

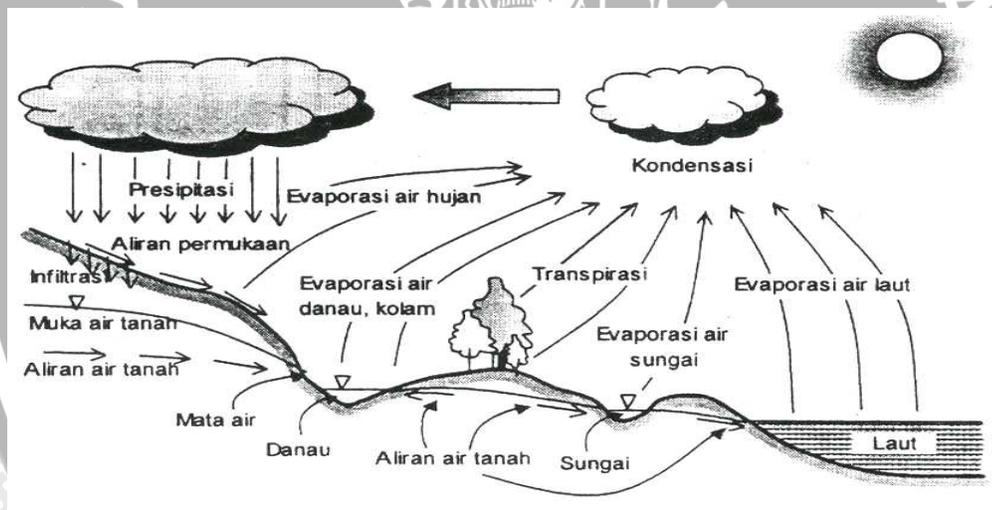
BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Hidrologi dan Daerah Aliran Sungai

2.1.1 Siklus Hidrologi

Hidrologi merupakan suatu ilmu yang mempelajari tentang keberadaan air dan gerakan air di alam ini. Ilmu ini meliputi berbagai bentuk air serta perubahannya antara keadaan cair, padat dan gas dalam atmosfer, di atas atau di bawah permukaan tanah. Di dalamnya juga tercakup masalah air laut yang merupakan sumber dan penyimpanan air terbesar di bumi ini (Sumarto, 1987:15)

Rangkaian peristiwa yang terjadi pada air dari saat jatuh ke bumi hingga menguap untuk kemudian jatuh kembali ke bumi disebut daur atau siklus hidrologi. Secara ilmiah daur hidrologi dapat ditunjukkan pada gambar berikut :



Gambar 2.1 Skema Siklus Hidrologi

Sumber : Suripin, 2002:134

Pada gambar tersebut di atas, nampak bahwa sebagian air yang jatuh (hujan) menguap sebelum tiba di permukaan bumi, yaitu ketika sedang jatuh atau setelah ditahan oleh dan melekat pada tumbuh-tumbuhan. Bagian air hujan yang ditahan dan melekat pada tumbuhan itu disebut air intersepsi dan peristiwa ini disebut peristiwa intersepsi. Air hujan yang sampai di permukaan tanah adalah air hujan yang jatuh langsung, sedangkan air hujan yang jatuh ke tanah setelah tertahan oleh tumbuh-tumbuhan disebut lolos tajuk. Bagian dari air tersebut di atas yang sampai ke permukaan

tanah disebut persediaan air permukaan. Air permukaan akan mengalir di permukaan atau masuk ke dalam tanah yang disebut proses infiltrasi.

Daur atau siklus hidrologi merupakan proses perjalanan air dari permukaan laut ke atmosfer kemudian ke permukaan tanah dan kembali lagi ke laut yang tidak pernah berhenti tersebut, air tersebut akan tertahan (sementara) disungai, danau/waduk, dan dalam tanah sehingga dapat dimanfaatkan oleh manusia atau makhluk hidup lainnya.

Dalam daur hidrologi, energi panas matahari dan faktor-faktor iklim lainnya menyebabkan terjadinya proses evaporasi pada permukaan vegetasi dan tanah, di laut dan badan-badan air lainnya. Uap air sebagai hasil proses evaporasi akan terbawa oleh angin melintasi daratan yang bergunung maupun datar dan apabila keadaan atmosfer memungkinkan, sebagian dari uap air tersebut akan terkondensasi dan turun sebagai air hujan. (Asdak, 2002:7)

Air laut yang menguap karena adanya radiasi matahari membentuk awan dan bergerak di atas udara karena didesak oleh angin. Pergerakan ini akan menyebabkan presipitasi karena adanya tabrakan antara butir-butir uap ke tanah membentuk limpasan (*run-off*) yang mengalir kembali ke laut. Beberapa diantaranya masuk ke dalam tanah (infiltrasi) dan bergerak terus ke bawah (perkolasi) ke dalam daerah jenuh (*saturated zone*) yang terdapat di bawah permukaan air tanah atau phreatik. Air dalam daerah ini bergerak perlahan-lahan melewati akuifer masuk sungai kadang-kadang langsung ke laut.

Air yang merembes ke dalam tanah (infiltrasi) akan diserap oleh akar tumbuhan dan beberapa diantaranya naik ke atas lewat akar dan batangnya, sehingga terjadi transpirasi, yaitu evaporasi (penguapan) lewat tumbuh-tumbuhan melalui bagian bawah (*stomata*).

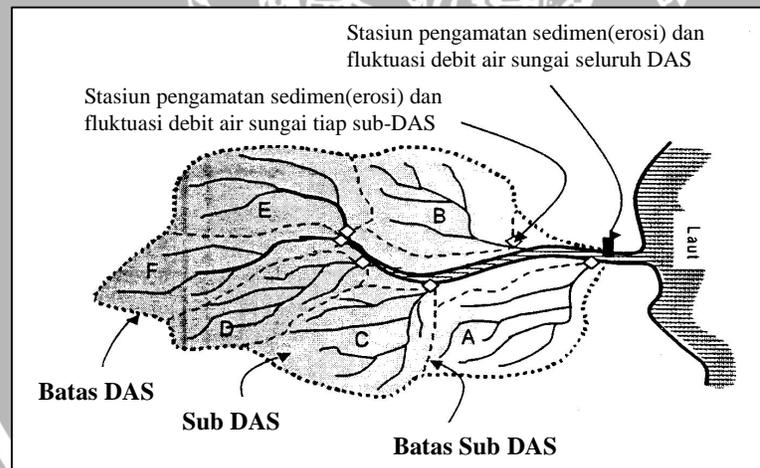
Air yang tertahan di permukaan tanah (*surface detention*) sebagian diuapkan dan sebagian besar mengalir masuk ke sungai-sungai kecil dan mengalir sebagai limpasan permukaan (*surface run-off*) ke dalam palung sungai.

Permukaan sungai dan danau juga mengalami penguapan (evaporasi), sehingga masih ada air yang dipindahkan menjadi uap. Akhirnya sisa air yang tidak diinfiltrasikan atau diuapkan akan kembali ke laut lewat palung sungai. Air tanah jauh lebih lambat Bergeraknya, baik yang bergerak masuk ke dalam palung sungai atau yang merembes ke pantai dan masuk ke laut. Dengan demikian seluruh daur telah dijalani dan berulang kembali.

Dalam proses presipitasi dan aliran permukaan (*surface run-off*) dapat menyebabkan terjadinya erosi dan pengangkutan sedimen.

2.1.2 Definisi Daerah Aliran Sungai

Konsep dasar aliran sungai atau sering disingkat dengan DAS merupakan dasar dari semua perencanaan hidrologi, mengingat DAS yang besar pada dasarnya tersusun dari DAS-DAS kecil, dan DAS kecil ini juga tersusun dari DAS-DAS yang lebih kecil lagi. Menurut UU No. 7 Tahun 2004 tentang Sumber Daya Air, definisi daerah aliran sungai adalah suatu wilayah daratan yang merupakan satu kesatuan dengan sungai dan anak-anak sungainya, yang berfungsi menampung, menyimpan, dan mengalirkan air yang berasal dari curah hujan ke danau atau ke laut secara alami, yang batas di darat merupakan pemisah topografis dan batas di laut sampai dengan daerah perairan yang masih terpengaruh aktivitas daratan. Sedangkan menurut Suripin (2002:183), DAS dapat didefinisikan sebagai suatu wilayah yang dibatasi oleh batas alam, seperti punggung bukit-bukit atau gunung, maupun batas buatan, seperti jalan atau tanggul, dimana air hujan yang turun di wilayah tersebut memberi kontribusi aliran ke titik kontrol atau *outlet* (Suripin, 2002:183). Pada gambar berikut diperlihatkan sebuah Daerah Aliran Sungai (DAS) secara umum.



Gambar 2.2 Gambaran Sebuah Daerah Aliran Sungai (DAS)

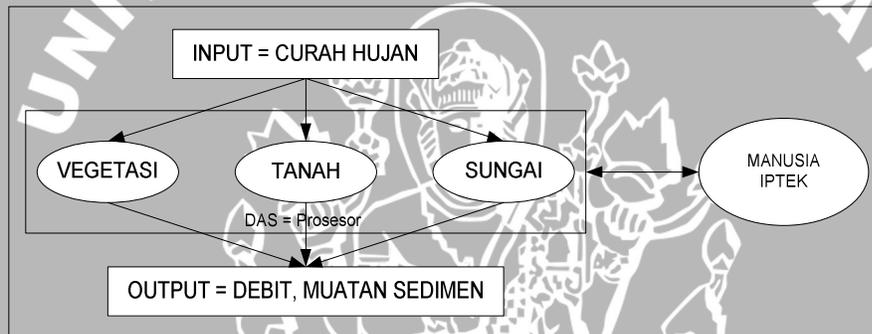
Sumber : Suripin, 2002:185

Dari definisi di atas, dapat dikemukakan bahwa DAS merupakan ekosistem, dimana unsur organisme dan lingkungan biofisik serta unsur kimia berinteraksi dan di dalamnya terdapat keseimbangan *inflow* dan *outflow* dari material dan energi.

2.1.3 Ekosistem Daerah Aliran Sungai

Ekosistem adalah suatu sistem ekologi yang terdiri atas komponen-komponen yang saling berintegrasi sehingga membentuk suatu kesatuan. Daerah aliran sungai dapatlah dipandang sebagai suatu ekosistem dimana terdapat keterkaitan baik secara langsung ataupun tidak langsung antara komponen-komponen penyusun DAS.

Sebagai suatu ekosistem, maka setiap ada masukan (*input*) ke dalamnya, proses yang terjadi di dalamnya dapat dievaluasi berdasarkan keluaran (*output*) dari ekosistem tersebut. Komponen masukan dalam ekosistem DAS adalah curah hujan, sedangkan keluarannya terdiri dari debit air dan muatan sedimen. Komponen-komponen DAS yang berupa vegetasi, tanah dan saluran/sungai dalam hal ini bertindak sebagai *processor*. Pada Gambar 2.3 menunjukkan proses yang terjadi dalam suatu ekosistem DAS yang dipengaruhi curah hujan, jenis tanah, kemiringan, vegetasi, dan aktivitas manusia.



Gambar 2.3 Fungsi Ekosistem DAS

Sumber : Asdak, 2007:18

Dalam mempelajari ekosistem DAS, dapat diklasifikasikan sebagai berikut:

- DAS bagian hulu didasarkan pada fungsi konservasi yang dikelola untuk mempertahankan kondisi lingkungan DAS agar tidak terdegradasi, yang antara lain dapat diindikasikan dari kondisi tutupan vegetasi lahan DAS, kualitas air, kemampuan menyimpan air (debit), dan curah hujan.
- DAS bagian tengah didasarkan pada fungsi pemanfaatan air sungai yang dikelola untuk dapat memberikan manfaat bagi kepentingan sosial dan ekonomi, yang antara lain dapat diindikasikan dari kuantitas air, kualitas air, kemampuan menyalurkan air, dan ketinggian muka air tanah, serta terkait pada prasarana pengairan seperti pengelolaan sungai, waduk, dan danau.
- DAS bagian hilir didasarkan pada fungsi pemanfaatan air sungai untuk dapat memberikan manfaat bagi kepentingan sosial dan ekonomi, yang diindikasikan

dengan kuantitas dan kualitas air, kemampuan menyalurkan air, ketinggian curah hujan, dan terkait kebutuhan pertanian, air bersih, serta pengelolaan air limbah.

