

ANALISIS KERUSAKAN LAHAN UNTUK PENGELOLAAN DAERAH ALIRAN SUNGAI MELALUI INTEGRASI TEKNIK PENGINDERAAN JAUH DAN SISTEM INFORMASI GEOGRAFIS

Listumbinang Halengkara, Totok Gunawan dan Setyawan Purnama

helangkara@yahoo.com

Fakultas Geografi Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta, Indonesia

INTISARI

DAS merupakan ekosistem yang sangat penting bagi kehidupan sehingga perlu dikelola dan dijaga kelestariannya. Berbagai upaya telah dilakukan baik oleh Pemerintah, swasta, maupun masyarakat dalam rangka pengelolaan DAS. Namun demikian masih banyak DAS di Indonesia, khususnya di Pulau Jawa yang berada dalam kondisi kritis. Salah satu DAS kritis yang ada di Pulau Jawa dan perlu untuk segera ditangani adalah DAS Blukar yang terletak di Kabupaten Kendal Provinsi Jawa Tengah. Penelitian ini bertujuan untuk: (1) mengkaji kondisi limpasan DAS Blukar, (2) mengkaji kondisi erosi DAS Blukar, (3) melakukan analisis tingkat kerusakan lahan DAS Blukar, dan (4) merumuskan strategi pengelolaan untuk konservasi lahan di DAS blukar. Sumber data yang digunakan dalam penelitian ini adalah citra Landsat 7 ETM+ dan citra SRTM sebagai data primer, dilengkapi dengan data sekunder berupa peta-peta pendukung, data statistik, dan hasil survei lapangan. Analisis limpasan dilakukan dengan metode *overlay* peta-peta parameter berdasar model Cook. Analisis erosi juga dilakukan dengan metode *overlay* pada peta-peta parameter sesuai pendekatan USLE. Analisis kerusakan lahan dilakukan dengan metode *matching* pada hasil analisis limpasan dan erosi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa DAS memiliki kondisi limpasan tinggi. Hal ini ditunjukkan di mana DAS Blukar didominasi oleh kelas limpasan ekstrim (80,69%). Kecamatan yang paling rentan terhadap limpasan adalah Kecamatan Patean. Kondisi erosi di DAS Blukar cukup bervariasi, dimana yang paling dominan adalah kelas sangat ringan (36,40%). Kelas erosi sangat berat terdapat sekitar 17,93% dimana kecamatan yang paling rentan terhadap erosi adalah Kecamatan Sukorejo. Tingkat kerusakan lahan di DAS Blukar juga bervariasi, dimana yang paling dominan adalah kelas kerusakan sedang (49,21%). Namun demikian kelas kerusakan tinggi dan sangat tinggi juga cukup banyak dijumpai di DAS Blukar. Kecamatan yang paling rentan terhadap kerusakan lahan adalah Kecamatan Sukorejo dan Patean. Upaya konservasi yang dapat dilakukan di DAS Blukar adalah penanaman kembali pada lahan-lahan terbuka yang ada di daerah hulu, konservasi lahan pertanian semusim menjadi tanaman tahunan terutama pada lereng-lereng di atas 40%, serta menggunakan mulsa jerami dan penghalang dengan tanaman (perdu) pada tanaman pertanian. Secara teknis, beberapa bentuk konservasi yang dapat diterapkan adalah guludan, teras kredit, bronjong, serta pembangunan dam penahan dan dam pengendali.

Kata kunci: kerusakan lahan, pengelolaan DAS, DAS blukar, kabupaten kendal

ABSTRACT

Watershed is very important ecosystem, so it needs to be managed and preserved. Various efforts have been made either by the Government, private sector, or communities to manage the watershed in order to prevent its extinction. However there are many watersheds in Indonesia, especially in Java Island which are in critical condition. One of the critical watershed in Java Island and need to be managed is Blukar Watershed which located in Kendal Regency, Central Java Province. The purposes of this research are: (1) assess the surface run-off condition in Blukar Watershed, (2) assess the erosion condition in Blukar Watershed, (3) analyze the level of land degradation in Blukar Watershed, and (4) formulate management strategies for land conservation in Blukar Watershed. Data source that used in this research are Landsat 7 ETM+ imagery and SRTM imagery as primary data, supported by secondary data from other maps, statistical data, and result of field survey. Surface run-off analysis performed using overlay

method to every parameter maps based on Cook's model. Erosion analysis also performed using overlay method to every parameter maps based on USLE.model. while land degradation analysis performed using matching method to the result of surface run-off analysis and erosion analysis. The results of this research show that Blukar Watershed has high potential of surface run-off. This indicated where Blukar Watershed dominated by extreme class of surface run-off (80,69%). The most vulnerable district from surface run-off is Patean. Erosion in Blukar Watershed has various condition, where the most dominant class is very light (36,40%). Beside that there is about 17,93% of very wieght class of erosion. Sukorejo is the most vulnerable district from erosion in Blukar Watershed. The condition of land degradation in Blukar watershed also quite complex where the most dominant class is moderate (49,21%). However high class and very high class of land degradation also often found in Blukar Watershed. The most vulnerable districts from land degradation are Sukorejo and Patean. Conservation efforts that can be applied in Blukar Watershed are replanting the bare lands (reforestation) in the uplands area of watershed, land conversion from seasonal agricultural to annual crops, especially on slopes steepness above 40%, and combination used of straw mulch and plants barriers (shrubs) in agricultural crops. In civil engineering method, some conservation forms that can be applied are guludan, credit terrace, bronjong, barrier dams, and control dams.

Key word: land degradation, watershed management, blukar watershed, kendal regency

PENDAHULUAN

Daerah A liran Sungai (DAS) merupakan suatu satu an ekosistem yang memiliki peranan penting bagi keh idupan. Selain dapat berfungsi sebagai perlindungan tata air, DAS juga berfungsi sebagai pengendali erosi serta dapat mencegah terjadinya bencana seperti banjir dan tanah longsor. Oleh karena itu DAS perlu dikelola dengan baik untuk menjaga kelestariannya. Berbagai upaya terus dilakukan baik oleh Pemerintah, swasta, maupun masyarakat dalam rangka pengelolaan DAS. Namun demikian masih banyak DAS di Indonesia, khususnya di Pulau Jawa yang berada dalam kondisi kritis.

Pengelolaan DAS memang bukan merupakan pekerjaan yang mudah. Banyak sekali kendala dalam pelaksanaannya di lapangan. Selain karena sifat kompleksitas yang dimilikinya, cakupan DAS biasanya sangat luas, yaitu mulai dari daerah hulu di pegunungan hingga ke daerah hilir di wilayah pesisir. Oleh karena itu dapat dikatakan bahwa DAS bersifat “*multi dimensi*”, yaitu : (1) multi disiplin, mencakup berbagai disiplin ilmu, baik bidang eksakta maupun non eksakta (sosial-humaniora) sehingga studi dengan lingkup DAS harus melibatkan banyak ahli dengan berbagai sudut pandang yang berbedabeda, (2) multi-sektoral, mencakup beberapa macam sektor/kedinasan sesuai dengan lingkup sumberdaya daerah dengan kepentingannya masing-masing, serta (3) multi wilayah, dapat meliputi dua wilayah kabupaten atau propinsi sehingga dapat menyebabkan permasalahan tersendiri terutama dalam hal koordinasi.

Kendala lain yang dapat dijumpai dalam manajemen pengelolaan DAS adalah masih terbatasnya data dan informasi, baik itu terkait kondisi biofisik suatu DAS maupun kondisi sosial ekonomi masyarakat yang tinggal didalamnya. Padahal data dan informasi merupakan hal yang paling penting dalam kegiatan manajemen dan pengelolaan DAS. Penyebab tidak adanya data yang lengkap ini adalah cakupan wilayah DAS biasanya cukup luas dan kompleks sehingga apabila dilakukan survey atau pengukuran terestrial untuk menyusun suatu basisdata informasi mengenai kondisi biofisik kawasan dan kondisi sosial ekonomi masyarakat di DAS tersebut membutuhkan waktu yang lama serta biaya yang mahal.

