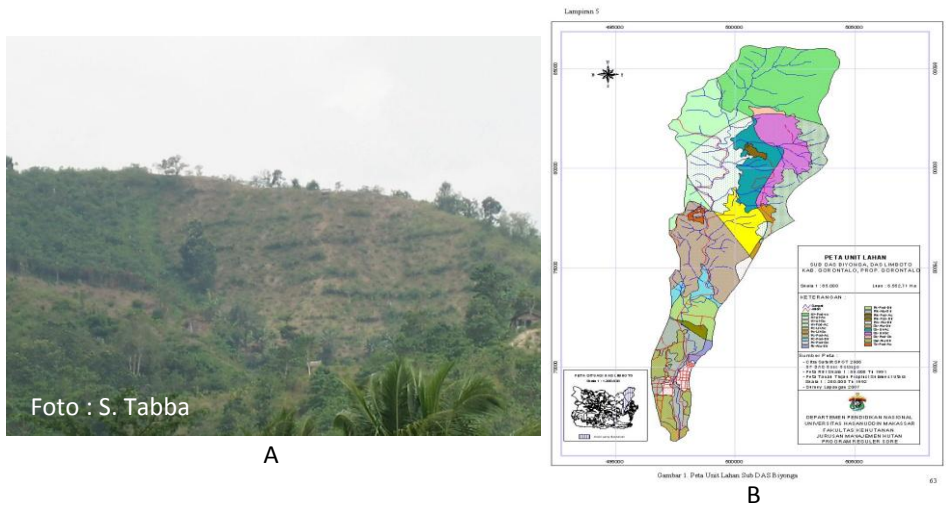
Sebagian besar lahan dengan lereng sangat terjal berpotensi mengakibatkan kekritisitas, apalagi bila tanpa tutupan vegetasi. Selain memperbesar jumlah aliran permukaan lereng juga memperbesar kecepatan aliran permukaan, dengan demikian memperbesar energi angkut air. Makin miring lereng, maka jumlah butiran tanah yang terpercik ke bawah oleh tumbukan butiran hujan semakin banyak. Jika lereng tanah menjadi dua kali lebih curam maka banyaknya erosi per satuan luas menjadi 2-2,5 kali lebih banyak (Arsyad, 1989).

Nilai kekritisitas sebesar 0,21 terdapat pada unit lahan tujuh (pertanian lahan kering campur semak-entisol-sangat curam), kekritisitas berasal dari parameter vegetasi, jenis tanah, topografi dan tanpa teras. Berdasarkan

hasil pengamatan dapat dikemukakan bahwa secara umum pada *catchment area* Sub DAS Biyonga tidak ditemukan penerapan teknik konservasi tanah berupa teras. Sebagian besar areal budidaya pertanian tanpa teras berada di bagian hulu Sub DAS dengan lereng sangat terjal. Penerapan Teknik Konservasi Tanah dan Air (KTA) yang memadai di berbagai proyek pengembangan pertanian dan penelitian telah membuktikan bahwa teknik KTA mampu menstabilkan produktifitas pertanian dan bahkan pada beberapa tempat mampu meningkatkan produktivitas dan pendapatan petani (Sinukaban, 2007)

Kontribusi terkecil terhadap nilai kekritisan yaitu 0,01 antara lain berasal dari unit lahan delapan belas (pertanian lahan kering campur semak-ultisol-datar), 21 (perkebunan-inseptisol-datar), 24 (pemukiman-inseptisol-datar), dan unit lahan 26 (sawah-inseptisol-datar). Sawah cenderung tidak rentan terhadap kekritisan meski berada pada topografi *curam, karena karakteristik penggunaan lahan ini berlevel menyerupai teras*. Tanah inseptisol (aluvial) dikategorikan tidak rentan karena berada pada hilir Sub DAS dengan lereng yang relatif datar, meskipun tanpa adanya tutupan vegetasi.