2.2 Erosi

Erosi tanah adalah proses atau peristiwa hilangnya lapisan permukaan tanah atas, baik disebabkan oleh pergerakan air maupun angin (Suripin, 2002:11). Sedangkan menurut Arsyad (2000:30) erosi adalah peristiwa pindahnya atau terangkutnya tanah atau bagian-bagian tanah dari suatu tempat ke tempat lain oleh media alami. Di daerah tropis basah seperti Indonesia erosi terutama disebabkan oleh air. Erosi air timbul apabila terdapat aksi dispersi dan tenaga pengangkut oleh air hujan yang mengalir di permukaan tanah.

2.2.1 Proses Terjadinya Erosi

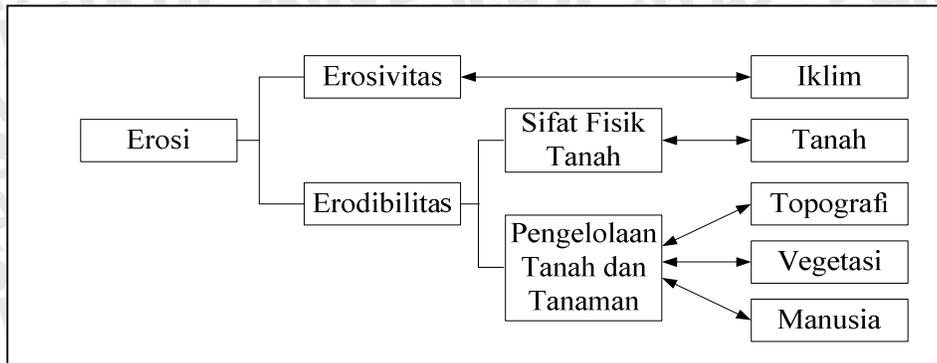
Menurut Utomo (1994:19), proses erosi bermula dengan terjadinya penghancuran agregat-agregat tanah sebagai akibat pukulan air hujan yang mempunyai energi lebih besar daripada daya tahan tanah. Hancuran tanah ini akan menyumbat pori-pori tanah, maka kapasitas infiltrasi tanah akan menurun dan mengakibatkan air mengalir di permukaan tanah dan disebut sebagai limpasan permukaan.

Limpasan permukaan mempunyai energi untuk mengikis dan mengangkut partikel-partikel tanah yang telah dihancurkan. Selanjutnya jika tenaga limpasan permukaan sudah tidak mampu lagi mengangkut bahan-bahan hancuran tersebut, maka bahan-bahan ini akan diendapkan.

Dengan demikian ada tiga proses yang bekerja secara berurutan dalam proses erosi yaitu diawali dengan penghancuran agregat-agregat, pengangkutan dan diakhiri dengan pengendapan. Dengan demikian 3 bagian yang berurutan, yaitu :

1. Pengelupasan (*detachment*);
2. Pengangkutan (*transportation*);
3. Pengendapan (*sedimentation*)

Erosi akan dipengaruhi oleh sifat hujan, tanah, derajat dan panjang lereng, adanya penutup tanah yang berupa vegetasi dan aktivitas manusia dalam hubungannya dengan pemakaian tanah.



Gambar 2.4 Hubungan Klasifikasi Faktor-Faktor Penyebab Erosi menurut USDA Dan Hudson-Soil Conservation-1976

Sumber : Kartasapoetra, 1985:41

2.2.2 Klasifikasi Erosi

Proses pengikisan kulit bumi secara alamiah disebut dengan erosi alam atau erosi geologi. Akibat dari erosi geologi ini tidak perlu dikhawatirkan karena terjadi dengan laju yang lambat yang memungkinkan terbentuknya tanah yang tebal yang mampu mendukung pertumbuhan vegetasi secara normal (Arsyad, 1989:30).

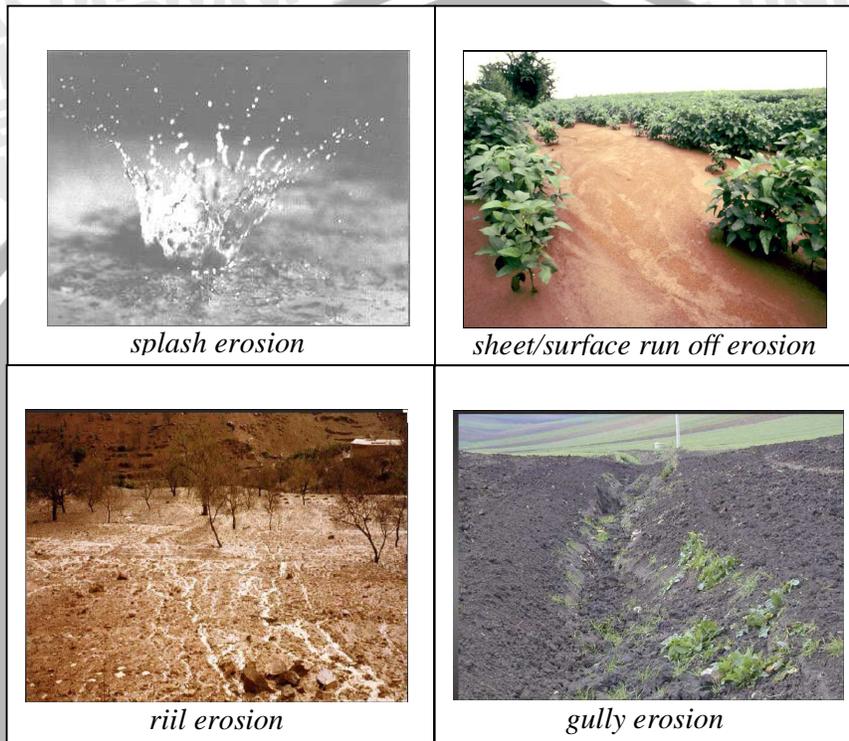
Sedangkan erosi dipercepat (*accelerated erosion*) merupakan suatu proses erosi yang berlangsung lebih cepat dibanding erosi geologi akibat rangsangan sejumlah kegiatan manusia, misal akibat usaha pertanian yang kurang memperhatikan masalah konservasi lahan.

Beberapa tipe erosi permukaan yang umum dijumpai di daerah tropis adalah sebagai berikut (Asdak, 2001 : 339) :

- 1) Erosi percikan (*splash erosion*) adalah proses terkelupasnya partikel-partikel tanah bagian atas oleh tenaga kinetik air hujan bebas atau sebagai air lolos.
- 2) Erosi kulit (*sheet erosion*) adalah erosi ketika lapisan tipis permukaan tanah di daerah berlereng terkikis oleh kombinasi air hujan dan air limpasan (*run off*).
- 3) Erosi alur (*riil erosion*) adalah pengelupasan yang diikuti pengangkutan partikel-partikel tanah oleh aliran air larian yang terkonsentrasi di dalam saluran-saluran air.
- 4) Erosi parit (*gully erosion*), membentuk jajaran parit yang lebih dalam dan lebar dan merupakan tingkat lanjutan dari erosi alur. Erosi parit dibedakan menjadi dua berdasarkan bentuk penampang melintangnya, yaitu parit bentuk V dan parit bentuk U. Erosi parit bentuk V terjadi pada tanah yang relatif dangkal dengan tingkat

erodibilitas (tingkat kerapuhan tanah) seragam. Erosi parit bentuk U umum terjadi pada tanah dengan erodibilitas rendah.

- 5) Erosi tebing sungai (*streambank erosion*) adalah pengikisan tanah pada tebing-tebing sungai dan penggerusan dasar sungai oleh aliran air sungai. Dua proses berlangsungnya erosi tebing sungai adalah oleh adanya gerusan aliran sungai dan oleh adanya longsor tanah pada tebing sungai.



Gambar 2.5 Macam-Macam Bentuk Erosi

2.2.3 Faktor-Faktor yang mempengaruhi Erosi

Erosi terjadi melalui proses penghancuran/pengikisan, pengangkutan dan pengendapan. Dengan demikian intensitas erosi ditentukan oleh faktor-faktor yang mempengaruhi ketiga proses tersebut. Hudson (1976) melihat erosi dari dua segi yaitu faktor penyebab, yang dinyatakan dalam erosivitas, dan faktor tanah yang dinyatakan dalam erodibilitas. Jadi kalau dinyatakan dalam fungsi maka :

$$E = f \{ \text{Erosivitas}, \text{Erodibilitas} \} \quad (2.1)$$

Di alam, proses erosi tidak hanya merupakan hasil kali erosivitas dan erodibilitas saja, tetapi juga dipengaruhi oleh faktor-faktor yang berpengaruh terhadap kedua variabel tersebut. Erosivitas dalam erosi air merupakan manifestasi hujan, dipengaruhi

oleh adanya vegetasi dan kemiringan, dan erodibilitas juga dipengaruhi oleh adanya vegetasi. Dan akhirnya aktivitas manusia tentunya juga sangat mempengaruhi faktor-faktor tersebut. Oleh karena itu dapat dikemukakan pula bahwa erosi adalah fungsi dari hujan (H), Tanah (T), Kemiringan (K), Vegetasi (V), dan Manusia (M). Jadi apabila dinyatakan dalam fungsi, maka :

$$E = f \{H,T,K,V,M\} \quad (2.2)$$

Artinya erosi akan dipengaruhi oleh sifat hujan, tanah, derajat dan panjang lereng. Adanya penutup tanah yang berupa vegetasi dan aktivitas manusia dalam hubungannya dengan pemakaian tanah. Secara garis besar faktor-faktor yang mempengaruhi besarnya laju erosi adalah: (Suripin, 2002:41)

a. Iklim

Faktor iklim yang besar pengaruhnya terhadap erosi tanah adalah hujan, temperatur, dan suhu. Diantara faktor-faktor tersebut yang paling berpengaruh adalah hujan. Hujan memainkan peranan dalam erosi tanah melalui tenaga pengelepasan dari pukulan butir-butir hujan pada permukaan tanah dan sebagian melalui kontribusinya terhadap aliran.

b. Tanah

Sifat-sifat fisik tanah menentukan besar kecilnya indeks erodibilitas tanah. yang menunjukkan tingkat kepekaan tanah untuk tererosi. Dalam kaitannya dengan konservasi tanah dan air, sifat fisik tanah yang berpengaruh meliputi : tekstur, struktur, infiltrasi, dan kandungan bahan organik.

c. Topografi

Faktor topografi dinyatakan dalam kemiringan dan panjang lereng. Kombinasi variabel ini menyebabkan laju erosi tanah tidak proporsional tetapi meningkat.

d. Vegetasi

Vegetasi mempunyai pengaruh yang bersifat melawan terhadap faktor-faktor lain yang erosif seperti hujan, topografi, dan karakteristik tanah. Vegetasi atau tanaman memiliki sifat pelindung tanah dari pukulan butir-butir hujan dan dapat memperbaiki struktur tanah dengan bantuan akar-akarnya.

e. Kegiatan manusia

Kegiatan manusia dikenal sebagai salah satu faktor paling penting terhadap terjadinya erosi tanah yang cepat dan intensif. Kegiatan tersebut kebanyakan berkaitan dengan perubahan faktor-faktor yang berpengaruh terhadap erosi,

misalnya perubahan penutup tanah akibat penggundulan hutan untuk pemukiman, lahan pertanian dan lainnya.

2.2.4 Pendugaan Laju Erosi Menggunakan Metode USLE(*Universal Soil Loss Equation*)

USLE (*Universal Soil Loss Equation*) merupakan salah satu persamaan yang pertama kali dikembangkan untuk mempelajari erosi lahan. USLE memungkinkan perencanaan untuk memprediksi laju erosi tahunan rata-rata suatu lahan tertentu pada suatu kemiringan dengan pola hujan tertentu untuk setiap macam jenis tanah dan penerapan pengelolaan lahan (tindakan konservasi lahan). USLE dirancang untuk memprediksi erosi jangka panjang dari erosi lembar (sheet erosion) dan erosi alur di bawah kondisi tertentu. Persamaan dapat juga digunakan untuk memprediksi erosi pada lahan-lahan non pertanian, tetapi tidak dapat digunakan untuk memprediksi pengendapan dan tidak memperhitungkan hasil edimen dari erosi parit, tebing sungai, dan dasar sungai.