Di sisi lain, banyaknya sektor yang mempunyai kewenangan dalam wilayah DAS juga memberikan kendala tersendiri dimana kondisi ini menyebabkan data dan informasi spasial yang ada tersebar dalam berbagai bentuk format data dan skala yang berbeda. Oleh karena itu masih diperlukan upaya untuk melengkapi data dan informasi yang dibutuhkan serta penyusunan sebuah basis data dan sistem informasi DAS yang dapat digunakan sebagai pedoman bersama serta sebagai dasar dalam penentuan kebijakan, baik antar sektor maupun antar wilayah dalam rangka manajemen dan pengelolaan DAS secara terpadu.

Salah satu DAS di Pulau Jawa yang berada dalam kondisi kritis dan perlu untuk segera ditangani adalah DAS Blukar (Balai Pengelolaan DAS Pemali Jratun, 2010). DAS ini terletak di Kabupaten Kendal, Provinsi Jawa Tengah. Kekritisitas DAS Blukar dapat dilihat dari banyaknya fenomena bencana yang sering terjadi di wilayah tersebut, antara lain berupa banjir, erosi, dan tanah longsor. Tentunya perlu dilakukan upaya-upaya pengelolaan untuk mengurangi tingkat kekritisitas DAS Blukar ini agar tidak menimbulkan kerugian bagi masyarakat yang tinggal di dalamnya, baik dari segi ekologis maupun dari segi ekonomis.

Ada suatu pendekatan sederhana yang dapat digunakan untuk mengetahui kerusakan ekosistem DAS, yaitu dengan memandang DAS sebagai satuan unit hidrologi (*a watershed as an hydrological unit*). Maksudnya adalah kondisi hidrologi merupakan indikator kunci yang paling mudah untuk mengidentifikasi kondisi DAS (sehat atau kritis). Siklus hidrologi menggambarkan suatu rantai fenomena alam yang menghubungkan erosi, sedimentasi dan limpasan. Bagian dari siklus hidrologi yang berupa hujan, kondisi tanah dan vegetasi mempunyai peranan penting dalam proses erosi, sedimentasi dan limpasan (Suhartanto, 2001). Dengan kata lain kondisi limpasan dan erosi dapat dijadikan sebagai pendekatan untuk menilai tingkat kerusakan yang terjadi dalam ekosistem DAS, khususnya tingkat kerusakan lahan di DAS Blukar.

Perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi khususnya dalam bidang penginderaan jauh dan Sistem Informasi Geografis memberikan kemudahan dalam perolehan data spasial mengenai karakteristik biofisik suatu DAS secara cepat, lengkap, dan akurat termasuk parameter-parameter untuk pendugaan kondisi limpasan dan potensi erosi. Ditambah dengan kemampuan SIG yang dapat menangani data spasial mulai dari pemasukan (input), pemrosesan data, serta keluaran (output) maka pemodelan limpasan dan erosi hingga analisis mengenai kerusakan lahan di DAS Blukar dapat dilakukan dengan lebih mudah, cepat, dan lebih efisien. Sehingga hasilnya dapat digunakan sebagai masukan dalam upaya manajemen dan pengelolaan DAS untuk tujuan konservasi dan perencanaan pembangunan yang berkelanjutan.

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Mengkaji kondisi limpasan di DAS Blukar
2. Mengkaji kondisi erosi di DAS Blukar
3. Melakukan analisis tingkat kerusakan (degradasi) lahan di DAS Blukar
4. Merumuskan strategi pengelolaan yang tepat sebagai upaya konservasi di DAS Blukar

METODOLOGI PENELITIAN

Limpasan permukaan biasanya dinyatakan dalam bentuk koefisien aliran permukaan (C). Faktor utama yang mempengaruhi nilai C adalah laju infiltrasi tanah, tahanan penutup

tanah, dan intensitas hujan. Berdasarkan konsep dasar yang dikembangkan oleh Chow (1964) dan dikembangkan oleh Gunawan (1991) parameter yang dapat digunakan untuk estimasi kondisi limpasan permukaan sesuai Metode Cook meliputi: (1) kemiringan lereng, (2) tutupan vegetasi, (3) infiltrasi tanah (jenis tanah), dan (4) timbunan air permukaan (*depression storage*), yaitu pola aliran dan kerapatan alur sungai.

Parameter sebagai penentu kondisi limpasan permukaan tersebut secara lengkap dapat dilihat pada Tabel 3.1, dimana dari keempat parameter data yang digunakan tersebut, akan didapat nilai Koefisien Limpasan Permukaan (C). Sedangkan nilai masing-masing kelas C tersebut dapat diamati pada Tabel 3.3.

Tabel 3.1. Faktor Karakteristik DAS Sebagai Penentu Kondisi Limpasan dan Teknik Perolehan Datanya

No	Parameter	Besaran	Kategori Nilai	Skor	Teknik Perolehan Data
1	Lereng	> 30% 10 – 30% 5 – 10% 0 – 5%	Curam Berbukit Bergelombang Relatif datar	40 30 20 10	Analisis data SRTM
2	Tutupan Vegetasi	Vegetasi kerapatan tinggi Vegetasi kerapatan sedang Vegetasi kerapatan jarang Permukiman permukaan diperkeras	Rendah Sedang Tinggi Sangat Tinggi	5 10 15 20	Analisis NDVI citra satelit Landsat 7 ETM+ dan interpretasi manual
3	Infiltrasi Tanah (Jenis Tanah)	Tekstur kasar Tekstur geluh Tekstur halus Tekstur liat	Ekstrim Cepat Sedang Lambat	5 10 15 20	Peta Tanah + Data Lapangan
4	Timbunan di permukaan (pola aliran & kerapatan alur sungai)	Selalu tergenang Dijumpai depresi permukaan, danau & rawa Sistem saluran cukup baik Pengeringan terlalucepat	Tinggi Normal Rendah Diabaikan	5 10 15 20	Interpretasi citra satelit dibantu dengan peta pola aliran dari Peta RBI dan peta bentuk lahan

Sumber : Ven T. Chow, 1964 dikembangkan oleh Gunawan (1991).

Untuk perhitungan kerapatan aliran, rumus yang digunakan dalam perhitungan kerapatan aliran atau alur sungai adalah sebagai berikut:

$$Dd = L / A \dots\dots\dots \text{Persamaan 1}$$

Dimana:

Dd : Kerapatan Aliran (Km/Km²).

L : Panjang Sungai (Km).

A : Luas Sub-DAS (Km²).

Nilai kerapatan aliran pada masing-masing kelas dapat diamati pada Tabel 3.2. berikut.

Tabel 3.2. Nilai Kerapatan Aliran pada Masing-masing Kelas

No	Kelas Kerapatan Aliran	Nilai Kerapaatan Aliran (km/km ²)
1	Tinggi	< 1
2	Normal	1-2
3	Rendah	2-5
4	Diabaikan	Lebih dari 5

Sumber: Langley, 1978 dalam Gunawan, 1991

Tabel 3.3. Skoring dan Klasifikasi Koefisien Limpasan

Indikator	Kategori Nilai	Skor Total	Teknik Perolehan Data	Keterangan
Koefisien Limpasan Permukaan	Ekstrim	76 – 100	Tumpang susun peta-peta kemiringan lereng, vegetasi penutup lahan, infiltrasi tanah & timbunan air permukaan	C = hasil perhitungan skor lereng, vegetasi penutup lahan, infiltrasi tanah, dan timbunan air permukaan
	Tinggi	51 – 75		
	Normal	26 – 50		
	Rendah	< 25		

Sumber : Chow, 1964

Sebagai cata tan, keempat parameter penentu kondisi limpasan memiliki pengaruh yang berbeda sehingga akan dilakukan pembobotan pada tiap parameter tersebut. Pada karakteristik DAS yang normal, di mana kondisi hulunya curam atau terjal, urutan parameter dimulai dari yang memiliki pengaruh paling besar, yaitu: (1) kemiringan lereng, (2) infiltrasi tanah, (3) timbunan di permukaan, dan (4) tutupan vegetasi. Bila kondisi hulu DAS landai, maka parameter kemiringan lereng menjadi urutan yang terakhir.