Inseptisol adalah endapan tanah-tanah debu vulkanik yang merupakan tingkat perkembangan terakhir Ultisol dan Oksisol, memiliki epipedon okerik dan tanah liat amorf yang biasanya sangat asam serta baik untuk lahan pertanian khususnya jenis tebu dan kopi (Foth, 1996). Inseptisol merupakan campuran kandungan cukup banyak hara yang dibutuhkan untuk tanaman sehingga umumnya dianggap tanah subur. Bila dilihat cara terbentuknya maka fisiografi untuk terbentuknya tanah ini terbatas pada lembah sungai, dataran pantai dan bekas danau yang kesemuanya memiliki relief datar atau cekungan.



Gambar (Figure) 3. Lahan kritis pada hulu Sub DAS Biyonga (A) dan Peta unit lahan hasil overlay (B) (*critical land of upper biyonga sub watershed (A) and land unit map overlay result (B)*)

C. Lahan Kritis

Secara visual di lapangan lahan kritis nampak gundul, gersang, permukaan lahan nampak dominasi pasir, terkadang muncul batuan dipermukaan tanah akibat adanya erosi, kondisi ini umumnya terdapat pada lahan berbukit dan berlereng curam. Pada *catchment area* Sub DAS Biyonga banyak dijumpai lahan berupa alang-alang dan semak. Pohon pada lahan tersebut tidak dapat lagi tumbuh dengan baik, hal itu merupakan indikator bahwa lahan telah mengalami kekritisian.

Kadaan tersebut disebabkan karena lapisan subur tanah relatif dangkal, sehingga jenis tanaman yang memiliki perakaran dangkal dapat cepat mengkonsumsi unsur hara. Berbeda ketika jenis tanaman perakaran dalam yang tumbuh pada daerah tersebut, tanaman terlihat kerdil karena ketika akar tanaman telah tumbuh semakin ke dalam maka akan sulit untuk mendapatkan unsur hara. Kondisi ini diperburuk oleh kandungan batuan sehingga akar mulai stakan untuk terus tumbuh ke bawah.

Pada umumnya lahan kritis di Sub DAS Biyonga merupakan lahan bekas perladangan berpindah yang ditinggalkan karena dianggap sudah tidak produktif lagi. Berdasarkan hasil wawancara dengan masyarakat, diketahui bahwa mereka meninggalkan ladang yang dibuka setelah 3-4 kali

penanaman. Untuk daerah dengan lereng lebih terjal biasanya sudah ditinggalkan setelah tiga kali tanam. Hal ini menunjukkan cepatnya laju degradasi lahan pada areal bekas perladangan berpindah. Kondisi ini dapat dipahami karena sistem pertanian yang dilakukan merupakan pertanian subsisten (tradisional) yang memanfaatkan lahan tanpa adanya input pupuk dan teknik konservasi. Areal ladang yang ditinggalkan saat ini telah berubah menjadi alang-alang dan semak.

Wilayah pinggiran hutan pada hulu Sub DAS Biyonga telah terdapat tanah-tanah kritis bekas perladangan berpindah, areal dengan kondisi tegakan baik hanya pada bagian atas kawasan. Lahan yang dibuka diperuntukkan sebagai areal budidaya tanaman semusim, hortikultura dan tanaman jangka pendek lainnya. Berdasarkan pengamatan ditemukan fakta bahwa masyarakat membuka lahan dengan cara membakar pada akhir musim kemarau atau sekitar bulan Oktober. Pada skala kecil metode membakar dapat membantu mempercepat proses dekomposisi tanah, namun untuk lahan intensif yang luas justru akan menimbulkan dampak berupa menurunnya produktifitas tanah. Kondisi tersebut akan diikuti dengan penurunan produksi hasil panen dan bermuara pada munculnya lahan-lahan kritis baru.

Lahan-lahan pertanian tidak nampak adanya perlakuan konservasi tanah berupa penerapan teras oleh masyarakat yang bermukim di wilayah hulu. Padahal lahan pertanian garapan masyarakat sebagian besar berada pada daerah dengan tofografi curam (25-45%) dan sangat curam (>45%). Wilayah hilir umumnya ditemukan sawah, baik yang menggunakan pengairan irigasi teknis ataupun tadah hujan. Sebagian besar wilayah persawahan merupakan areal bekas danau yang telah mengalami pendangkalan akibat sedimentasi kiriman dari bagian hulu yang terakumulasi dari tahun ke tahun.