USLE dikembangkan di USDA-SCS (United State Department of Agriculture Soil Conservation Services) bekerjasama dengan Universitas Purdue oleh Wischmeier and Smith, 1965 (dalam Williams and Berndt, 1972; Morgan, 1988; Selbe, 1993; dan Renard et.al., 1996). Berdasarkan analisis statistic terhadap lebih dari 10.000 tahun data erosi dan aliran permukaan, parameter fisik dan pengelolaan dikelompokkan menjadi lima variabel utama yang nilainya untuk setiap tempat dapat dinyatakan secara numeris dalam suatu persamaan sebagai berikut :

$$A = R \times K \times L S \times C \times P \quad (2.3)$$

dimana :

A = Banyaknya tanah tererosi (ton/ha/tahun)

R = Faktor erosivitas hujan dan aliran permukaan (KJ/ha)

K = Faktor erodibilitas tanah (ton/KJ)

LS= Faktor panjang-kemiringan lereng

C = Faktor tanaman/ faktor vegetasi penutup tanah

P = Faktor tindakan pengelolaan tanaman

A. Faktor Indeks Erosivitas Hujan (R)

Erosivitas merupakan kemampuan hujan untuk menyebabkan terjadinya erosi.

Untuk menghitung indeks erosivitas, dibutuhkan data curah hujan yang diperoleh dari

stasiun pencatat curah hujan. Ada dua macam alat pencatat curah hujan yaitu alat pencatat curah hujan otomatis dan alat pencatat curah hujan manual atau sederhana.

Kemampuan air hujan sebagai penyebab terjadinya erosi adalah bersumber dari laju dan distribusi tetesan air hujan yang akan mempengaruhi besarnya energi kinetik hujan. Oleh karena itu erosivitas sangat berkaitan dengan energi kinetik hujan (Asdak, 2001:357).

B. Faktor Erodibilitas Tanah (K)

Faktor erodibilitas tanah (K) adalah besaran yang menunjukkan kemampuan tanah dalam menahan daya pemecahan tanah oleh air hujan. Besarnya faktor erodibilitas tanah sangat dipengaruhi oleh tekstur tanah, kandungan bahan organik, struktur tanah, dan permeabilitas tanah. Dimana masing-masing tanah mempunyai ketahanan yang berbeda terhadap erosi. Jadi tanah yang memiliki nilai erodibilitas (K) yang tinggi dengan curah hujan yang sama, akan lebih mudah tererosi daripada tanah dengan tingkat erodibilitas (K) rendah.

Tanah dengan partikel tanah yang berukuran besar akan tahan terhadap erosi karena sukar diangkut, demikian juga tanah yang didominasi oleh partikel yang berukuran halus, sebab adanya pengikatan oleh bahan semen. Sedangkan tanah yang mudah tererosi adalah tanah berdebu dan pasir halus.

C. Faktor Panjang Lereng (L) dan Kemiringan Lereng (S)

Sifat lereng yang mempengaruhi energi penyebab erosi adalah kemiringan (slope), panjang lereng dan bentuk lereng (Utomo, 1987:83). Kemiringan lereng mempengaruhi kecepatan dan volume limpasan permukaan. Semakin curam suatu lereng, maka laju limpasan permukaan akan semakin cepat, dan laju infiltrasi juga akan berkurang sehingga volume limpasan permukaan semakin besar. Panjang lereng ini mempengaruhi energi untuk erosi, terutama karena panjang lereng mempengaruhi volume limpasan sehingga juga mempengaruhi kemampuan untuk membuat tanah tererosi.

Penelitian yang dilakukan untuk mengetahui pengaruh bentuk lereng terhadap erosi masih terbatas. Untuk lahan dengan derajat kemiringan dan panjang lereng yang sama, erosi dari lereng berbentuk cembung akan lebih besar apabila dibandingkan dengan erosi dari lereng berbentuk cekung (Utomo, 1987:87)

Untuk menghitung nilai LS, Morgan, 1979 menggunakan persamaan sebagai berikut (Utomo, 1987:147):

$$LS = \sqrt{\frac{L}{100}} \cdot (0,136 + 0,0975S + 0,0139S^2) \quad (2.4)$$

dengan :

LS : Faktor panjang dan kemiringan lereng

L : Panjang lereng (m)

S : Kemiringan lereng (%)

D. Faktor Tanaman (C)

Faktor tanaman (C) ialah perbandingan antara besarnya erosi dari lahan yang ditanami suatu jenis tanaman terhadap besarnya erosi tanah yang tidak ditanami dan diolah bersih (Arsyad, 2000:254).

Hasil penelitian Pusat Penelitian Tanah Bogor terhadap daerah di Jawa, nilai faktor C berbagai tanaman dan pengelolaan tanaman seperti pada Tabel 2.1 berikut sebagai perkiraan.

Tabel 2.1 Nilai Faktor C untuk Berbagai Jenis Tanaman dan Pengelolaan Tanaman

Jenis Tanaman/ Guna Lahan	Nilai C
Tanaman rumput (<i>Brachiaria sp.</i>)	0,290
Tanaman kacang jogo	0,161
Tanaman Gandum	0,242
Tanaman ubi kayu	0,363
Tanaman kedelai	0,399
Tanaman serai wangi	0,434
Tanaman padi lahan kering	0,560
Tanaman padi lahan basah	0,010
Tanaman jagung	0,637
Tanaman jahe, cabe	0,900
Tanaman kentang ditanam searah lereng	1,000
Tanaman kentang ditanam searah kontur	0,350
Pola tanam tumpang gilir (jagung+padi+ubi kayu setelah panen ditanami kacang tanah) + mulsa jerami (6ton/ha/th)	0,079
Pola tanam berurutan + mulsa sisa tanaman	0,347
Pola tanam berurutan (padi-jagung-kacang tanah)	0,398
Pola tanam tumpang gilir + mulsa sisa tanaman	0,357
Kebun campuran	0,200
Ladang berpindah	0,400
Tanah kosong diolah	1,000
Tanah kosong tidak diolah	0,950
Hutan tidak terganggu	0,001
Semak tidak terganggu	0,010
Alang-alang permanen	0,020
Alang-alang dibakar	0,700
Sengon disertai semak	0,012
Sengon tidak disertai semak dan tanpa seresah	1,000
Pohon tanpa semak	0,320
Tegalan tidak disesifikasi	0,700
Kacang tanah	0,200
Tebu	0,200
Pisang	0,600
Rumput bede (tahun pertama)	0,287
Rumput bede (tahun kedua)	0,002

Bersambung ke halaman 22

Lanjutan Tabel 2.1 Nilai Faktor C untuk Berbagai Jenis Tanaman dan Pengelolaan Tanaman

Jenis Tanaman/ Guna Lahan	Nilai C
Kopi dengan penutup tanah buruk	0,200
Talas	0,850
Kebun campuran : - kerapatan tinggi	0,100
- kerapatan sedang	0,200
- kerapatan rendah	0,500
Hutan alam serasah kurang	0,005
Hutan produksi : - tebang habis	0,500
- tebang pilih	0,200
Semak belukar/padang rumput	0,300
Ubi kayu + kedelai	0,181
Ubi kayu + kacang tanah	0,195
Padi – sorghum	0,345
Padi – kedelai	0,417
Kacang tanah + gude	0,495
Kacang tanah + kacang tunggak	0,571
Kacang tanah + mulsa jerami 4 ton/ha	0,049
Padi + mulsa jerami 4 ton/ha	0,096
Kacang tanah + mulsa jagung 4 ton/ha	0,128
Kacang tanah + mulsa Crotalaria 3 ton/ha	0,136

Sumber : Asdak, 2002 : 373 dan Arsyad, 2000:258

E. Faktor Konservasi (P)

Nilai faktor tindakan manusia dalam konservasi tanah (P) adalah nisbah antara besarnya erosi rata-rata dari lahan dengan suatu tindakan konservasi tertentu terhadap besarnya erosi pada lahan tanpa tindakan konservasi, dengan catatan faktor-faktor penyebab erosi yang lain diasumsikan tidak berubah. Berikut nilai faktor P pada berbagai aktivitas konservasi tanah di Jawa seperti yang ditunjukkan pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2 Nilai Faktor P Pada Berbagai Aktivitas Konservasi Tanah

Teknik Konservasi Tanah	Nilai P
1. Teras bangku :	
a. Konstruksi baik	0,04
b. Konstruksi sedang	0,15
c. Konstruksi kurang baik	0,35
d. Teras Tradisional	0,40
2. Strip tanaman rumput Bahia	0,40
3. Pengolahan tanah dan penanaman menurut garis kontur :	
a. kemiringan 0-8 %	0,50
b. kemiringan 9-20 %	0,75
c. kemiringan >20 %	0,90
4. Tanpa tindakan konservasi	1,00

Sumber : Arsyad, 2000 : 259

Penilaian faktor P di lapangan lebih mudah digabungkan dengan faktor C karena dalam kenyataannya, kedua faktor tersebut berkaitan erat. Beberapa nilai faktor CP yang telah berhasil ditentukan berdasarkan penelitian di Pulau Jawa ditunjukkan pada Tabel 2.3.

Tabel 2.3 Perkiraan Nilai Faktor CP Berbagai Jenis Penggunaan Lahan

No.	Konservasi dan Pengelolaan Tanaman	Nilai CP
1.	Lahan tanpa tanaman	1,000
2.	Hutan :	
	a. Tak terganggu	0,001
	b. Tanpa tanaman bawah	0,030
	c. Tanpa tanaman bawah dan serasah	0,500
3.	Semak :	
	a. Tak terganggu	0,010
	b. Sebagian berumput	0,100
4.	Kebun :	
	a. Campuran asli	0,020
	b. Kebun	0,070
	c. Pekarangan	0,200
5.	Perkebunan :	
	a. Penutupan tanah sempurna	0,010
	b. Penutupan tanah sebagian	0,070
6.	Perumputan :	
	a. Penutupan tanah sebagian, ditumbuhi alang-alang	0,020
	b. Pembakaran alang-alang setahun sekali	0,060
	c. Serai wangi (<i>Citronella grass</i>)	0,650
	d. Savanna dan padangrumput	0,010
	e. Rumput <i>Brochioria</i>	0,002
7.	Perladangan :	
	a. 1 tahun tanam, 1 tahun berom	0,280
	b. 1 tahun tanam, 2 tahun berom	0,190
8.	Tanaman pertanian :	
	a. umbi-umbian	0,630
	b. biji-bijian	0,510
	c. kacang-kacangan	0,360
	d. tembakau	0,580
	e. kapas, tembakau	0,500
	f. campuran	0,430
	g. padi irigasi	0,020
9.	Pertanian dengan konservasi :	
	a. Mulsa jerami	0,06 – 0,20
	b. Mulsa kacang tanah	0,20 – 0,40
	c. Strip	0,10 – 0,30
	d. Strip <i>Crotalaria</i>	0,64
	e. Teras bangku	0,040
	f. Teras guludan (<i>contour cropping</i>)	0,140

Sumber : Utomo, 1994:151 dan Asdak, 2002:376

2.3 Perkiraan Kekritisan Lahan

2.3.1 Erosi yang Diperbolehkan (*Permissible Erosion*)

Penetapan batas tertinggi laju erosi yang masih dapat dibiarkan atau ditoleransikan, adalah perlu karena tidak mungkin menekan laju erosi menjadi nol dari tanah-tanah yang diusahakan untuk pertanian terutama pada tanah-tanah yang berlereng (Arsyad, 2000). Erosi merupakan proses alamiah yang tidak bisa untuk dihilangkan sama sekali atau tingkat erosinya nol, khususnya untuk lahan-lahan yang diusahakan untuk pertanian. Tindakan yang dilakukan adalah mengusahakan supaya erosi yang

terjadi masih di bawah ambang batas yang maksimum (*permissible erosion*), yaitu besarnya erosi yang terjadi tidak melebihi laju pembentukan tanah

Erosi yang diperbolehkan adalah kecepatan erosi yang masih berada di bawah laju pembentukan tanah. Laju erosi yang dinyatakan dalam mm/tahun atau ton/ha/tahun yang terbesar yang masih dapat dibiarkan atau ditoleransikan agar terpelihara suatu kedalaman tanah yang cukup bagi pertumbuhan tanaman/tumbuhan yang memungkinkan tercapainya produktivitas yang tinggi secara lestari disebut erosi yang masih dapat dibiarkan atau ditoleransikan disebut nilai T.