Analisis erosi dalam penelitian menggunakan metode USLE, dimana parameter-parameter yang digunakan berupa erosivitas hujan (R), erodibilitas tanah (K), faktor lereng dan panjang lereng (LS), penutup lahan (C), dan konservasi (P), Nilai laju erosi diperoleh dengan mengalikan semua faktor tersebut, sesuai dengan rumus sebagai berikut:

$$A = R.K.LS.CP \dots \dots \dots \text{Persamaan 2}$$

Dimana:

- A : Jumlah Kehilangan Tanah
- R : Erosivitas Hujan
- K : Erodibilitas Tanah
- LS : Faktor Panjang Lereng
- CP : Faktor Manajemen dan Konservasi Tanah

Rumus Perhitungan Erosivitas Hujan (R)

Perhitungan nilai erosivitas hujan (R) dilakukan dengan menggunakan formula sebagai berikut:

$$EI30 = 10,8 + 4,15 R \dots \dots \dots \text{Persamaan 3}$$

Dimana,

- EI30 : erosivitas
 - R : tebal hujan bulanan rata-rata
- Sumber : Utomo, 1994

1) Penentuan Erodibilitas Tanah

Nilai erodibilitas tanah (K) ditentukan berdasarkan pendekatan jenis tanah dimana nilai K yang mewakili masing-masing jenis tanah dapat diamati pada Tabel 3.4. Tabel 3.4. Penentuan Erodibilitas Tanah

Jenis Tanah	Nilai K
Aluvial, planosol, hidromorf kelabu, laterik	0,20
Latosol	0,23
Mediterran	0,24
Andosol, grumusol, podsol, podsolik	0,26
Regosol, litosol, organosol, renzina	0,31

Sumber: KKES, 2002; Kartasapoetra, 1991

2) Penentuan Faktor Lereng dan Panjang Lereng (LS)

Nilai LS ditentukan berdasarkan pendekatan kelas kemiringan lereng dimana nilai faktor LS yang mewakili masing-masing kelas kemiringan lereng dapat diamati pada Tabel 3.5.

Tabel 3.5. Penentuan Faktor Lereng

Kelas Kemiringan lereng	Faktor LS
0-8%	0,4
8-15%	1,4
15-25%	3,1
25-40%	6,8
>40%	9,5

Sumber: Arsyad, 1989

3) Penentuan Faktor C dan P

Penentuan nilai faktor C dan P digunakan tabel pendekatan yang dapat diamati pada Tabel 3.6. dan Tabel 3.7.

Tabel 3.6. Penentuan Faktor C

No	Macam Pengelolaan Tanaman	Nilai Faktor C
1	Tanah terbuka/tanpa tanaman	1,0
2	Padi/sawah	0,01
3	Tegalan tidak dispesifikasikan	0,7
4	Ubikayu	0,8
5	Jagung	0,7
6	Kedelai	0,399
7	Kacang tanah	0,2
8	Padi lahan kering	0,361
9	Tebu	0,2
10	Pisang	0,6
11	Kebun campuran	
	Kerapatan tinggi	0,1
	Kerapatan sedang	0,2
	Kerapatan rendah	0,3
12	Perladangan	0,4
13	Hutan alam	
	Serasah banyak	0,001
	Serasah kurang	0,005
14	Semak belukar padang rumput	0,3
15	Ubikayu + kedelai	0,181
16	Ubikayu + kacang tanah	0,195
17	Pola tanam tumpang gilir *) mulsa jerami	0,079
18	Pola tanam berurutan **) mulsa sisa tanaman	0,357
19	Alang-alang mulsa subur	0,001

Sumber: Arsyad, 1989

Tabel 3.7. Penentuan Faktor P

No	Teknik Konservasi Tanah	Nilai Faktor P
1	Teras bangku	
	Baik	0,04
	Sedang	0,15
	Jelek	0,35
2	Teras tidak sempurna	0,40
3	Vegetasi penutup/permanen	
	Baik	0,04
	Jelek	0,40
4	<i>Hill side ditch</i>	0,30
5	Pertanaman dalam strip	
	Kemiringan lereng 0 - 8%	0,50
	Kemiringan lereng 9 - 20%	0,75
	Kemiringan lereng > 20%	0,90
6	Mulsa jerami	
	6 ton/ha/th	0,30
	3 ton/ha/th	0,50
	1 ton/ha/th	0,80
7	Reboisasi awal	0,30
8	Tanpa tindakan konservasi tanah	1,00

Sumber: RTL-RLKT Departemen Kehutanan, 1985 dan Sitanala Arsyad, 1989

Klasifikasi besarnya erosi yang digunakan dalam penelitian ini merupakan klasifikasi yang dikemukakan oleh Dangler (1977) dalam Arsyad (1989), di mana secara lengkap dapat diamati pada Tabel 3.8.

Tabel 3.8. Klasifikasi Potensi Erosi

Kelas	Jumlah Kehilangan Tanah (ton/ha/th)	Kelas Potensi Erosi
1	0 – 14,6	Sangat ringan
2	14,7 – 36,6	Ringan
3	36,7 – 58,6	Sedang
4	58,7 – 80,6	Berat
5	Lebih dari 80,7	Sangat berat

Sumber: Dangler, 1977 dalam Arsyad, 1989

Dalam melakukan analisis kerusakan lahan, digunakan sebuah pola pikir baru yang dikembangkan oleh Pusat Studi Agro ekologi (PS A) UGM, dimana analisis untuk memperoleh kelas kerusakan lahan dilakukan dengan menggabungkan hasil analisis potensi limpasan permukaan dan potensi erosi. Penggabungan hasil analisis dari keduanya menggunakan metode *matching* seperti yang dapat dilihat pada Tabel 3.9.

Tabel 3.9. Matrik Penentuan Kelas Kerusakan Lahan dengan Metode *Matching*

		KELAS TINGKAT BAHAYA EROSI				
		Sangat Ringan	Ringan	Sedang	Berat	Sangat Berat
KELAS POTENSI LIMPASAN PERMUKAAN	Rendah	1	2	2	3	4
	Normal	2	2	2	3	4
	Tinggi	3	3	3	5	5
	Ekstrim	4	4	4	5	5

Sumber: PSA-UGM, 2007

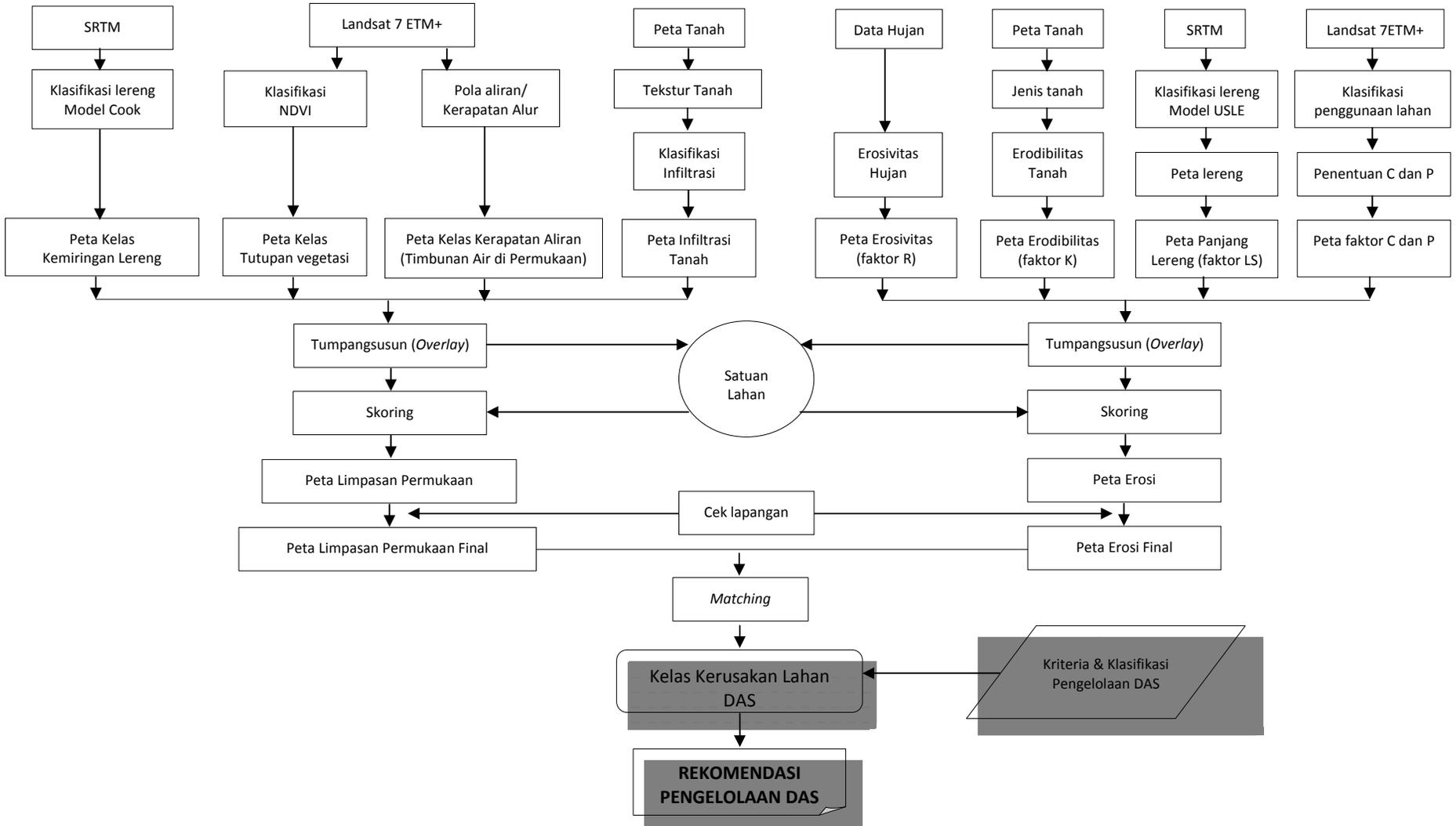
Dimana:

- 1 : Kerusakan Lahan Sangat Rendah
- 2 : Kerusakan Lahan Rendah
- 3 : Kerusakan Lahan Sedang
- 4 : Kerusakan Lahan Tinggi
- 5 : Kerusakan Lahan Sangat Tinggi

Dalam penelitian ini, strategi pengelolaan lahan lebih difokuskan pada upaya manajemen lahan di DAS Blukar untuk konservasi tanah dan air. Arsyad (1989) menyatakan bahwa konservasi tanah adalah masalah menjaga agar struktur tanah tidak terdispersi, dan mengatur kekuatan geraknya dan jumlah aliran permukaan sedingan konservasi air adalah melakukan upaya-upaya dalam rangka mengendalikan evaporasi, transpirasi, dan aliran permukaan.

Secara teknis rekomendasi atau arahan dalam rangka konservasi tanah dan air di DAS Blukar dapat dilakukan melalui dua metode, yaitu metode vegetatif dan metode teknik sipil atau dengan kombinasi diantara keduanya sesuai dengan kebutuhan pada kondisi lapangan. Metode vegetatif dapat dilakukan dengan berbagai cara, diantaranya adalah penanaman kem bali (reboisasi/penghijauan), mengatur sistem penanaman, dan pembuatan penghalang dengan tanaman. Metode teknik sipil dapat dilakukan dengan cara sebagai berikut: pembuatan teras (baik itu teras gulud, kredit, saluran, bangku, maupun teras datar), pembuatan dam pengendali, pembuatan dam penahan, dan sebagainya dimana penerapannya disesuaikan dengan kondisi lapangan.

Secara lengkap, tahapan penelitian ditampilkan pada diagram alir penelitian yang dapat dilihat pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1. Diagram Alir Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Perhitungan limpasan dilakukan dengan pendekatan metode Cook, dimana parameter-parameter yang digunakan adalah kemiringan lereng, infiltrasi tanah, tutupan vegetasi, dan pola aliran. Masing-masing parameter diperoleh dan diolah menggunakan teknik penginderaan jauh dan SIG. Data penginderaan jauh yang digunakan dalam analisis potensi limpasan ada 2 macam, yaitu Citra Landsat 7 ETM+ tahun 2009 dan citra SRTM. Citra Landsat digunakan untuk memperoleh data tutupan lahan, pola aliran, dan kerapatan vegetasi sedangkan citra SRTM digunakan untuk memperoleh data kemiringan lereng. Data infiltrasi tanah diperoleh dari turunan peta jenis tanah.

Dari hasil analisis dapat dikatakan bahwa secara umum DAS Blukar memiliki limpasan yang tinggi. Hal ini dapat dilihat dari besarnya persentase kelas limpasan tinggi dan bahkan ekstrim dimana masing-masing memiliki luas sebesar 9.711,77 ha (60,69%) dan 5.257,65 ha (32,85%). Kelas limpasan normal hanya seluas 1.033,69 ha atau hanya 6,46 % dari luas total DAS Blukar.

Jika dilihat distribusinya secara spasial, limpasan tinggi dan ekstrim terdapat di bagian atas (hulu) DAS yaitu di Kecamatan Sukorejo, yang merupakan bagian lereng tengah hingga lereng bawah Komplek Pegunungan Jembangan (Gambar 4.1) serta di bagian tengah yaitu di Kecamatan Patean (Gambar 4.2) dan Ringinarum yang merupakan gawir sesar Formasi Kerek. Wilayah-wilayah tersebut memang memiliki karakteristik yang mendukung besarnya limpasan seperti kemiringan lereng yang terjal, pola aliran yang rapat, serta infiltrasi tanah yang cenderung lambat. Bahkan di beberapa wilayah Kecamatan Sukorejo sering terjadi limpasan di badan jalan pada saat terjadi hujan deras (Gambar 4.3). Secara lengkap distribusi kelas limpasan di DAS Blukar tiap kecamatan dapat diamati pada Tabel 4.1. dan Tabel 4.2. sedangkan distribusinya secara spasial dapat diamati pada Gambar 4.4.



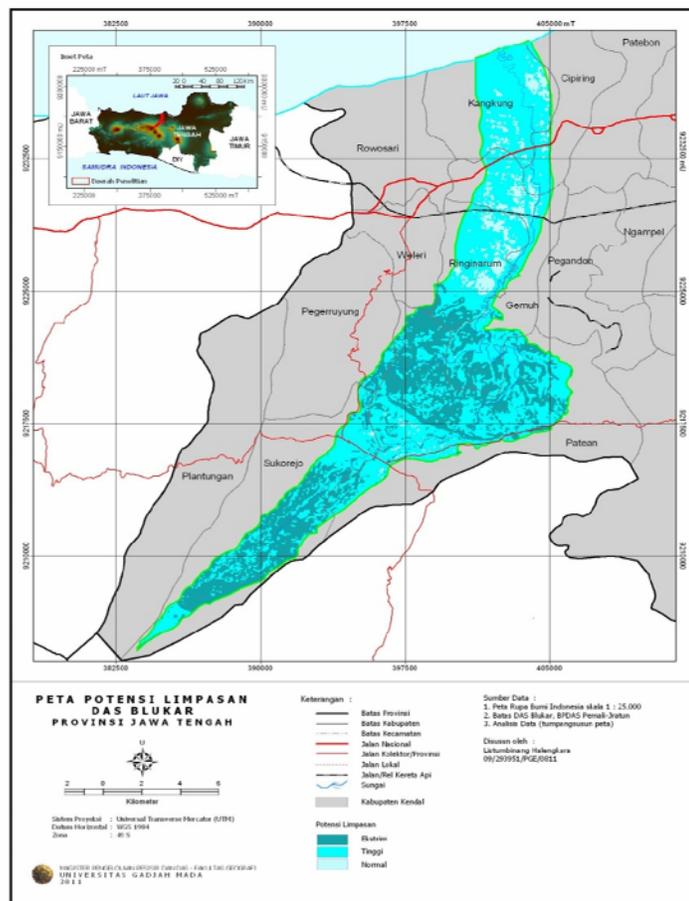
Gambar 4.1. Kondisi Topografi di Kecamatan Sukorejo



Gambar 4.2. Kondisi Topografi di Kecamatan Patean



Gambar 4.3. Limpasan pada saat hujan deras di Kecamatan Sukorejo



Gambar 4.4. Peta Limpasan DAS Blukar

Tabel 4.1. Luas Tiap Kelas Limpasan di DAS Blukar

Potensi Limpasan	Luas (Ha)	Persentase (%)
Ekstrim	5257.65	32.85
Tinggi	9711.77	60.69
Normal	1033.69	6.46
Total	16003.11	100.00