D. Arahan Penanggulangan

Upaya untuk mencegah menjamurnya lahan kritis pada Sub DAS Biyonga dapat dilakukan dengan menggunakan beberapa pendekatan yaitu hukum dan fisik. Pendekatan hukum berupa pemberian sanksi pada pelaku

perambahan hutan dan perladangan berpindah. Sedangkan pendekatan fisik dapat dilakukan dengan melakukan prioritas penanganan untuk mengembalikan produktifitas lahan, melalui program rehabilitasi, termasuk menghutankan kembali lahan-lahan gundul dan gersang yang dianggap sebagai faktor penyebab terjadinya kerusakan DAS.

Lahan-lahan pertanian di hulu Sub DAS sebaiknya menerapkan kaidah-kaidah konservasi tanah dan air berupa teras untuk meminimalkan aliran permukaan/erosi. Oleh karenanya pada penelitian ini direkomendasikan beberapa arahan penggunaan lahan untuk mencegah meluasnya lahan kritis. Arahan pemanfaatan lahan dan teknik meminimalkan kekritisannya disajikan pada Tabel 4. Hutan pada Sub DAS Biyonga sangat rentan terdegradasi, faktor yang teridentifikasi sebagai penyebab adalah jenis tanah kategori peka erosi dan berada pada tofografi curam hingga sangat curam. Ketika hutan dibuka akan terjadi erosi dan pada akhirnya akan berimplikasi pada laju degradasi lahan.

Sehingga direkomendasikan agar hutan tidak dibuka dan senantiasa dalam pengawasan, pertanian lahan kering pada hulu Sub DAS disarankan untuk mengembangkan konsep budidaya ramah lingkungan dengan pendekatan agroforestry baik vegetatif maupun teknik sipil. Lahan perkebunan dan areal persawahan pada bagian hilir disarankan tetap karena kemiringan lereng relatif datar sehingga tidak berpotensi mengakibatkan kekritisannya.

Tabel (table) 4. Arahannya pemanfaatan lahan dan teknik meminimalkan kekritisannya pada Sub DAS Biyonga (*land use directives and minimazing criticality technique of biyonga sub watershed*)

Unit Lahan (<i>land unit</i>)	Parameter							Skor (<i>score</i>)	Kategori (<i>category</i>)	Nilai Kekritisannya (<i>criticality value</i>)	Luas (<i>wide</i>) (ha)	Rekomendasi (<i>recom mendation</i>)
	Solum Tanah (<i>soil solum</i>)	Lereng (<i>slope</i>)	Jenis Tanah (<i>soil type</i>)	Batuan Singkapan (<i>out crop</i>)	Morfologi	Vegetasi Penutup (<i>vegetation cover</i>)	Konservasi Tanah Mekanis (<i>mechanical soil conservati on</i>)					
1	< 30	Sangat Curam	Ultisol	Tidak ada	Tidak ada	Hutan	Tidak ada	2,4	Sedikit Kritis	0,46	1.234,15	Tetap dengan pengawasannya
2	< 30	Agak Curam	Ultisol	Tidak ada	Tidak ada	Hutan	Tidak ada	2,2	Sedikit Kritis	0,03	87,46	Tetap dengan pengawasannya
3	< 30	Sangat Curam	Ultisol	Tidak ada	Tidak ada	Semak belukar	Tidak ada	3,4	Agak Kritis	0,02	38,54	Rehabilitasi
4	< 30	Sangat Curam	Entisol	Tidak ada	Tidak ada	Semak belukar	Tidak ada	3,4	Agak Kritis	0,25	484,23	Rehabilitasi
5	< 30	Sangat Curam	Entisol	Tidak ada	Tidak ada	Hutan	Tidak ada	2,4	Sedikit Kritis	0,17	440,39	Tetap dengan pengawasannya