Terdapat beberapa cara dalam menentukan nilai T dan besarnya nilai T tanah pada beberapa negara telah ditetapkan. Thompson (1957) menyarankan sebagai pedoman penetapan nilai T dengan menggunakan kedalaman tanah, permeabilitas lapisan bawah dan kondisi substratum. Di Indonesia sendiri, hasil penelitian Hardjowigeno (1987) menetapkan besarnya T maksimum untuk tanah-tanah di Indonesia adalah 2,5 mm per tahun, yaitu untuk tanah dalam dengan lapisan bawah (*subsoil*) yang permeabel dengan substratum yang tidak terkonsolidasi (telah mengalami pelapukan). Tanah-tanah yang kedalamannya kurang atau sifat-sifat lapisan bawah yang lebih kedap air atau terletak di atas substratum yang belum melapuk, nilai T harus lebih kecil dari 2,5 mm per tahun (Arsyad,2000). Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada tabel 2.4.

Tabel 2.4 Nilai Batas Maksimum Erosi yang Diperbolehkan untuk Tanah di Indonesia

No.	Sifat Tanah dan Substratum	Batas Erosi Yang Diperbolehkan (T)	
		(ton/ha/th)	(mm/th)
1	Tanah sangat dangkal di atas batuan	0,0	0,0
2	Tanah sangat dangkal di atas bahan telah melapuk (tidak terkonsolidasi)	4,8	0,4
3	Tanah dangkal di atas bahan telah melapuk	9,6	0,8
4	Tanah dengan kedalaman sedang di atas bahan telah melapuk	14,4	1,2
5	Tanah yang dalam dengan lapisan bawah yang kedap air di atas subsrata yang telah melapuk	16,8	1,4
6	Tanah yang dalam dengan lapisan bawah berpermeabilitas lambat, di atas subsrata telah melapuk	19,2	1,6
7	Tanah yang dalam dengan lapisan bawahnya berpermeabilitas sedang, di atas subsrata telah melapuk	24,0	2,0
8	Tanah yang dalam dengan lapisan bawah yang permeabel, di atas subsrata telah melapuk	30,0	2,5

Sumber : Arsyad., 2000:244

- $\frac{\text{ton/ha/th}}{\text{berat volume tanah}} = \text{mm/tahun}$
- Berat volume tanah berkisar antara 0,8 sampai 1,6 gr/cc akan tetapi pada umumnya tanah-tanah berkadar liat tinggi mempunyai berat volume antara 1,0 sampai 1,2 gr/cc

2.3.2 Indeks Bahaya Erosi

Besarnya nilai bahaya erosi dinyatakan dalam Indeks Bahaya Erosi yang didefinisikan sebagai berikut (Hammer,1981 dalam Arsyad, 2000):

$$\text{Indeks Bahaya Erosi} = \frac{\text{Erosi Potensial (ton/ha/th)}}{T \text{ (ton/ha/th n)}} \quad (2.5)$$

Dengan T adalah besarnya erosi yang masih diperbolehkan, besarnya indeks bahaya erosi dapat ditentukan sebagaimana tertera pada Tabel 2.5.

Tabel 2.5 Klasifikasi Indeks Bahaya Erosi

Nilai Indeks Bahaya Erosi	Kelas
< 1,0	Rendah
1,01 - 4,0	Sedang
4,01 – 10,0	Tinggi
> 10,01	Sangat Tinggi

Sumber : Hammer (1981) dalam Arsyad (2000)

2.3.3 Tingkat Bahaya Erosi (TBE)

Tingkat bahaya erosi (TBE) diperoleh dengan cara membandingkan tingkat laju erosi pada suatu unit lahan dengan kedalaman efektif. Klasifikasi tingkat bahaya erosi dapat dilihat pada Tabel 2.6.

Tabel 2.6 Klasifikasi Tingkat Bahaya Erosi

Erosi Solum Tanah (cm)	Kelas Bahaya Erosi (ton/ ha/ tahun)				
	I (<15)	II (15-60)	III (60-180)	IV (180-480)	V (>480)
A. Dalam (> 90)	SR	R	S	B	SB
B. Sedang (60-90)	R	S	B	SB	SB
C. Dangkal (30-60)	S	B	SB	SB	SB
D. Sangat Dangkal (<30)	B	SB	SB	SB	SB

Sumber : Utomo, WH, 1994;59

Keterangan :

SR = Sangat Ringan

S = Sedang

B = Berat

R = Ringan

SB = Sangat Berat

2.4 Klasifikasi Kemampuan Lahan

Pekerjaan yang dilakukan untuk menilai faktor-faktor yang menentukan daya guna lahan, kemudian mengelompokkan atau menggolongkan penggunaan lahan sesuai dengan sifat yang dimilikinya disebut klasifikasi kemampuan lahan (*Land Capability Classification*). Dalam pekerjaan klasifikasi kemampuan lahan yang dinilai hanyalah faktor pembatasan lahan, jadi hanya kualitas lahan. Lebih khusus lagi kualitas lahan dalam hubungannya dengan erosi. Dalam pekerjaan kesesuaian lahan, disamping faktor pembatas (kualitas lahan) juga dinilai keperluan (*requirement*) tanaman yang akan

dusahakan. Kualitas lahan juga lebih luas, tidak saja yang berhubungan dengan erosi, tetapi juga faktor yang mempengaruhi pertumbuhan tanaman, misalnya derajat keasaman dan kesuburan tanah.

Pada dasarnya sistem klasifikasi kemampuan lahan yang digunakan pada banyak negara dewasa ini adalah dikembangkan dari sistem USDA. USDA telah mengembangkan sistem klasifikasi kemampuan lahan yang banyak digunakan di negara-negara agraris, termasuk Indonesia, yaitu (Utomo, 1994: 75):

a. Divisi

Pembagian lahan menjadi divisi berdasarkan pada mampu tidaknya suatu lahan untuk diusahakan menjadi lahan pertanian. Ada 2 divisi lahan, yaitu divisi (1) untuk lahan yang dapat diusahakan menjadi lahan pertanian dan divisi (2) untuk lahan yang tidak dapat dijadikan sebagai lahan pertanian.

b. Kelas

Kelas merupakan klasifikasi kemampuan tanah yang lebih detail dari pada divisi. Penggolongan dalam kelas berdasarkan pada intensitas faktor pembatas yang tidak dapat diubah, yaitu kelerengan lahan, tekstur tanah, kedalaman efektif, kondisi drainase tanah, dan tingkat erosi yang terjadi.

Lahan dikelompokkan ke dalam kelas I sampai VIII. Ancaman kerusakan dan besarnya faktor penghambat meningkat seiring dengan bertambahnya kelas kemampuan lahan. Tanah kelas I-IV merupakan lahan yang sesuai untuk usaha pertanian, sedangkan kelas V-VIII tidak sesuai untuk usaha pertanian. Walaupun dipaksakan untuk usaha pertanian, dikhawatirkan akan mendapatkan hasil yang tidak optimal, membutuhkan biaya yang sangat tinggi, maupun dapat merusak kondisi lahan.

Tabel 2.7 Deskripsi Kelas Kemampuan Lahan

Kelas	Deskripsi
<i>Lahan yang cocok untuk pertanian dan pemakaian lainnya</i>	
Kelas I	Lahan kelas ini merupakan lahan serbaguna (biasanya berupa sawah irigasi dengan tanaman padi sedikitnya 2 kali panen setahun), tanahnya dalam (>90 cm), drainase baik, tidak terpengaruh kekeringan, hara cukup tersedia, dan responsif terhadap pemakaian pupuk. Lereng kurang dari 4% serta tidak terancam banjir dan erosi.
Kelas II	Lahan kelas ini mempunyai pembatas fisik ringan jika digarap untuk tanaman pertanian tanpa teras dan biasanya berupa sawah irigasi dimana ketersediaan air secara normal memungkinkan sedikitnya 2 kali panen setahun, rentan terhadap pengendapan dan erosi, kedalaman tanah sedang (60-90 cm), dan bertekstur halus sampai agak kasar. Iklim yang kurang menguntungkan bersifat ringan; bulan kering sampai dengan 5 bulan berturut-turut dengan curah hujan < 100 mm/bln, dan 7-9 bulan basah dengan curah hujan > 200 mm/bln.

Lanjutan Tabel 2. 7 Deskripsi Kelas Kemampuan Lahan

Kelas	Deskripsi
Kelas III	Lahan yang tergolong kelas III memiliki keterbatasan yang agak banyak dibanding kelas II, rentan terhadap pengendapan dan erosi, kesuburan alami rendah, kedalaman tanah dangkal sampai sedang (30-60 cm). Iklim yang kurang menguntungkan bersifat sedang; bulan kering sampai dengan 6 bulan berturut-turut dengan curah hujan < 100 mm/bln, dan 5-6 bulan basah dengan curah hujan > 200 mm/bln. Sesuai untuk segala bentuk usaha tani, agroforestry, dan padang rumput serta hutan produksi.
Kelas IV	Lahan pada kelas ini mempunyai pembatas fisik berat dengan kesuburan alami rendah, kedalaman tanah sangat dangkal sampai dangkal (15-30 cm). Iklim yang kurang menguntungkan tinggi; bulan kering sampai dengan 5 bulan berturut-turut dengan curah hujan < 100 mm/bln, dan 3-4 bulan basah dengan curah hujan > 200 mm/bln. Sering terjadi pada ketinggian 750 m dpl. Sesuai untuk budidaya tanaman pertanian umum, agroforestry, dan padang rumput serta hutan produksi.
Lahan yang penggunaannya terbatas – biasanya tidak cocok untuk usaha pertanian	
Kelas V	Lahan kelas V memiliki kedalaman tanah sangat dangkal (< 15 cm) dan atau terdapat banyak batu pada seluruh profil. Pembatas iklim ringan untuk padang rumput dan hutan produksi dengan 6-7 bulan kering berturut-turut (curah hujan < 100 mm/bln) dan 3-5 bulan basah (curah hujan > 200 mm/bln). Lahan ini sesuai untuk padang rumput, agroforestry, hutan, dan juga sesuai untuk budidaya tanaman pertanian umum jika teras bangku dapat dibuat.
Kelas VI	Lahan kelas VI adalah lahan dengan kemiringan lereng duram sampai sangat curam (35-65%), kedalaman tanah sangat dangkal (10-15 cm) pada lahan datar atau sedikit miring, banyak batu-batu terdapat di seluruh profil. Pembatas iklim sedang dimana bulan kering berlangsung selama 3 bulan berturut-turut dengan curah hujan < 100 mm/bln dan bulan basah 2 bulan berturut-turut (curah hujan > 200 mm/bln). Paling sesuai untuk agroforestry, hutan produksi, atau padang rumput.
Kelas VII	Lahan kelas VII biasanya terletak pada kemiringan yang sangat curam sampai terjal (45-85%), kedalaman tanah amat sangat dangkal (<10 cm) dan batu-batu banyak sekali, kesuburan alami sangat rendah, pembatas iklim berat untuk padang rumput dan hutan produksi dengan bulan kering 4-7 bulan berturut-turut dengan curah hujan < 100 mm/bln serta bulan basah sampai dengan 2 bulan (curah hujan >200 mm/bln). Lebih sesuai untuk hutan, padang rumput, dan agroforestry pola kayu/rumput.
Kelas VIII	Lahan kelas VIII mempunyai pembatas fisik yang sangat berat seperti lereng yang terjal (lebih 85%), kondisi tanah amat sangat buruk, sering mengalami banjir yang merusakkan, drainase sangat jelek sehingga rumput tidak bisa tumbuh. Kelas ini lebih sesuai untuk dijadikan hutan lindung atau suaka alam.

Sumber : Fletcher & Gibb, 1990:44

KELAS KEMAMPUAN LAHAN		Intensitas dan Macam Penggunaan Meningkatkan									
		Cagar Alam	Hutan	Pengembalaan Terbatas	Pengembalaan Sedang	Pengembalaan Intensif	Pertanian Terbatas	Pertanian Sedang	Pertanian Intensif	Pertanian Sangat Intensif	
Hambatan / Ancaman	Meningkat	↓	I								
			II								
			III								
			IV								
Pilihan Penggunaan	Berkurang		V								
			VI								
			VII								
			VIII								

Gambar 2.6 Skema Hubungan antara Kelas Kemampuan Lahan dengan Intensitas dan Macam Penggunaan Lahan

Sumber : Hardjowigeno, 1995 dalam Suripin, 2001:168

c. Subkelas

Subkelas adalah pembagian lebih lanjut dari kelas berdasarkan jenis faktor penghambat dominan, yaitu bahaya erosi (e), genangan air (w), penghambat terhadap perakaran tanaman (s) dan iklim (c). Jenis-jenis faktor penghambat ditulis di belakang angka kelas, misalnya IIIe artinya lahan kelas III yang mempunyai tingkat erosi tinggi. Subkelas erosi terdapat pada lahan yang masalah utama yaitu terjadinya erosi. Ancaman erosi dapat berasal dari kecuraman lereng dan kepekaan erosi tanah.

d. Satuan Pengelolaan

Kemampuan lahan dalam tingkat satuan pengelolaan memberi keterangan yang lebih spesifik tentang cara pengelolaan lahan tersebut. Dalam klasifikasi kemampuan satuan pengelolaan lahan diberi simbol dengan menambahkan angka-angka Arab di belakang simbol subkelas, yang menunjukkan besarnya tingkat faktor penghambat. Misalnya IIIe₃ menunjukkan lahan kelas III dengan faktor penghambat erosi sedang.