Sumber: Analisis Data, 2011

Tabel 4.2. Luas Tiap Kelas Limpasan di DAS Blukar per Kecamatan

Kabupaten	Kecamatan	Kelas Limpasan			Total (Ha)
		Ekstrim	Tinggi	Normal	
Kendal	Cipiring	0.00	378.23	54.44	432.67
	Gemuh	539.71	1545.97	258.47	2344.15
	Kangkung	0.00	1774.27	256.16	2030.43
	Patean	2498.60	3128.55	63.64	5690.78
	Pegerruyung	119.49	79.71	0.00	199.20
	Ringinarum	232.16	1389.06	393.55	2014.77
	Sukorejo	1841.89	1411.13	7.44	3260.45
	Waleri	25.80	4.85	0.00	30.66
	Total (Ha)	5257.65	9711.77	1033.69	16003.11

Sumber: Analisis Data, 2011

Berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan, kondisi erosi di DAS Blukar cukup bervariasi dimana terdapat 5 kelas erosi, mulai dari sangat ringan, ringan, sedang, berat, hingga sangat berat. Kelas erosi yang paling dominan adalah sangat ringan dimana luasnya sebesar 5.825,26 ha atau sekitar 36,40 % dari luas total DAS Blukar. Namun demikian erosi berat dan sangat berat juga cukup banyak dijumpai di DAS Blukar, di mana luas keduanya mencapai 4.606,69 ha atau sekitar seperempat dari luas total DAS (28,78 %). Secara lengkap distribusi dari masing-masing kelas erosi dapat diamati pada Tabel 4.3

Tabel 4.3. Luas Tiap Kelas Erosi di DAS Blukar

Kelas Erosi	Luas (Ha)	Persentase (%)
Sangat Berat	2869,84	17,93
Berat	1736,85	10,85
Sedang	1070,77	6,69
Ringan	4500,40	28,12
Sangat Ringan	5825,26	36,40

Total	16003,11	100,00
-------	----------	--------

Sumber: Analisis Data, 2011

Jika dilihat sebarannya secara spasial, kelas erosi sangat berat dan berat paling dominan dijumpai di bagian hulu DAS Blukar, yaitu di Kecamatan Sukorejo dan di bagian tengah DAS, yaitu di Kecamatan Patean. Kecamatan lain yang memiliki erosi sangat berat dan berat tersebut adalah Gemuh, Pageruyung, Ringinarum, dan Welir namun luasannya tidak signifikan.

Beberapa faktor yang menyebabkan terjadinya erosi berat dan sangat berat di DAS Blukar adalah curah hujan yang tinggi, topografi dengan kemiringan lereng yang curam, serta adanya kesalahan dalam pengolahan tanah dan penentuan jenis konservasi yang diterapkan baik pada lahan-lahan pertanian maupun perkebunan.

Di Kecamatan Sukorejo, jenis tanaman yang dominan adalah tanaman bawang, jagung, dan pisang. Jenis penggunaan lahan ini sebenarnya tidak baik karena apabila masa panen tiba maka tidak akan ada lagi yang menjadi penutup tanah. Kondisi topografi yang cukup terjal mengakibatkan lapisan tanah yang tebal tersebut akan mudah tererosi, apalagi jika terjadi hujan lebat. Berdasarkan data yang diperoleh memang Kecamatan Sukorejo memiliki curah hujan yang tinggi (1500 – 2000 mm/th). Bila kondisi ini tidak segera dikendalikan, maka resiko terjadinya erosi semakin lama akan semakin besar dan dapat menyebabkan terjadinya degradasi lahan.

Kecamatan Patean yang terdapat di bagian tengah DAS Blukar merupakan daerah gawir sesar Formasi Kerek. Penggunaan lahan yang ada berupa perkebunan karet yang dikelola oleh PTPN. Penggunaan lahan berupa perkebunan karet yang ditanam secara seragam dengan cabang pohon yang berbentuk V merupakan faktor pendukung adanya erosi intensif terjadi di bawah pohon (Gambar 4.5). Pada mulanya, erosi terjadi di pangkal pohon, namun kemudian meluas dan mengalir membentuk erosi alur.

Secara lengkap distribusi masing-masing kelas potensi erosi pada tiap kecamatan di DAS Blukar dapat diamati pada Tabel 4.4. sedangkan distribusinya secara spasial dapat diamati pada Gambar 4.6.

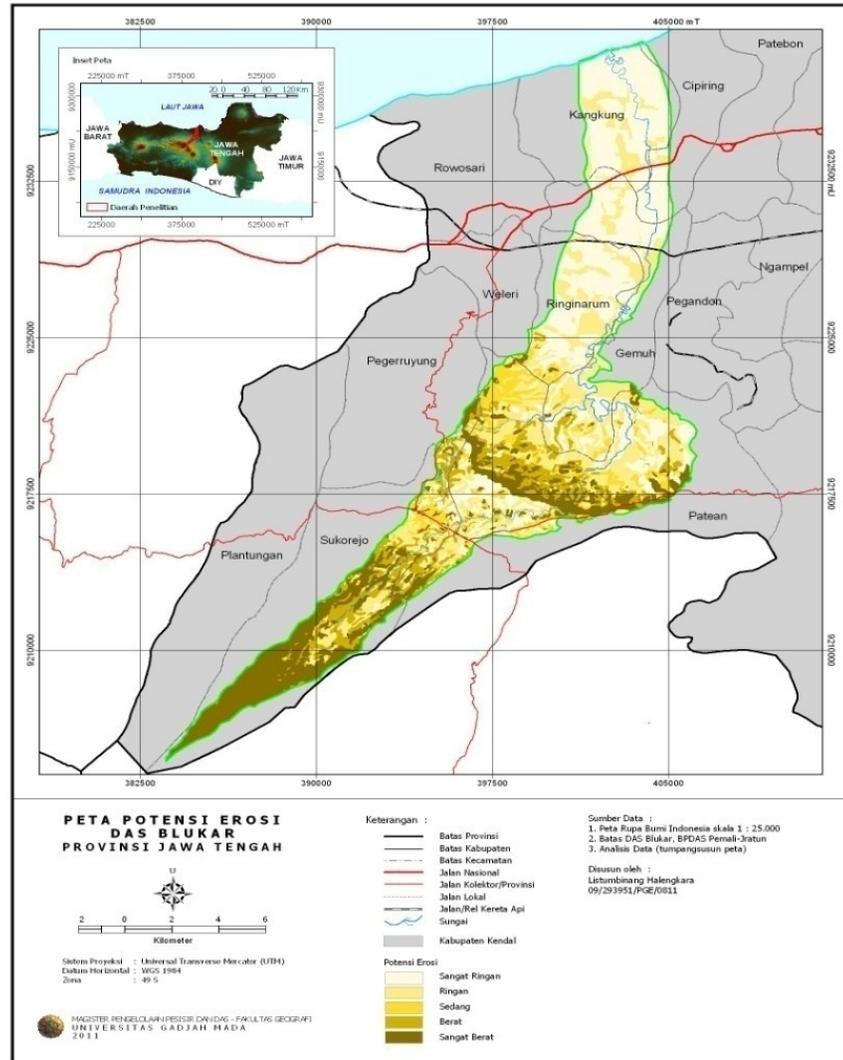


Gambar. 4.5.. Erosi di bawah pohon bercabang V

Tabel 4.4. Luas Tiap Kelas Erosi di DAS Blukar per Kecamatan

Kabupaten	Kecamatan	Kelas Erosi					Total (Ha)
		Sangat Berat	Berat	Sedang	Ringan	Sangat Ringan	
Kendal	Cipiring	0,00	0,00	0,00	38,16	394,53	432,68
	Gemuh	16,77	79,95	73,55	878,33	1295,58	2344,17
	Kangkung	0,00	0,00	0,00	337,19	1693,25	2030,44
	Patean	1021,04	940,32	728,73	1904,25	1096,40	5690,74
	Pegerruyung	71,61	47,47	19,18	55,66	5,32	199,25
	Ringinarum	11,07	15,89	57,91	698,87	1231,04	2014,78
	Sukorejo	1738,24	651,91	186,08	579,96	104,22	3260,40
	Weleri	11,12	1,29	5,31	7,98	4,93	30,64
Total (Ha)		2869,84	1736,85	1070,77	4500,40	5825,26	16003,11

Sumber: Analisis Data, 2011



Gambar. 4.6. Peta Erosi DAS Blukar

Analisis kerusakan lahan dilakukan dengan metode *matching* setelah hasil analisis limpasan dan analisis erosi ditumpangtindihkan. Berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan, DAS Blukar didominasi oleh kelas kerusakan lahan 3 atau sedang. Hal ini dapat dilihat dari luasannya yang mencapai 7.874,71 Ha (49,21%) atau hampir 50% dari luas total DAS Blukar. Namun yang perlu menjadi perhatian adalah kerusakan lahan kelas 4 (tinggi) dan kelas 5 (sangat tinggi) yang ternyata juga banyak dijumpai di dalam wilayah DAS Blukar. Kerusakan lahan kelas 4 terdapat seluas 3.264,81 Ha (20,40%) sedangkan kerusakan lahan kelas 5 terdapat seluas 3.832,69 Ha (23,95%). Daerah-daerah dengan tingkat kerusakan lahan tinggi dan sangat tinggi ini merupakan daerah prioritas yang perlu untuk ditangani dan dikelola dalam rangka menjaga kelestarian ekosistem DAS tersebut. Secara lengkap distribusi masing-masing kelas kerusakan lahan di DAS Blukar dapat diamati pada Tabel 4.5.