Unit Lahan (land unit)	Parameter							Skor (score)	Kategori (category)	Nilai Kekritisian (criticality value)	Luas (wide) (ha)	Rekomendasi (recommendation)
	Solum Tanah (soil solum)	Lereng (slope)	Jenis Tanah (soil type)	Batuan Singkapan (out crop)	Morfoerosi	Vegetasi Penutup (vegetation cover)	Konservasi Tanah Mekanis (mechanical soil conservation)					
6	< 30	Agak Curam	Ultisol	Tidak ada	Tidak ada	Pertanian lahan kering	Tidak ada	3,7	Kritis	0,02	30,14	Agroforestry + teknik sipil
7	< 30	Agak Curam	Entisol	Tidak ada	Tidak ada	Semak belukar	Tidak ada	3,3	Agak Kritis	0,21	415,47	Rehabilitasi + Teknik sipil
8	< 30	Agak Curam	Ultisol	Tidak ada	Tidak ada	Hutan	Tidak ada	2,3	Sedikit Kritis	0,24	679,07	Tetap dengan penganwasan
9	< 30	Sangat Curam	Entisol	Tidak ada	Tidak ada	Pertanian lahan kering campur semak	Tidak ada	3,9	Kritis	0,03	51,1	Agroforestry + teknik sipil, vegetatif

Unit Lahan (land unit)	Parameter							Skor (score)	Kategori (category)	Nilai Kekritisan (criticality value)	Luas (wide) (ha)	Rekomendasi (recommendation)
	Solum Tanah (soil solum)	Lereng (slope)	Jenis Tanah (soil type)	Batuan Singkapan (out crop)	Morfoerosi	Vegetasi Penutup (vegetation cover)	Konservasi Tanah Mekanis (mechanical soil conservation)					
10	< 30	Agak Curam	Entisol	Tidak ada	Erosi jurang 4 ha (0,44%)	Pertanian lahan kering campur semak	Teras gulud 2 ha (0,22%)	3,7	Kritis	0,50	904,13	Agroforestry + teknik sipil, vegetatif
11	< 30	Agak Curam	Ultisol	Tidak ada	Tidak ada	Hutan	Tidak ada	2,4	Sedikit Kritis	0,01	39,55	Tetap dengan pengawasan
12	< 30	Sangat Curam	Ultisol	Tidak ada	Tidak ada	Pertanian lahan kering campur semak	Tidak ada	3,9	Kritis	0,03	50,46	Agroforestry + teknik sipil
13	< 30	Sangat Curam	Ultisol	Tidak ada	Tidak ada	Pertanian lahan kering	Tidak ada	3,8	Kritis	0,02	41,36	Agroforestry + teknik

Unit Lahan (land unit)	Parameter							Skor (score)	Kategori (category)	Nilai Kekritisian (criticality value)	Luas (wide) (ha)	Rekomendasi (recommendation)
	Solum Tanah (soil solum)	Lereng (slope)	Jenis Tanah (soil type)	Batuan Singkapan (out crop)	Morfoerosi	Vegetasi Penutup (vegetation cover)	Konservasi Tanah Mekanis (mechanical soil conservation)					
						campur semak						sipil, vegetatif
14	< 30	Agak Curam	Ultisol	Tidak ada	Tidak ada	Pertanian lahan kering campur semak	Tidak ada	3,7	Kritis	0,16	284,8	Agroforestry + teknik sipil dan vegetatif
15	< 30	Agak Curam	Ultisol	Tidak ada	Tidak ada	Tanah terbuka	Tidak ada	4,2	Sangat Kritis	0,02	25,57	Rehabilitasi + Teknik sipil
16	< 30	Agak Curam	Ultisol	Tidak ada	Tidak ada	Hutan	Tidak ada	2,2	Sedikit Kritis	0,19	528,78	Tetap dengan penguasaan