Faktor-faktor klasifikasi pada tingkat kelas adalah faktor pembatas yang bersifat permanen dan digolongkan berdasarkan besarnya intensitas faktor penghambat. Adapun

faktor-faktor penghambat berupa faktor lereng, tekstur, permeabilitas, kedalaman efektif (solum) tanah, drainase, gejala erosi yang terjadi, dan faktor khusus (Utomo, 1994:76).

2.4.1 Lereng

Di Indonesia, pengelompokan kemiringan dijadikan 7 kelas (sesuai dengan sistem USDA), yaitu:

- l_0 : Datar (0 – 3%)
- l_1 : landai / berombak (3 – 8%)
- l_2 : agak miring/bergelombang (8 – 15%)
- l_3 : miring berbukit (15 – 30%)
- l_4 : agak curam (30 – 45%)
- l_5 : curam (45 – 65%)
- l_6 : sangat curam (> 65%)

2.4.2 Tekstur

Tekstur yang dimaksud disini adalah tekstur tanah atas. Kelas tekstur yang digunakan adalah 12 kelas tekstur USDA yang dikelompokkan menjadi 5 kelompok:

- t_1 = Tanah bertekstur halus : meliputi lempung kepasiran, lempung keliatan, dan lempung.
- t_2 = Tanah bertekstur agak halus : meliputi geluh lempung kepasiran, geluh kelempungan, dan geluh lempung keliatan.
- t_3 = Tanah bertekstur sedang : meliputi geluh, geluh keliatan, dan liat.
- t_4 = Tanah bertekstur agak kasar : meliputi geluh kepasiran.
- t_5 = Tanah bertekstur kasar : meliputi pasir kegeluhan dan pasir.

2.4.3 Permeabilitas

Permeabilitas adalah kemampuan tanah untuk mengalirkan air dan udara. Secara kuantitatif yang dimaksud permeabilitas adalah aliran air pada tanah jenuh per satuan waktu pada gradien hidraulik tertentu. Pada umumnya kelas permeabilitas yang dipakai adalah sistem USDA, dengan sedikit modifikasi untuk masing-masing negara. Contoh modifikasi kelas permeabilitas di beberapa Negara tampak pada Tabel 2.8.

Tabel 2.8 Kelas Permeabilitas menurut sistem USDA, Indonesia dan Philipina

Tingkat Permeabilitas (cm per jam)	USDA	Filipina	Indonesia
< 0.125	Sangat lambat	(1)	
0.125 – 0.5	Lambat	(2)	1
0.5 – 2.0	Agak Lambat	(3)	2
2.0 – 6.25	Sedang	(4)	3
6.25 – 12.5	Agak cepat	(5)	4

Bersambung ke halaman 30

Lanjutan Tabel 2. 8 Kelas Permeabilitas menurut sistem USDA, Indonesia dan Philipina

Tingkat Permeabilitas (cm per jam)	USDA	Filipina	Indonesia
12.5 – 25.0	Cepat	(6)	3
> 25.0	Sangat cepat	(7)	4

Catatan: Untuk Indonesia, $P_1 (<0.5)$, dan $P_5 (>12.5)$

2.4.4 Kedalaman Efektif (Solum) Tanah

Kedalaman efektif adalah kedalaman tanah sampai sejauh mana tanah dapat ditumbuhi akar, menyimpan cukup air dan hara. Jadi pada umumnya kedalaman efektif dibatasi adanya kerikil dan bahan induk atau lapisan keras yang lain sehingga tidak lagi dapat ditembus akar tanaman.

Dalam sistem USDA, dikenal 4 kelas kedalaman efektif yang dipakai di Indonesia (Utomo, WH,1994:78) yaitu:

- k_0 : dalam, > 90 cm
- k_1 : sedang, 60 – 90 cm
- k_2 : dangkal, 30 – 60 cm
- k_3 : sangat dangkal, < 30 cm

2.4.5 Drainase

Drainase menggambarkan tata air pada suatu daerah. Keadaan drainase dilihat dari warna profil tanah, ada 5 kelas drainase (Utomo, WH,1994:78) yaitu:

- d_1 : baik ; tanah mempunyai peredaran udara yang baik. Seluruh profil tanah dari atas sampai lapisan bawah berwarna terang seragam, tidak terdapat bercak-bercak.
- d_2 : Agak baik; tanah mempunyai peredaran udara baik. Tidak terdapat bercak-bercak berwarna kuning, coklat atau kelabu pada lapisan atas dan bagian lapisan bawah.
- d_3 : Agak buruk; lapisan tanah atas mempunyai peredaran udara baik, jadi pada lapisan ini tidak terdapat bercak-bercak berwarna kuning, kelabu atau coklat. Pada seluruh lapisan tanah bawah terdapat bercak-bercak kuning kelabu atau coklat.
- d_4 : Buruk; Pada tanah atas bagian bawah dan seluruh lapisan tanah terdapat bercak-bercak kuning dan kelabu atau coklat.
- d_5 : Sangat buruk; seluruh lapisan permukaan tanah berwarna kelabu atau terdapat bercak-bercak kelabu, coklat atau kekuningan. Terdapat air yang menggenang

di permukaan tanah dalam waktu yang lama sehingga menghambat pertumbuhan tanaman.

2.4.6 Kepekaan Erosi

Kepekaan tanah terhadap erosi dikelompokkan menjadi:

- KE₁ = 0,00 sampai 0,1 : sangat rendah
- KE₂ = 0,11 sampai 0,2 : rendah
- KE₃ = 0,21 sampai 0,32 : sedang
- KE₄ = 0,33 sampai 0,43 : agak tinggi
- KE₅ = 0,44 sampai 0,56 : tinggi
- KE₆ = 0,56 sampai 0,64 : sangat tinggi

2.4.7 Gejala Erosi yang Terjadi

Penilaian erosi didasarkan pada gejala erosi yang sudah terjadi. Kerusakan karena erosi dikelompokkan menjadi 5 kelompok (Utomo, WH,1994:78) yaitu :

- e₀ : Tidak ada erosi
- e₁ : Ringan, jika 25% lapisan tanah atas hilang
- e₂ : Sedang, jika 25% – 75% lapisan tanah atas hilang
- e₃ : Berat, jika 75% lapisan tanah atas hilang dan 25% lapisan tanah bawah hilang
- e₄ : Sangat berat, jika lebih dari 25% lapisan bawah hilang

Tabel 2.9 Klasifikasi Kelas Kemampuan Lahan

Faktor Pembatas	Kelas Kemampuan							
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
1. Tekstur tanah	t ₁ /t ₂ /t ₃	t ₁ /t ₂ /t ₃	t ₁ /t ₂ /t ₃ /t ₄	t ₁ /t ₂ /t ₃ /t ₄	*	t ₁ /t ₂ /t ₃ /t ₄	t ₁ /t ₂ /t ₃ /t ₄	t ₅
2. Permeabilitas	p ₂ /p ₃	p ₂ /p ₃	p ₂ /p ₃ /p ₄	p ₂ /p ₃ /p ₄	p ₁	*	*	p ₅
3. Lereng (%)	l ₀	l ₁	l ₂	l ₃	*	l ₄	l ₅	l ₆
4. Kepekaan Erosi	KE ₁ /KE ₂	KE ₃	KE ₄ /KE ₅	KE ₆	*	*	*	*
5. Drainase	d ₁	d ₂	d ₃	d ₄	d ₅	**	**	d ₅
6. Kedalaman Efektif	k ₀	k ₁	k ₂	k ₂	*	k ₃	*	*
7. Gejala Erosi yang Terjadi	e ₀	e ₁	e ₂	e ₃	**	e ₄	e ₅	*

*) Dapat mempunyai nilai faktor penghambat dari kelas yang lebih rendah.

**) Permukaan tanah selalu tergenang.

Sumber : Utomo, WH, 1994:80

2.5 Pola Rehabilitasi dan Konservasi Tanah

2.5.1 Arahan Pemanfaatan Lahan

Arahan dalam RLKT masih bersifat umum dan merupakan hasil analisis atau perumusan yang didasarkan, sebagian besar, pada faktor-faktor biofisik. Faktor-faktor sosial ekonomi-budaya belum banyak dijadikan masukan atau pertimbangan dalam perencanaan pola RLKT. Arahan pengaturan lahan lebih ditekankan pada fungsi masing-masing kawasan, yaitu kawasan lindung, kawasan penyangga dan kawasan budidaya.

Arahan penggunaan lahan ditetapkan berdasarkan kriteria dan tata cara penetapan hutan lindung dan hutan produksi yang berkaitan dengan karakteristik fisik DAS yaitu kemiringan lereng, jenis tanah dan kepekaannya terhadap erosi, dan curah hujan harian rata-rata. Kemiringan lereng dapat ditentukan dengan melihat garis-garis kontur pada peta topografi. Hasil interpretasi kemiringan ini kemudian dipetakan (peta kemiringan lereng). Jenis tanah diperoleh dari interpretasi peta tanah ditinjau dari DAS atau Sub DAS yang menjadi kajian. Besarnya curah hujan ditentukan dari data hujan dari stasiun penakar hujan yang terdekat.

Untuk karakteristik DAS yang terdiri dari kemiringan, jenis tanah dan curah hujan harian rata-rata pada setiap satuan lahan perlu diklasifikasi dan diberi bobot (skor) seperti yang tertera pada tabel 2.10.

Tabel 2.10 Faktor-Faktor Penentu Arahan Fungsi Kawasan

Faktor	Pembagian Kelas	Skor
Kemiringan lereng	Kelas 1 : 0 – 8% (datar)	20
	Kelas 2 : 8 – 15% (landai)	40
	Kelas 3 : 15 – 25% (agak curam)	60
	Kelas 4 : 25 – 45% (curam)	80
	Kelas 5 : \geq 45% (sangat curam)	100
Kepekaan tanah terhadap erosi	Kelas 1 : Aluvial, Planosol, Hidromorf kelabu, Laterik (tidak peka)	15
	Kelas 2 : Latosol (agak peka)	30
	Kelas 3 : Tanah hutan coklat, tanah medeteran (kepekaan sedang)	45
	Kelas 4: Andosol, Laterik, Grumosol, Podsol, Podsoil, Podsollic (peka)	60
	Kelas 5 : Regosol, Litosol, Organosol, Renzira (sangat peka)	75
Intensitas hujan harian rata-rata	Kelas 1 : \leq 13.6 mm/hari (sangat rendah)	10
	Kelas 2 : 13.6 – 20.7 mm/hari (rendah)	20
	Kelas 3 : 20.7 – 27.7 mm/hari (sedang)	30
	Kelas 4 : 27.7 – 34.8 mm/hari (tinggi)	40
	Kelas 5 : \geq 34.8 mm/hari (sangat tinggi)	50

Sumber : Asdak, 1995:414

Penetapan penggunaan lahan setiap satuan lahan ke dalam suatu kawasan fungsional dilakukan dengan menjumlahkan nilai skor ketiga faktor di atas dengan mempertimbangkan keadaan setempat. Dengan cara demikian, dapat dihasilkan

kawasan lindung, kawasan penyangga, dan kawasan budidaya. Berikut ini adalah kriteria yang digunakan oleh BRLKT (Balai Rehabilitasi Lahan dan Konservasi Tanah, Departemen Kehutanan) untuk menentukan status kawasan berdasarkan fungsinya :

A. Kawasan lindung

Satuan lahan dengan jumlah skor ketiga faktor fisiknya sama dengan atau lebih besar dari 175 dan memenuhi salah satu atau beberapa syarat di bawah ini:

- a) Mempunyai kemiringan lereng $> 45\%$.
- b) Tanah dengan klasifikasi sangat peka terhadap erosi dan mempunyai kemiringan lereng $> 15\%$.
- c) Merupakan jalur pengaman aliran sungai, sekurang-kurangnya 100 m di kiri-kanan alur sungai
- d) Merupakan pelindung mata air, yaitu 200 m dari pusat mata air.
- e) Berada pada ketinggian ≥ 2000 m dpl.
- f) Guna kepentingan khusus dan ditetapkan oleh Pemerintah sebagai kawasan lindung.