Diantara beberapa kecamatan yang ada di dalam wilayah DAS Blukar, yang memiliki tingkat kerusakan lahan tinggi dan sangat tinggi paling dominan adalah Kecamatan Patean. Kemudian diikuti oleh Kecamatan Sukorejo dan Kecamatan Gemuh. Ketiga kecamatan ini memang berada di wilayah yang sangat rentan dan berpotensi untuk terjadinya limpasan dan erosi akibat karakteristik wilayahnya yang berbukit hingga

bergunung, dengan kemiringan lereng curam hingga sangat curam, serta tutupan vegetasi yang kurang baik. Secara lengkap distribusi masing-masing kelas kerusakan lahan pada tiap kecamatan di DAS Blukar dapat diamati pada Tabel 4.6. sedangkan distribusinya secara spasial dapat dilihat pada Gambar 4.7.

Dari hasil analisis kerusakan lahan yang telah dilakukan, dapat dikatakan bahwa beberapa wilayah di DAS Blukar memiliki tingkat kerusakan lahan yang tinggi, baik itu dari segi limpasan maupun dari segi erosi. Oleh karena itu perlu dilakukan upaya-upaya penanggulangan agar tidak menimbulkan permasalahan yang lebih besar di waktu yang akan datang. Kecamatan Sukorejo dan Kecamatan Patean merupakan dua kecamatan yang memiliki tingkat kerusakan lahan paling besar dibandingkan dengan kecamatan-kecamatan yang lainnya, sehingga daerah ini harus dijadikan prioritas penanganan dalam upaya pengelolaan di DAS Blukar untuk menjaga kelestarian DAS tersebut secara menyeluruh.

Tabel 4.5. Luas Tiap Kelas Kerusakan Lahan di DAS Blukar

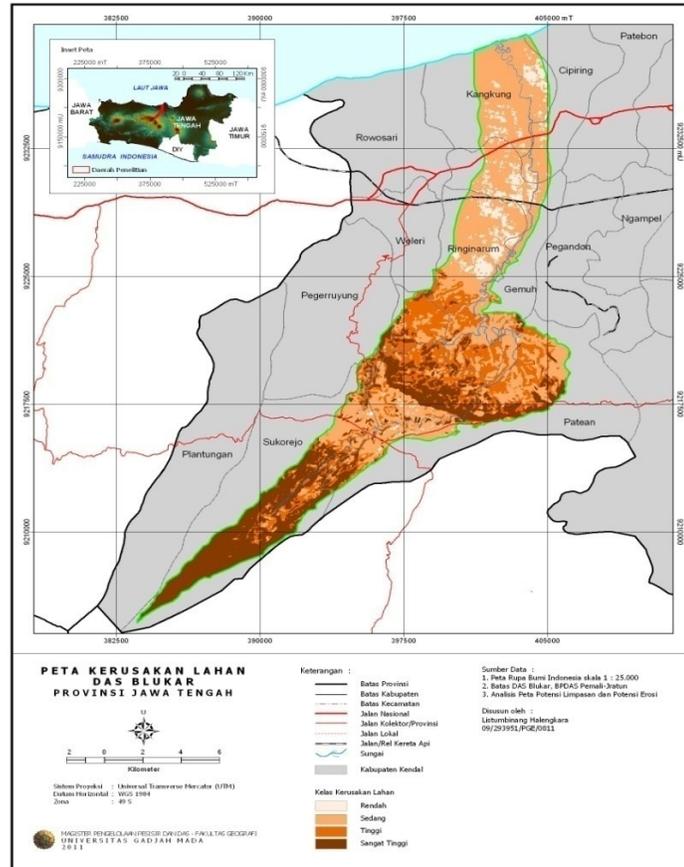
Kelas Kerusakan Lahan	Luas (Ha)	Persentasi (%)
2	1030,90	6,44
3	7874,71	49,21
4	3264,81	20,40
5	3832,69	23,95
Total	16003,11	100,00

Sumber: Analisis Data, 2011

Tabel 4.6. Luas Tiap Kelas Kerusakan Lahan di DAS Blukar per Kecamatan

Kabupaten	Kecamatan	Kelas Kerusakan Lahan				Total (Ha)
		2	3	4	5	
Kendal	Cipiring	54,65	379,29	0,00	0,00	433,94
	Gemuh	259,23	1517,84	491,64	78,77	2347,48
	Kangkung	257,29	1782,56	0,00	0,00	2039,85
	Patean	57,53	2183,54	1969,86	1469,52	5680,45
	Pegerruyung	0,00	27,07	78,87	91,53	197,48
	Ringinarum	394,94	1379,73	228,85	15,45	2018,97
	Sukorejo	7,27	599,91	482,31	2165,14	3254,63
	Waleri	0,00	4,75	13,29	12,28	30,32
	Total (Ha)		1030,90	7874,71	3264,81	3832,69

Sumber: Analisis Data, 2011



Gambar. 4.7. Peta Kerusakan Lahan DAS Blukar

Ada beberapa alternatif pengelolaan yang dapat diterapkan di Kecamatan Sukorejo. Yang pertama adalah konversi dari lahan pertanian sem usim menjadi tana man tahunan atau tanaman keras. Namun hal ini biasanya sulit untuk diterapkan karena masyarakat lebih memilih pertanian yang cepat panen dan menghasilkan. Alternatif kedua adalah dengan mempertahankan lahan pertanian yang telah ada namun mengendalikan pembukaan atau perambahan lahan yang baru. Namun pada setiap lahan pertanian yang dipertahankan perlu dilakukan upaya-upaya konservasi. Konservasi yang direkomendasikan diterapkan di daerah ini bertujuan untuk mengurangi dan mengendalikan bahaya limpasan dan erosi tanah. Dengan demikian konservasi lahan dan air harus terintegrasi.

Untuk mengurangi erosi, pengelolaan tanah sebaiknya dilakukan tidak di awal musim hujan, karena tanah yang telah diolah dan dalam kondisi beres sangat rentan terhadap erosi. Konservasi lahan secara vegetatif yang dapat diterapkan di daerah ini adalah dengan penggunaan mulsa pada lahan pertanian. Mulsa ada dua macam yaitu organik dan anorganik. Mulsa organik biasanya dibuat dari sisa-sisa tanaman sebelumnya seperti jerami atau sisa tanaman padi. Sedangkan mulsa anorganik biasanya terbuat dari plastik. Contoh jenis mulsa dapat dilihat pada Gambar 4.8. dan 4.9.

Selain itu perlu juga dilakukan upaya reboisasi dan penghijauan karena ada beberapa lokasi yang telah menjadi lahan terbuka dimana lokasi tersebut merupakan bekas lahan pertanian yang sudah tidak digunakan lagi. Reboisasi merupakan upaya penanaman kembali lahan kosong yang berada di dalam kawasan hutan sedangkan penghijauan

merupakan upaya penanaman kembali pada lahan yang berada di luar kawasan hutan, terutama pada pekarangan dan lahan kering lainnya. Upaya konservasi vegetatif yang dapat dilakukan untuk mengurangi potensi limpasan adalah dengan membuat penghalang dengan tanaman. Penghalang ini dapat terbuat dari rerumputan atau tanaman perdu (semak).