Unit Lahan (land unit)	Parameter							Skor (score)	Kategori (category)	Nilai Kekritisan (criticality value)	Luas (wide) (ha)	Rekomendasi (recommendation)
	Solum Tanah (soil solum)	Lereng (slope)	Jenis Tanah (soil type)	Batuan Singkapan (out crop)	Morfoerosi	Vegetasi Penutup (vegetation cover)	Konservasi Tanah Mekanis (mechanical soil conservation)					
17	< 30	Datar	Ultisol	Tidak ada	Tidak ada	Pertanian lahan kering campur semak	Tidak ada	2,8	Agak Kritis	0,04	87,53	Agroforestry + vegetatif
18	< 30	Datar	Ultisol	Tidak ada	Tidak ada	Pertanian lahan kering campur semak	Tidak ada	2,8	Agak Kritis	0,01	34,51	Agroforestry + vegetatif
19	< 30	Datar	Ultisol	Tidak ada	Tidak ada	Perkebunan	Tidak ada	1,5	Sedikit Kritis	0,05	234,82	Agroforestry + vegetatif
20	< 30	Datar	Inseptisol	Tidak ada	Tidak ada	Pertanian lahan kering	Tidak ada	2,8	Agak Kritis	0,02	43,71	Agroforestry + vegetatif

Unit Lahan (land unit)	Parameter							Skor (score)	Kategori (category)	Nilai Kekritisian (criticality value)	Luas (wide) (ha)	Rekomendasi (recommendation)
	Solum Tanah (soil solum)	Lereng (slope)	Jenis Tanah (soil type)	Batuan Singkapan (out crop)	Morfoerosi	Vegetasi Penutup (vegetation cover)	Konservasi Tanah Mekanis (mechanical soil conservation)					
21	< 30	Datar	Inseptisol	Tidak ada	Tidak ada	Perkebunan	Tidak ada	1,2	Tidak Kritis	0,01	40,22	Agroforestry + vegetatif
22	< 30	Datar	Inseptisol	Tidak ada	Tidak ada	Pertanian lahan kering	Tidak ada	2,6	Agak Kritis	0,01	35,9	Agroforestry + vegetatif
23	< 30	Datar	Inseptisol	Tidak ada	Tidak ada	Sawah	Tidak ada	1,3	Tidak Kritis	0,03	137,67	Tetap
24	< 30	Datar	Inseptisol	Tidak ada	Tidak ada	Pemukiman	Tidak ada	1,3	Tidak Kritis	0,01	36,32	Tetap
25	< 30	Datar	Inseptisol	Tidak ada	Tidak ada	Pemukiman	Tidak ada	1,3	Tidak Kritis	0,01	64,74	Tetap
26	< 30	Datar	Inseptisol	Tidak ada	Tidak ada	Sawah	Tidak ada	1,3	Tidak Kritis	0,01	31,03	Tetap
27	< 30	Datar	Inseptisol	Tidak ada	Tidak ada	Sawah	Tidak ada	1,3	Tidak Kritis	0,02	87,3	Tetap

Unit Lahan (land unit)	Parameter							Skor (score)	Kategori (category)	Nilai Kekritisan (criticality value)	Luas (wide) (ha)	Rekomendasi (recommendation)
	Solum Tanah (soil solum)	Lereng (slope)	Jenis Tanah (soil type)	Batuan Singkapan (out crop)	Morfoerosi	Vegetasi Penutup (vegetation cover)	Konservasi Tanah Mekanis (mechanical soil conservation)					
28	< 30	Datar	Entisol	Tidak ada	Tidak ada	Semak belukar	Tidak ada	2,2	Sedikit Kritis	0,02	46,16	Agroforestry
29	< 30	Datar	Ultisol	Tidak ada	Tidak ada	Pertanian lahan kering	Tidak ada	2,6	Agak Kritis	0,14	337,6	Agroforestry
										2,73	8.915	

Sumber (source) : Analisis data primer (primary data analysis)

V. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

1. Kontribusi kekritisannya yang memberikan nilai tertinggi pada Sub DAS Biyonga berasal dari kombinasi pertanian lahan kering campur semak dengan jenis tanah entisol dan topografi relatif curam. Besarnya nilai kekritisannya dipengaruhi oleh solum tanah yang relatif dangkal dan kondisi lahan tanpa penerapan teras.
2. Laju kekritisannya lahan juga dipengaruhi oleh aktivitas perladangan berpindah (*shifting cultivation*) yang dipraktekkan oleh masyarakat di Sub DAS Biyonga. Lahan dibuka dengan cara dibakar untuk budidaya pertanian lahan kering tanaman semusim, hortikultura dan tanaman jangka pendek tanpa adanya input pupuk.