B. Kawasan Penyangga

Satuan lahan dengan jumlah skor ketiga faktor fisik antara 125 – 174 serta memenuhi kriteria umum sebagai berikut:

- a) Keadaan fisik areal memungkinkan untuk dilakukan budidaya pertanian secara ekonomis.
- b) Lokasinya secara ekonomis mudah dikembangkan sebagai kawasan penyangga.
- c) Tidak merugikan dari segi ekologi/lingkungan hidup.

C. Kawasan budidaya tanaman

Satuan lahan dengan jumlah skor ketiga faktor fisik ≤ 124 serta sesuai untuk dikembangkan usaha tani tanaman tahunan (tanaman perkebunan, tanaman industri). Selain itu areal tersebut harus memenuhi kriteria umum untuk kawasan penyangga.

D. Kawasan budidaya tanaman semusim

Satuan lahan dengan kriteria seperti dalam penetapan kawasan budidaya tanaman tahunan serta terletak di tanah milik, tanah adat, dan tanah negara yang seharusnya dikembangkan usaha tani tanaman semusim.

2.5.2 Usaha Konservasi

Masalah konservasi tanah adalah masalah menjaga agar struktur tanah tidak terdispersi, dan mengatur kekuatan gerak dan jumlah aliran permukaan. Berdasarkan hal tersebut, ada tiga cara pendekatan dalam konservasi tanah yaitu (Arsyad, 1989:113) :

1. Menutup tanah dengan tumbuh-tumbuhan dan tanaman atau sisa-sisa tanaman atau tumbuhan agar terlindung dari daya perusak butir-butir hujan yang jatuh.
2. Memperbaiki dan menjaga keadaan tanah agar resisten terhadap penghancuran agregat dan terhadap pengangkutan, dan lebih besar dayanya untuk menyerap air.
3. Mengatur air aliran permukaan agar mengalir dengan kecepatan yang tidak merusak dan memperbesar jumlah air terinfiltrasi kedalam tanah.

Metode konservasi tanah yang umum digunakan, antara lain :

A. Metode Vegetatif

Metode vegetatif memanfaatkan bagian-bagian dari tanaman untuk menahan air hujan agar tidak langsung mengenai tanah misalnya daun, batang dan ranting. Selain itu akar tanaman juga berfungsi untuk memperbesar kapasitas infiltrasi tanah. Metode vegetatif dalam pelaksanaannya meliputi kegiatan-kegiatan sebagai berikut:

- a) Reboisasi dan penghijauan
- b) Penanaman secara kontur
- c) Penanaman tanaman dalam Larikan (*Strip Cropping System*)
- d) Pergiliran tanaman (*Crop Rotation*)
- e) Tumpang Gilir (*Relay Cropping*)
- f) Tanaman Lorong (*Alley Cropping*)
- g) Pemulsaan.

B. Metode Mekanik

Usaha konservasi dengan cara mekanik bertujuan untuk memperkecil laju limpasan permukaan, sehingga daya rusaknya berkurang untuk menampung limpasan permukaan kemudian mengalirkannya melalui bangunan atau saluran yang telah dipersiapkan. Ada beberapa metode yang dapat digunakan (Utomo, 1994:85) :

- a) Pembuatan saluran pemisah. Saluran ini berfungsi agar limpasan permukaan dari lahan atas tidak masuk ke lahan, kemudian limpasan tersebut dialirkan melalui jalan air (Utomo,1989:85).
- b) Pembuatan teras. Pembuatan teras dimaksudkan untuk mengurangi panjang dan kemiringan lereng, sehingga dapat memperkecil limpasan permukaan.

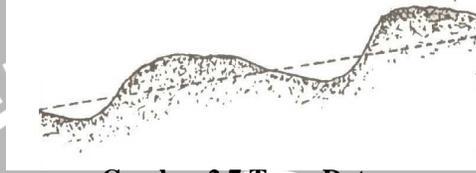
Berdasarkan bentuk dan fungsinya ada beberapa macam teras, yaitu (Utomo, 1989: 86):

1) Teras Saluran (*channel terrace*).

Ada tiga macam teras saluran :

(a) Teras Datar

Teras datar adalah jenis teras yang dibuat pada lahan yang kemiringannya kurang dari 5% dengan maksud utama untuk membantu peresapan air ke dalam tanah. Bentuk teras datar sangat sederhana dengan bagian utama bibir teras dan bidang olah.



Gambar 2.7 Teras Datar

Sumber : Utomo, 1994:82

(b) Teras Kredit

Teras kredit adalah jenis teras yang dibuat pada lahan yang kemiringan lerengnya kurang dari 15% dengan maksud utama membantu peresapan air ke dalam tanah. Bentuk teras sangat sederhana terdiri dari barisan tanaman yang rapat memanjang kontur dan bidang olah. Dengan cara ini, lama kelamaan akan terbentuk teras bangku.

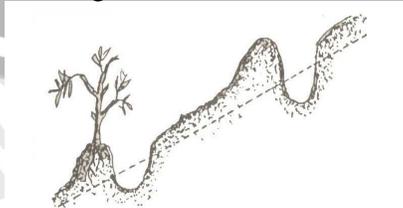


Gambar 2.8 Teras Kredit

Sumber : Utomo, 1994:82

(c) Teras Gulud

Teras gulud adalah jenis teras yang dibuat pada lahan dengan kemiringan lerengnya antara 5-15%, dengan bentuk sederhana terdiri dari bibir teras, saluran teras, dan bidang olah.



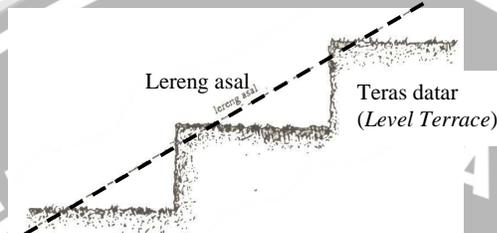
Gambar 2.9 Teras Gulud

Sumber : Utomo, 1994:82

2) Teras Bangku atau Tangga (*Bench Terrace*)

Teras bangku adalah jenis teras yang dibuat pada lahan usaha tani tanaman semusim dengan kemiringan lereng 35% atau kurang, dengan bentuk teras paling sempurna terdiri dari bibir teras, talud, bidang olah, dan saluran teras. Bidang olah dibuat miring ke dalam sebesar 0,2%. Ada berbagai macam teras bangku yang dapat ditemukan di lapangan

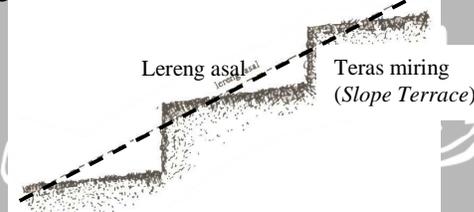
(a) Teras Bangku Datar (*Level Terrace*)



Gambar 2.10 Teras Bangku Datar

Sumber : Utomo, 1994:84

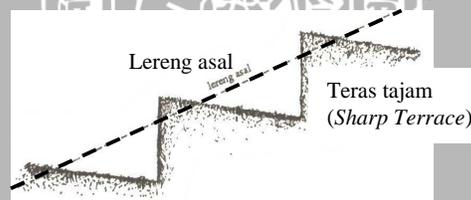
(b) Teras Bangku Miring (*Slope Terrace*)



Gambar 2.11 Teras Bangku Miring

Sumber : Utomo, 1994:84

(c) Teras Bangku Berlawanan Lereng atau Teras Tajam (*Steep Terrace*)



Gambar 2.12 Teras Tajam

Sumber : Utomo, 1994:84

(d) Teras Pengairan (*Irrigation Terrace*)

Dibangun dengan cara membuat tanggul di ujung teras agar air dapat tersimpan di teras tersebut.

c) Saluran Pembuang Air (SPA)

Saluran pembuang air adalah saluran pembuang untuk menampung dan mengalirkan limpasan permukaan. Saluran ini dibangun searah lereng. Agar dasar saluran tidak terkikis, maka dasar saluran dilengkapi dengan pasangan batu-batuan atau dengan *vegetatif lining* (Utomo, 1989: 89). Untuk menghindari terkonsentrasinya aliran permukaan di sembarang tempat, yang

akan membahayakan dan merusak tanah yang dilewatinya. Tujuan utama pembangunan saluran pembuang air adalah untuk mengarahkan dan menyalurkan aliran permukaan dengan kecepatan yang tidak erosif ke lokasi pembuangan air yang sesuai. Ada tiga macam saluran pembuang air yang dapat dibuat dalam sistem konservasi tanah dan air, yaitu : saluran pengelak, saluran terras, dan saluran berumput.



Gambar 2.13 Skema SPA tampak depan

Sumber : Utomo, 1994:75

d) Bangunan Terjunan (*drop structure*)

Fungsi bangunan terjunan adalah untuk menghindari kerusakan dasar jalan air karena adanya lereng yang curam. Jika dibiarkan secara alami lerengnya sangat curam, karena itu panjang lereng perlu dipotong. Pada perpotongan lereng ini perlu dibuat bangunan penguat sehingga air yang mengalir deras (terjun) tidak merusak dasar saluran. Biasanya dinding bangunan dibuat dari bambu dan dasar saluran diperkuat oleh batu.

e) Bangunan *check dam*

Bangunan yang dibuat melintang parit atau selokan yang berfungsi untuk menghambat kecepatan aliran dan menangkap sedimen yang dibawa aliran sehingga kedalaman dan kemiringan parit berkurang (Suripin, 2002 : 129). *Check dam* biasanya dibuat dari bahan lokal yang tersedia, misalnya kayu, tanah, tetapi dapat juga dari batu dan beton. Tujuan pembangunan *check dam* adalah untuk pengendalian erosi jurang sehingga erosi jurang tidak berkembang lebih lanjut dan menjadi semakin dalam dan besar.

f) Pembuatan sumur resapan

Dampak dari perubahan tata guna lahan tersebut adalah meningkatnya aliran permukaan langsung sekaligus menurunnya air yang meresap ke dalam tanah. Sumur resapan dibuat untuk menggantikan fungsi lahan yang merupakan kawasan resapan air yang beralih fungsi menjadi areal permukiman dan industri.

C. Metode Kimia

Cara kimia yang digunakan adalah dengan polimer pemantap tanah untuk memperbaiki struktur tanah sehingga tanah tahan terhadap erosi, antara lain larutan PVA (*Poly Vind Alkohol*), PAM (*Polacryamide*). Beberapa cara pemakaian bahan-bahan pemantap tanah adalah :

- a) Pemakaian di permukaan tanah. Larutan bahan pemantap tanah disemprot langsung ke atas permukaan tanah dengan alat sprayer.
- b) Pemakaian secara dicampur. Emulsi zat kimia disemprotkan ke dalam tanah, kemudian tanah tersebut dicampur dengan bahan kimia sampai merata, biasanya sampai kedalaman 0 – 25 cm.
- c) Pemakaian lubang. Disemprotkan secara lokal di tanah–tanah atau hanya pada lubang–lubang tanaman.

2.6 Tanah

2.6.1 Klasifikasi Tanah

Tanah merupakan benda yang tidak homogen, sangat bervariasi baik secara fisik: warna, tekstur, struktur, maupun secara kimia atau kandungan mineralnya. Usaha untuk membeda-bedakan tanah berdasarkan sifat-sifat yang dimilikinya disebut mengklasifikasi tanah. Klasifikasi tanah dapat dibedakan menjadi klasifikasi alami dan klasifikasi teknis (Hardjowigeno, 1987).

Klasifikasi alami adalah klasifikasi tanah yang berdasarkan atas sifat tanah yang dimilikinya tanpa menghubungkan dengan tujuan penggunaan tanah tersebut. Klasifikasi ini memberikan gambaran dasar sifat-fisik, kimia, dan mineralogi tiap-tiap kelas tanah yang dapat digunakan sebagai dasar pengolahan untuk berbagai penggunaan tanah.