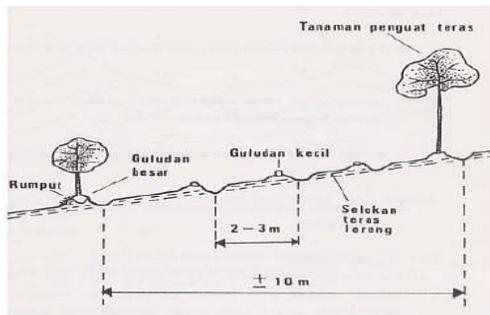
Secara mekanik atau teknik sipil, konservasi yang diterapkan pada lahan pertanian sebaiknya tidak menggunakan metode terasering, karena metode terasering tidak cocok digunakan di daerah kemiringan lereng curam dan rawan longsor seperti di daerah Kecamatan Sukorejo ini. Oleh karena itu pengolahan tanah di lahan pertanian harus dilakukan seminimal mungkin untuk mencegah terjadinya erosi tanah bahkan longsor lahan. Namun di beberapa wilayah di Kecamatan Sukorejo yang lerengnya sedang (8 – 15%) dapat dilakukan konservasi dengan metode teras guludan (Gambar 4.10).



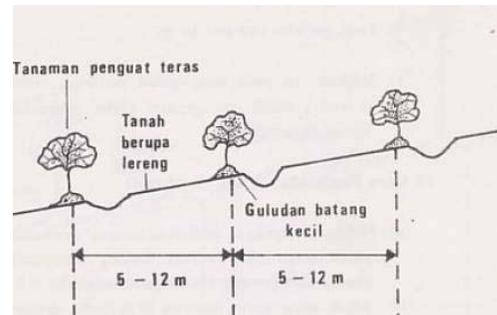
Gambar 4.8. Mulsa anorganik dari jerami



Gambar 4.9. Mulsa anorganik dari plastik



Gambar 4.10. Penampang teras guludan



Gambar 4.11. Penampang Teras Kredit

Selain teras guludan, teknik konservasi lain yang dapat diterapkan adalah teras kredit (Gambar 4.11). Teras kredit berfungsi untuk menampung limpasan permukaan melalui saluran yang dibuat melintang lereng, serta menghalangi limpasan permukaan melalui guludan. Apabila limpasan permukaan berkurang, erosi akan mengalami pengurangan pula.

Sementara itu Kecamatan Patean yang ada di bagian tengah DAS merupakan daerah dengan ben tuktulan gawir sesar dan sebagian merupakan lembah struktural Formasi Kerek. Selain memiliki potensi limpasan dan erosi yang tinggi, Kecamatan Patean juga merupakan daerah yang rawan longsor karena pada lereng-lereng terjal dibangun jalan dengan cara memotong lereng secara vertikal, sehingga banyak longsor yang terjadi di sepanjang jalan. Pemotongan lereng yang tegak lurus menyebabkan tanah menjadi labil, dan mudah longsor. Sebaiknya pembuatan jalan dengan pemotongan lereng memperhatikan sudut pemotongan yang memungkinkan tanah masih dalam kondisi stabil. Sudut pemotongan lereng yang cenderung aman adalah bersudut $< 35\%$. Upaya konservasi lahan yang dapat diterapkan di lahan pertanian, salah satunya adalah dengan menggunakan bambu yang ditancapkan pada pematang sawah (Gambar 4.12). Bambu berfungsi untuk mengalirkan kelebihan air pada lahan pertanian, sehingga kejenuhan tanah berkurang.

Selain pada lahan pertanian, bambu juga dapat diterapkan pada penggunaan permukiman dengan menancapkannya pada tebing.



Gambar 4.12. Sistem teras dengan bambu sebagai pematang sawah

Kondisi limpasan yang sangat tinggi di DAS Blukar tidak hanya dapat memicu terjadinya erosi dan kerusakan pada lahan namun dapat menyebabkan terjadinya banjir bandang (*flash flood*) di Sungai Blukar seperti yang pernah terjadi pada tahun 2010 di daerah hilir DAS tepatnya di wilayah Kecamatan Kangkung. Banjir bandang tersebut menyebabkan salah satu jembatan roboh serta erosi berat pada tebing kanan-kiri sungai (Gambar 4.13). Erosi tebing terjadi akibat hantaman arus sungai yang sangat deras pada saat banjir tersebut.

Selain melakukan upaya konservasi di daerah hulu DAS untuk mengurangi potensi limpasan yang dapat terjadi, perlu dilakukan upaya konservasi secara teknik untuk mencegah terjadinya erosi berat di tebing sungai, yaitu dengan penggunaan 'bronjong' (Gambar 4.14). Bronjong merupakan teknik konservasi dengan cara penyusunan batu-batu yang dieratkan dengan kawat, dipasang pada tebing sungai yang rawan longsor.



Gambar 4.13. Erosi tebing Sungai Blukar akibat banjir bandang



Gambar 4.14. Pembuatan bronjong dengan susunan batu

Untuk mengurangi resiko terjadinya banjir bandang yang datang secara tiba-tiba, dapat dilakukan pembangunan dam penahan atau dam pengendali di bagian tengah DAS. Namun demikian masih diperlukan penelitian lanjutan untuk menentukan lokasi pembangunan dam penahan atau dam pengendali tersebut agar dapat memberikan pengaruh yang optimal.

Selain dari segi fisik melalui konservasi sumberdaya lahan, air, dan vegetasi, upaya pengelolaan DAS secara terpadu juga memerlukan konservasi dari segi sosial, ekonomi, dan budaya (sosekbud) masyarakat serta dari segi hukum dan kelembagaan. Upaya konservasi dari segi sosekbud masyarakat dapat dilakukan dengan penyuluhan-penyuluhan dari pihak pemerintah dan instansi terkait lainnya serta pemberdayaan masyarakat pada setiap kegiatan yang bertujuan untuk menjaga kelestarian DAS, seperti kegiatan reboisasi atau penghijauan dan konservasi lahan pertanian intensif menjadi tanaman tahunan maupun peternakan.

Upaya konservasi dari segi hukum dan kelembagaan juga perlu ditingkatkan dan dapat dilakukan dengan penguatan undang-undang untuk perlindungan dan pelestarian DAS serta penerapan sanksi yang tegas bagi pelanggaran yang terjadi di lapangan dimana pelanggaran tersebut dapat menyebabkan kerusakan ekosistem DAS Blukar. Dengan beberapa alternatif sebagai upaya konservasi tersebut, diharapkan kelestarian ekosistem DAS Blukar dapat dijaga dengan baik sehingga dapat memberikan manfaat yang besar pula bagi masyarakat yang tinggal di dalamnya.

KESIMPULAN

- 1) DAS Blukar memiliki kondisi limpasan yang tinggi. Hal ini dapat dilihat dari besarnya persentase kelas limpasan tinggi dan bahkan ekstrim dimana masing-masing memiliki luas sebesar 9.711,77 ha (60,69%) dan 5.257,65 ha (32,85%). Kelas limpasan normal hanya seluas 1.033,69 ha atau hanya 6,46% dari luas total DAS Blukar. Kecamatan yang paling rentan terhadap potensi limpasan adalah Kecamatan Patean.
- 2) Kondisi erosi di DAS Blukar cukup bervariasi dimana terdapat 5 kelas erosi, mulai dari sangat ringan, ringan, sedang, berat, hingga sangat berat. Kelas erosi yang paling dominan adalah sangat ringan di mana luasnya sebesar 5.825,26 ha atau sekitar 36,40% dari luas total DAS Blukar, kemudian diikuti oleh erosi kelas ringan (28,12%), sangat berat (17,93%), berat (10,85%), dan sedang (6,69%). Kecamatan yang paling rentan terhadap erosi adalah Kecamatan Sukorejo.
- 3) Hubungan antara limpasan dan erosi di DAS Blukar dapat dikatakan linier karena keduanya memiliki sebaran yang hampir sama dimana pada wilayah yang limpasannya tinggi juga memiliki erosi tinggi. Kecamatan yang memiliki kondisi limpasan dan erosi tinggi adalah Kecamatan Sukorejo dan Patean.
- 4) DAS Blukar didominasi oleh kerusakan lahan sedang. Hal ini dapat dilihat dari luasannya yang mencapai 7.874,71 Ha (49,21%) atau hampir 50% dari luas total DAS Blukar. Kerusakan lahan tinggi dan sangat tinggi juga banyak dijumpai di dalam wilayah DAS Blukar. Kerusakan lahan tinggi terdapat seluas 3.264,81 Ha (20,40%) sedangkan kerusakan lahan sangat tinggi terdapat seluas 3.832,69 Ha (23,95%). Sisanya merupakan lahan dengan kerusakan rendah dengan luas 1.030,90 Ha (6,44%).
- 5) Strategi pengelolaan perlu dilakukan sebagai upaya konservasi untuk menjaga kelestarian ekosistem DAS Blukar. Konservasi dapat dilakukan secara vegetatif maupun teknik sipil.
- 6) Untuk mengurangi potensi limpasan dan erosi di DAS Blukar upaya konservasi yang dapat dilakukan adalah dengan penanaman kembali pada lahan-lahan terbuka yang ada di daerah hulu. Selain itu konservasi dapat dilakukan dengan konversi lahan pertanian semusim menjadi tanaman tahunan terutama pada lereng-lereng di atas 40%. Pada lahan pertanian dapat digunakan mulsa jerami dan penghalang dengan tanaman perdu. Secara teknik sipil, beberapa bentuk konservasi yang