B. Saran

Lahan-lahan budidaya pertanian lahan kering sebaiknya menerapkan teknik konservasi tanah mekanis dengan mengaplikasikan teras guludan terutama pada wilayah hulu. Mengembangkan konsep *sosial forestry* dengan pendekatan teknik-teknik *agroforestry* mengingat minimnya penerapan pola ini pada *catchment area* Sub DAS Biyonga. Mengingat pentingnya kegiatan tersebut sehingga perlunya mengintensifkan kegiatan penyuluhan khususnya bagi masyarakat hulu, agar terjadi sinkronisasi antara program rehabilitasi lahan dengan minimalisasi pembentukan lahan-lahan kritis.

DAFTAR PUSTAKA

- Arsyad, S. 1989. *Konservasi Tanah dan Air*. Institut Pertanian Bogor Press. Bogor.
- Asdak, C. 2002. *Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.
- Asir, L. 2011. Strategi Rehabilitasi Lahan Dan Sistem Kelembagaan Dalam Pengendalian Banjir Dan Longsor Di Daerah Tangkapan Air Limboto. Prosiding Ekspose Hasil-Hasil Penelitian. Balai Penelitian Kehutanan Manado. Manado.
- Badan Perencanaan dan Pembangunan Daerah. 2002. *Pusat Data Perencanaan dan Pengendalian Pembangunan Daerah (PDP3D)*, Basis Data. Gorontalo.

- Balai Pengelolaan DAS Bone Bolango. 2010. *Penyusunan Pengelolaan DAS Limboto Terpadu*. Gorontalo.
- Darmawijaya, M. Isa. 1990. *Klasifikasi Tanah. Dasar Teori Bagi Peneliti Tanah dan Pelaksana Pertanian di Indonesia*. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.
- Departemen Kehutanan, 2009. *Keputusan Menteri Kehutanan No. SK. 328/Menhut-II/2009*. Penetapan Daerah Aliran Sungai (DAS) Prioritas Dalam Rangka Rencana Pembangunan Jangka Menengah (RPJM) Tahun 2010-2014. Jakarta.
- Ekowati, E., H.Y.S. Hadinugroho, A.G. Salim, E. Junaedi, A. Bahri dan A.K Tayeb. 2003. *Teknologi Rehabilitasi Lahan Terdegradasi di DTA Danau Limboto*. Laporan Hasil Penelitian BPPTDASIBT. Makassar.
- Foth, H.D.1994. *Dasar-Dasar Ilmu Tanah*. Edisi Keenam. Alih Bahasa oleh Soenartono Adisoemarto, Ph.D. Penerbit Erlangga. Anggota IKAPI. Jakarta.
- Salim, A.G., H.Y.S. Hadinugroho, L. Asir, E. Multikaningsih dan D. Maharani. 2006. *Teknik Rehabilitasi Lahan Terdegradasi di Daerah Tangkapan Air Danau Limboto dan Daerah Semi Arid Palu*. Laporan Hasil Penelitian. Balai Litbang Teknologi Pengelolaan DAS Indonesia Bagian Timur. Makassar.
- Sinukaban, N. 2007. *Peranan Konservasi Tanah Dan Air Dalam Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*. Bunga Rampai Konservasi Tanah Dan Air. Pengurus Pusat Masyarakat Konservasi Tanah dan Air Indonesia. Jakarta.
- Tabba, S. 2011. Karakteristik Tingkat Degradasi Sub DAS Biyonga di Provinsi Gorontalo. Prosiding Ekspose Hasil-Hasil Penelitian. Balai Penelitian Kehutanan Manado. Manado.
- Paimin, Sukresno dan Purwanto. 2006. *Selidik Cepat Degradasi Sub Daerah Aliran Sungai (Sub DAS)*. Puslitbang Hutan dan Konservasi Alam. Badan Penelitian dan Pengembangan Kehutanan. Bogor.
- Peraturan Menteri Kehutanan Nomor : P.26/Menhut-II/2006 tentang pedoman penyusunan Rencana Pengelolaan Daerah Aliran Sungai Terpadu. Jakarta.