Klasifikasi teknis adalah klasifikasi tanah yang didasarkan pada sifat-sifat tanah yang berpengaruh pada kemampuan tanah untuk penggunaan tertentu. Dalam pengertian sehari-hari yang dimaksud dengan klasifikasi tanah adalah klasifikasi alami, sedangkan klasifikasi teknis umumnya disebut klasifikasi kemampuan atau kesesuaian lahan.

Ada berbagai macam system klasifikasi tanah di dunia, karena banyaknya Negara yang menggunakan system klasifikasi tanah yang dikembangkannya sendiri. Di Indonesia saat ini dikenal terdapat tiga system klasifikasi tanah yang dipaloi yaitu Sistem PPTB (Pusat Penelitian Tanah Bogor), FAO/UNESCO, dan SCS-USDA (The Soil Concervation Services of the United States Department of Agriculture).

2.6.2 Jenis Tanah

Jenis tanah yang terdapat di Indonesia bermacam-macam, antara lain:

A. Organosol atau Tanah Gambut atau Tanah Organik

Jenis tanah ini berasal dari bahan induk organik seperti dari hutan rawa atau rumput rawa, dengan ciri dan sifat: tidak terjadi deferensiasi horizon secara jelas, ketebalan lebih dari 0,5 m, warna coklat hingga kehitaman, tekstur debu lempung, tidak berstruktur, konsistensi tidak tidak lekat – agak lekat, kandungan organik lebih dari 30 % untuk tanah tekstur lempung dan lebih dari 20 % untuk tanah tekstur pasir, umumnya bersifat sangat asam (pH 4,0), kandungan unsur hara rendah.

B. Alluvial

Jenis tanah ini masih muda, belum mengalami perkembangan, berasal dari bahan induk alluvium, tekstur beraneka ragam, belum terbentuk struktur, konsistensi dalam keadaan basah lekat, pH bermacam-macam, kesuburan sedang hingga tinggi.

C. Regosol

Jenis tanah ini masih muda, belum mengalami diferensiasi horizon, tekstur pasir, struktur berbukit tunggal, konsistensi lepas-lepas, pH umumnya netral, kesuburan sedang, berasal dari bahan induk material vulkanik piroklastis atau pasir pantai. Penyebarannya di daerah lereng vulkanik muda dan di daerah tebing pantai dan gumuk-gumuk pasir pantai.

D. Litosol

Tanah mineral tanpa atau sedikit perkembangan profil, batuan induknya batuan beku atau batuan sedimen keras, kedalam tanah dangkal (< 30 cm) bahkan kadang-kadang merupakan singkapan batuan induk (*outerop*). Tekstur tanah beranekaragam, dan pada umumnya berpasir, umumnya tidak berstruktur, terdapat kandungan batu, kerikil dan kesuburannya bervariasi. Tanah litosol dapat dijumpai pada segala iklim, umumnya di topografi berbukit, pegunungan. Lereng miring sampai curam.

E. Latosol

Jenis tanah ini telah berkembang atau terjadi diferensiasi horizon, kedalaman dalam, tekstur lempung, struktur remah hingga gumpal, konsistensi gembur hingga agak teguh, warna coklat merah hingga kuning. Penyebarannya di daerah beriklim basah, curah hujan lebih dari 300 – 1.000 mm, batuan induk dari tuf, material vulkanik, breksi batuan beku intrusi.

F. Grumosol

Tanah mineral yang mempunyai perkembangan profil, agak tebal, tekstur lempung berat, struktur kersai (granular) di lapisan atas dan gumpal hingga pejal di lapisan bawah, konsistensi bila basah sangat lekat dan plastis, bila kering sangat keras dan tanah retak-retak, umumnya bersifat alkalis, kejenuhan basa, dan kapasitas absorpsi tinggi, permeabilitas lambat dan peka erosi. Jenis ini berasal dari batu kapur, mergel, batuan lempung atau tuf vulkanik bersifat basa. Penyebarannya di daerah iklim sub humid atau sub arid, curah hujan kurang dari 2.500 mm/tahun.

G. Podsolik Merah Kuning

Tanah mineral telah berkembang, solum (kedalaman) dalam, tekstur lempung hingga berpasir, struktur gumpal, konsistensi lekat, bersifat agak asam (pH kurang dari 5,5), kesuburan rendah hingga sedang, warna merah hingga kuning, kejenuhan basa rendah, peka erosi. Tanah ini berasal dari batuan pasir kuarsa, tuf vulkanik, bersifat asam. Tersebar di daerah beriklim basah tanpa bulan kering, curah hujan lebih dari 2.500 mm/tahun.

H. Podsol

Jenis tanah ini telah mengalami perkembangan profil, susunan horizon terdiri dari horizon albic (A2) dan spodic (B2H) yang jelas, tekstur lempung hingga pasir, struktur gumpal, konsistensi lekat, kandungan pasir kuarsanya tinggi, sangat masam, kesuburan rendah, kapasitas pertukaran kation sangat rendah, peka terhadap erosi, batuan induk batuan pasir dengan kandungan kuarsanya tinggi, batuan lempung dan tuf vulkan masam. Penyebaran di daerah beriklim basah, curah hujan lebih dari 2.000 mm/tahun tanpa bulan kering, topografi pegunungan. Daerahnya Kalimantan Tengah, Sumatra Utara dan Irian Jaya (Papua).

I. Andosol

Jenis tanah mineral yang telah mengalami perkembangan profil, solum agak tebal, warna agak coklat kekelabuan hingga hitam, kandungan organik tinggi, tekstur geluh berdebu, struktur remah, konsistensi gembur dan bersifat licin berminyak (*smearly*), kadang-kadang berpadas lunak, agak asam, kejenuhan basa tinggi dan daya absorpsi sedang, kelembaban tinggi, permeabilitas sedang dan peka terhadap erosi. Tanah ini berasal dari batuan induk abu atau tuf vulkanik.

J. Mediteran Merah – Kuning

Tanah mempunyai perkembangan profil, solum sedang hingga dangkal, warna coklat hingga merah, mempunyai horizon B argilik, tekstur gekuh hingga lempung, struktur gumpal bersudut, konsistensi teguh dan lekat bila basah, pH netral hingga agak

basa, kejenuhan basa tinggi, daya absorpsi sedang, permeabilitas sedang dan peka erosi, berasal dari batuan kapur keras (*limestone*) dan tuf vulkanis bersifat basa. Penyebaran di daerah beriklim sub humid, bulan kering nyata. Curah hujan kurang dari 2.500 mm/tahun, di daerah pegunungan lipatan, topografi Karst dan lereng vulkan ketinggian di bawah 400 m. Khusus tanah mediteran merah – kuning di daerah topografi Karst disebut terra rossa.

K. Hodmorf Kelabu (Gleisol)

Jenis tanah ini perkembangannya lebih dipengaruhi oleh faktor lokal, yaitu topografi merupakan dataran rendah atau cekungan, hamper selalu tergenang air, solum tanah sedang, warna kelabu hingga kekuningan, tekstur geluh hingga lempung, struktur berlumpur hingga massif, konsistensi lekat, bersifat asam (pH 4,5 – 6,0), kandungan bahan organik. Ciri khas tanah ini adanya lapisan glei kontinu yang berwarna kelabu pucat pada kedalaman kurang dari 0,5 meter akibat dari profil tanah selalu jenuh air. Penyebaran di daerah beriklim humid hingga sub humid, curah hujan lebih dari 2.000 mm/tahun.

L. Tanah Sawah (*Paddy Soil*)

Tanah sawah ini diartikan tanah yang karena sudah lama (ratusan tahun) dipersawahkan memperlihatkan perkembangan profil khas, yang menyimpang dari tanah aslinya. Penyimpangan antara lain berupa terbentuknya lapisan bajak yang hampir kedap air disebut padas olah, sedalam 10 – 15 cm dari muka tanah dan setebal 2 – 5 cm. Di bawah lapisan bajak tersebut umumnya terdapat lapisan mangan dan besi, tebalnya bervariasi antara lain tergantung dari permeabilitas tanah. Lapisan tersebut dapat merupakan lapisan padas yang tak tembus perakaran, terutama bagi tanaman semusim. Lapisan bajak tersebut tampak jelas pada tanah latosol, mediteran dan regosol, samarasamar pada tanah alluvial dan grumosol.

2.7 Sistem Informasi Geografis (SIG)

Pada dasarnya, istilah sistem informasi geografis merupakan gabungan dari tiga unsur pokok: sistem, informasi, dan geografis. Istilah ‘geografis’ merupakan bagian dari spasial (keruangan), penggunaan kata ‘geografis’ mengandung pengertian suatu persoalan mengenai bumi: permukaan dua atau tiga dimensi. Istilah ‘informasi geografis’ mengandung pengertian informasi mengenai tempat-tempat yang terletak di permukaan bumi, pengetahuan mengenai posisi dimana suatu obyek terletak di

permukaan bumi, dan informasi mengenai keterangan-keterangan (atribut) yang terdapat di permukaan bumi yang posisinya diberikan atau diketahui.

Dengan memperhatikan pengertian dari sistem informasi, maka SIG merupakan suatu kesatuan formal yang terdiri dari berbagai sumber daya fisik dan logika yang berkenaan dengan objek-objek yang terdapat di permukaan bumi. Jadi, SIG juga merupakan sejenis perangkat lunak yang dapat digunakan untuk pemasukan, penyimpanan, manipulasi, menampilkan, dan keluaran informasi geografis berikut atributnya. (Prahasta,2005:49)

2.7.1 Definisi Sistem Informasi Geografis

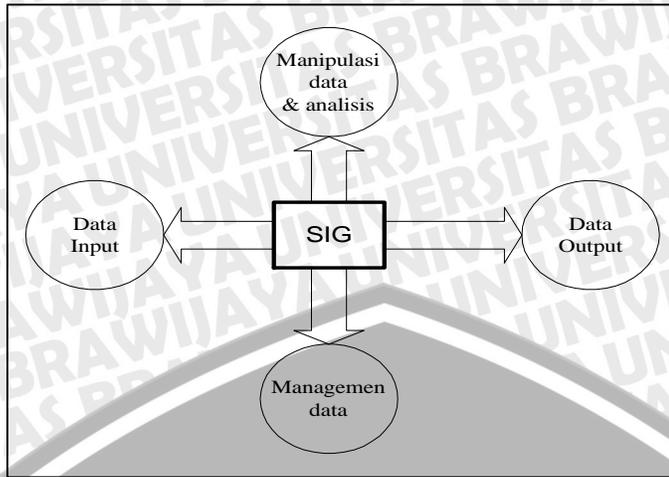
Menurut Aronof:1989, SIG adalah sistem yang berbasis komputer yang digunakan untuk menyimpan dan memanipulasi informasi-informasi geografi. SIG dirancang untuk mengumpulkan, menyimpan, dan menganalisis objek-objek dan fenomena dimana lokasi geografi merupakan karakteristik yang penting atau kritis untuk dianalisis. Dengan demikian, SIG merupakan sistem komputer yang memiliki empat kemampuan berikut dalam menangani data yang bereferensi geografi: [a]Masukan, [b] Manajemen data (penyimpanan dan pemanggilan data), [c] Analisis dan manipulasi data, [d] Keluaran. Sedangkan menurut ESRI:1990, SIG adalah kumpulan yang terorganisir dari perangkat keras komputer, perangkat lunak, data geografi dan data personal yang dirancang secara efisien untuk memperoleh, menyimpan, memperbarui (*updating*), memanipulasi, menganalisis dan menampilkan semua bentuk informasi yang bereferensi geografi. (Prahasta,2005:55)

Di dalam SIG, data tersimpan dalam format digital, jumlah data yang besar dapat tersimpan dan diambil kembali secara cepat dan efisien. Keunggulan SIG lainnya adalah kemampuan memanipulasi data dan analisis data spasial dengan mengaitkan data atau informasi atribut untuk menyatukan tipe data yang berbeda dalam analisis tunggal.