dapat diterapkan adalah guludan, teras k redit, b ronjong, dam penahan serta da m pengendali.

- 7) Selain dari segi fisik melalui konservasi sumberdaya lahan, air, dan vegetasi, upaya pengelolaan DAS Blukar juga memerlukan upaya konservasi dari segi sosial, ekonomi, dan budaya (sosekbud) masyarakat serta dari segi hukum dan kelembagaan. Di antaranya dengan penyuluhan-penyuluhan dan pemberdayaan masyarakat, pengesahan undang-undang untuk perlindungan dan pelestarian DAS, serta penerapan sanksi yang tegas bagi pelanggaran yang terjadi di lapangan. Dengan beberapa alternatif tersebut sebagai upaya konservasi tersebut, diharapkan kelestarian ekosistem DAS Blukar dapat dijaga dengan baik sehingga dapat memberikan manfaat yang besar pula bagi masyarakat yang tinggal di dalamnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Aronoff, 1989, *Geographic Information System : A Management Perspective*, Ottawa : WDL Publication.
- Arsyad, S., 1989, *Konservasi Tanah dan Air*, IPB, Bogor
- Asdak, C., 1995, *Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*, Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Chow, V.T., 1964, *Handbook of Applied Hydrology*, McGraw-Hill Book Company
- Danoedoro, P., 1996, *Pengolahan Citra Digital : Teori dan Aplikasinya Dalam Bidang Penginderaan Jauh*, Fakultas Geografi, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Gunawan, T., 1991, *Penerapan Teknik Penginderaan Jauh Untuk Menduga Debit Puncak Menggunakan Karakteristik Lingkungan Fisik DAS*. *Disertasi*, Bogor : Institut Pertanian Bogor.
- Kartasapoetra, G., Kartaapoetra, G. A., Sutedjo, M. M., 2000, *Teknologi Konservasi Tanah dan Air*, PT. Rineka Cipta, Jakarta.
- Khasanah, N., Lusiana, B., Farida, van Noordewijk, M., 2004, *Simulasi Limpasan Permukaan dan Kehilangan Tanah pada Berbagai Umur Kebun Kopi : Studi Kasus di Sumberjaya, Lampung Barat*, *Jurnal Agrivita Vol. 26 No.1 Maret 2004. ISSN : 0126 – 0537*.
- Kedaulatan Rakyat, Edisi 12 Juni 2010.
- Kementerian Kehutanan, 2003. *Pedoman Teknis Pengelolaan Daerah Aliran Sungai Terpadu*.
- Lillesand dan Kiefer., 1990, *Penginderaan Jauh dan Interpretasi Citra*, (Diterjemahkan oleh Sutanto, Dulbahri, Prapto Suharsono, Hartono, dan Suharyadi), Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.

- Morgan, R.P.C., 2005, *Soil Erosion and Conservation, third edition*, Blackwell Publishing, USA.
- Paimin, S., dan Purwanto. 2006, *Sidik Cepat Degradasi Sub Daerah Aliran Sungai*, Badan Penelitian dan Pengembangan Kehutanan, Bogor.
- Purwanto dan Paimin. 2008, Tata Kelola Pemerintahan Yang Baik (Good Governance) Dalam Pengelolaan Daerah Aliran Sungai : Konsep dan Implementasinya, *Paper*, Balai Penelitian Kehutanan Solo.
- Peraturan Menteri Kehutanan RI Nomor : P 42/Menhut-II/2009 tentang Pola Umum, Kriteria, dan Standar Pengelolaan DAS Terpadu.
- Raharjo, P. D. dan Saifudin. 2008, Pemetaan Erosi DAS Lulo Hulu dengan Menggunakan Data Penginderaan Jauh dan Sistem Informasi Geografi, *Jurnal Ilmu Tanah dan Lingkungan Vol. 8, No. 2 (2008) p: 103-113*.
- Seodjoko dan Fandeli. 2002, Kriteria, Indikator, dan Parameter Kerusakan Ekosistem DAS (Studi Kasus DAS Se rayu), *Prosiding Seminar Monitoring dan Evaluasi Pengelolaan DAS*, Surakarta
- Seyhan. 1977, *The Watershed as An Hydrological Unit*, Geografisch Instituut . Utrecht, Nederland.
- Seyhan, E., 1990, *Dasar-dasar Hidrologi (terjemahan Fundamentals of Hydrology oleh Sentot Subagya)*, Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- Sinukaban, N. 1994. *Membangun Pertanian Menjadi Lestari dengan Konservasi*. Faperta IPB. Bogor.
- Suhartanto. 2001, Optimasi Pengelolaan DAS di Sub Daerah Aliran Sungai Cidanau Kabupaten Serang Propinsi Banten Menggunakan Model Hidrologi ANSWERS, *Makalah*, Program Pasca Sarjana/S3 IPB. Bogor.
- Sukristiyanti. 2008, Evaluasi Potensi Erosi Tanah Menggunakan Teknologi Penginderaan Jauh dan Sistem Informasi Geografis di DAS Bodri Hulu, Jawa Tengah, *Tesis*, Fakultas Geografi, Universitas Gadjah Mada.
- Tim Pusat Studi Agroekologi UGM. 2008, Penyusunan Detail Engineering Design Kawasan Dieng, *Laporan Penelitian*, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Tim Pusat Studi Agroekologi UGM. 2009, Penyusunan Detail Engineering Design (DED) Rehabilitasi Kawasan Gunung Muria, *Laporan Penelitian*. Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Utomo, W. H., 1994, *Erosi dan Konservasi Tanah*, Penerbit IKIP, Malang.
- Undang-Undang Republik Indonesia No 32 Tahun 2004 Tentang Pemerintah Daerah
Undang-Undang Republik Indonesia No 7 Tahun 2004 Tentang Sumber Daya Air

- <http://auslig.gov.au/meta/meta45.htm>, diakses pada tanggal 2 Januari 2011 pukul 10.30 WIB.
- <http://bebasbanjir2025.wordpress.com/teknologi-pengendalian-banjir/mulsa/>, diakses pada tanggal 6 Maret 2011 pukul 13.45 WIB.
- <http://dinhut.jatengprov.go.id/www/>, diakses pada tanggal 4 Oktober 2010 pukul 19.10 WIB. <http://faynaproject.wordpress.com/>, diakses pada tanggal 2 November 2010 pukul 16.20 WIB.
- <http://geotextile-indonesia.blogspot.com/2009/06/bronjong-hdpe.html>, diakses pada tanggal 6 Maret 2011 pukul 13.45 WIB.
- <http://psda.jatengprov.go.id/>, diakses pada tanggal 4 Oktober 2010 pukul 19.10 WIB. <http://rovicky.wordpress.com/>, diakses pada tanggal 2 November 2010 pukul 16.20 WIB.
- <http://www.bpdas-pemalijratun.net/>, diakses pada tanggal 4 Oktober 2010 pukul 19.10 WIB.
- www.litbang.deptan.go.id/, diakses pada tanggal 6 Maret 2011 pukul 13.45 WIB.