2.7.2 Proses dalam SIG

Proses dalam SIG dapat diuraikan menjadi 4 (empat) yaitu (Prahasta, 1989:59):

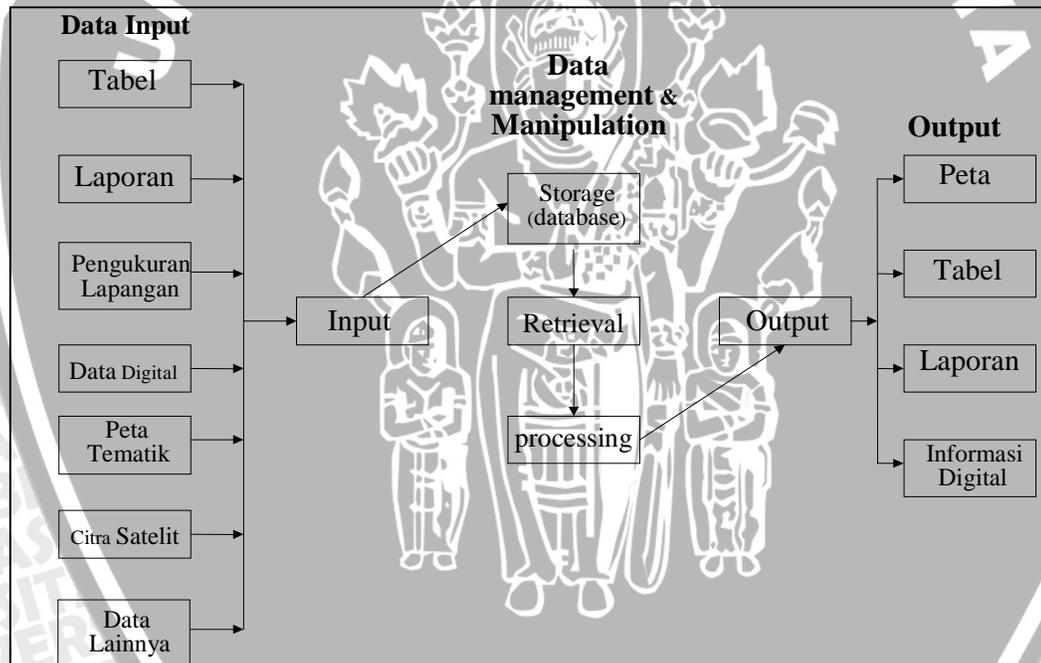
1. Pemasukan data (data input)
2. Manajemen data
3. Manipulasi dan analisis data
4. Keluaran data (data output)



Gambar 2.14 Proses dalam SIG

Sumber : Prahasta, 1989 : 59

Apabila subsistem-subsistem di atas diperinci dengan berdasarkan uraian jenis masukan, proses, dan jenis keluaran yang ada di dalamnya maka subsistem SIG akan tampak seperti pada gambar 2.15.



Gambar 2.15 Uraian Proses dalam SIG

Sumber : Prahasta, 1989 : 59

2.7.3 Jenis Data dalam SIG

Data geografi merupakan sekumpulan data yang bisa mempresentasikan permukaan bumi dalam format digital yang bisa dimasukkan dalam SIG. Secara garis besar data geografi dibagi menjadi dua, yaitu :

A. Data Spasial

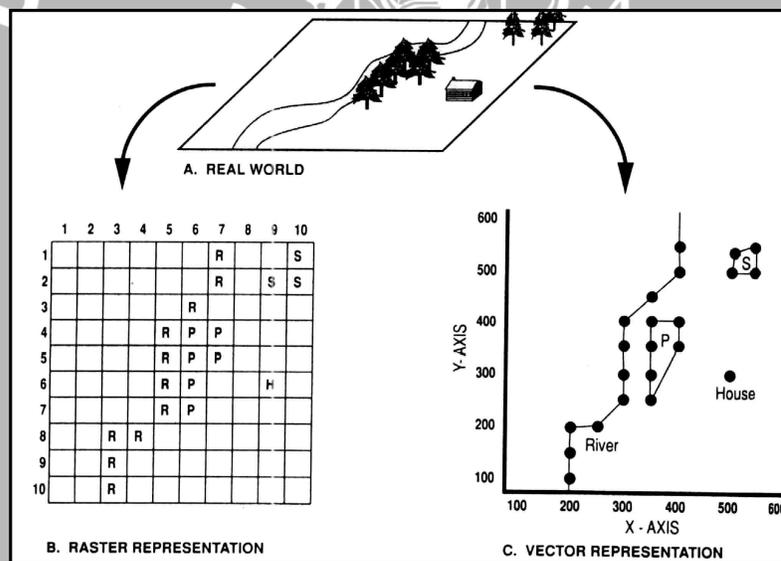
Data spasial merupakan informasi tentang lokasi dan bentuk dari unsur geografi yang disimpan dalam bentuk kordinat. Point, garis dan luasan digunakan untuk merepresentasikan unsur geografi misalnya sungai, waduk dan hutan. Komponen dari data spasial dibedakan menjadi dua yaitu :

- a) Vektor. Model data vektor obyek atau kondisi dari bumi ditampilkan dengan point garis dan luasan.
- b) Raster. Struktur data dalam bentuk sel yang terbentuk atas baris dan kolom, setiap sel mempunyai satu nilai dan terisi sebuah informasi.

Untuk lebih jelasnya tentang perbedaan antara data raster dan vektor ditunjukkan dalam gambar berikut.

B. Data Non Spasial (data atribut)

Data atribut menyediakan deskripsi informasi tentang data spasial misalnya nama dari sungai, kapasitas tampungan waduk dan komposisi penggunaan lahan.

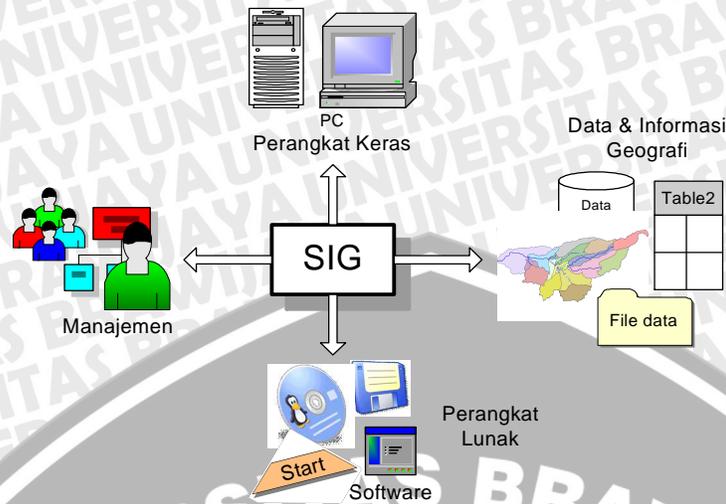


Gambar 2.16 Model Data Raster dan Vektor

Sumber : Stan Aronoff, 1991

2.7.4 Komponen SIG

Komponen SIG terdiri dari perangkat keras dan perangkat lunak. Perangkat keras yang digunakan terdiri atas seperangkat komputer yang berfungsi untuk menyimpan, menampilkan teks dan interaksi dengan pengguna serta meja digitizer yang berfungsi untuk merubah data analog ke dalam data digital. Plotter dan printer digunakan untuk menayangkan hasil pemrosesan data yang berupa peta



Gambar 2.17 Komponen-komponen SIG

Sumber : Prahasta, 1989 : 60

2.7.5 Pengolahan Data dengan SIG

A. Pemasukan Data

Pemasukan data geografis dalam SIG berupa data grafis, yaitu peta batas sub DAS, peta tataguna lahan, peta kemiringan lahan, peta infiltrasi tanah, dan peta topografi.

Digitasi dilakukan dengan cara menelusuri delienasi yang dibuat pada peta *analog* sehingga seluruhnya dipindahkan kedalam komputer dengan perantara meja digitizer. Proses digitasi dilakukan dengan memanfaatkan fasilitas ADS (*Arc Digitize System*) dengan langkah-langkah sebagai berikut :

- a) Menentukan titik-titik kontrol dengan maksud agar koordinat pada peta dapat dipindahkan pada sistem koordinat yang memiliki *digitizer*. Pada studi ini digunakan sistem koordinat UTM (*Universal Transverse Mercator*)
- b) Digitasi dilakukan dengan menelusuri kenampakan dipeta yang berupa titik, garis dan area dengan alat penelusur pada meja *digitizer*. Setiap kenampakan diberikan kode/ID yang berbeda. Perbedaan kode/ID ini diberikan untuk mempermudah pemanggilan salah satu penampakan/obyek. Setelah proses ini selesai, setiap kenampakan di peta disimpan dalam bentuk segmen.

B. Analisis dan Manipulasi Data

Satuan pemetaan pemetaan harus ditentukan nilainya (*score*) agar dapat dipadukan dengan peta yang lain untuk tujuan analisis.

Kemampuan SIG dapat juga dikenali dari fungsi-fungsi analisis yang dapat dilakukannya. Secara umum terdapat dua jenis fungsi analisis dalam SIG yang meliputi fungsi analisis spasial dan fungsi analisis atribut (basis data atribut).

Fungsi analisis data atribut terdiri dari operasi dasar sistem pengelolaan basis data/ *Database Management System (DBMS)* dan perluasannya yang meliputi :

1. Operasi dasar basis data yang mencakup :
 - Membuat basis data baru (*create database*)
 - Menghapus basis data (*drop database*)
 - Membuat tabel basis data (*create table*)
 - Menghapus tabel basis data (*drop table*)
 - Mengisis dan menyisipkan data (*record*) kedalam tabel (*insert*)
 - Membaca dan mencari data (*field atau record*) dari tabel basis data (*seek, find, search, retrieve*)
 - Mengubah atau mengedit data yang ada didalam tabel basis data (*update edit*).
 - Membuat indeks untuk setiap basis data.
2. Perluasan operasi basis data :
 - Membaca dan menulis basis data kedalam basis data yang lain (*export/import*).
 - Dapat berkomunikasi dengan sistem basis data yang lain (misalnya dengan menggunakan *driver ODBC*)
 - Dapat menggunakan bahasa basisdata standart SQL (*Structure Query Language*)
 - Operasi-operasi atau fungsi analisis lain yang rutin digunakan dalam sistem basis data.

Fungsi analisis spasial dari SIG terdiri dari :

1. *Reclassify* (Klasifikasi): Fungsi ini mengklasifikasikan atau mengklasifikasi kembali suatu data spasial/atribut menjadi data spasial yang baru dengan menggunakan kriteria tertentu. Misalnya dengan menggunakan data spasial ketinggian dari permukaan bumi (topografi) dapat diturunkan data spasial kemiringan atau gradien permukaan bumi yang dinyatakan dalam prosentase nilai-nilai kemiringan. Nilai-nilai prosentase kemiringan ini dapat diturunkan

lagi menjadi data spasial baru yang dapat digunakan untuk merancang suatu pengembangan wilayah.

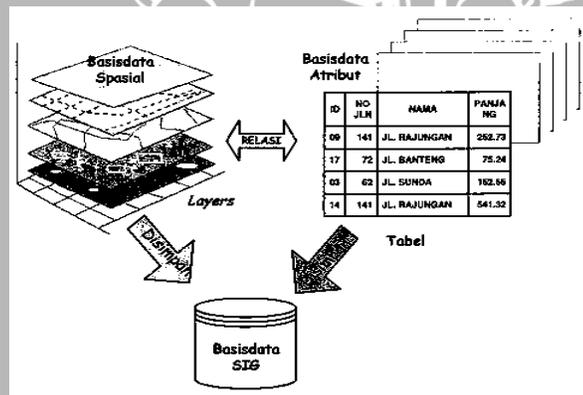
2. *Network* (Jaringan): Fungsi ini merujuk pada data-data spasial yang berupa titik-titik atau garis-garis sebagai suatu jaringan yang tak terpisahkan. Fungsi ini sering digunakan dalam bidang transportasi dan *utility* misalnya: aplikasi jaringan kabel, jaringan listrik, komunikasi telepon, pipa air, saluran pembuangan, jaringan drainase perkotaan.
3. *Overlay* (tumpang susun) : Fungsi ini menghasilkan data spasial baru dari minimal dua data spasial yang menjadi masukannya. *Overlay* suatu data grafis adalah untuk menggabungkan antara dua atau lebih data grafis untuk dapat diperoleh data grafis baru yang memiliki satuan pemetaan gabungan dari beberapa data grafis tersebut. Untuk dapat melakukan tumpang usu, maka antara dua data grafis tersebut harus mempunyai sistem koordinat yang sama. Terdapat empat cara melakukan *overlay* data grafis yang dapat dilakukan pada perangkat lunak Arc/Info dan ArcView yaitu:
 - *Identity* adalah *overlay* antara dua data grafis dengan menggunakan data grafis pertama sebagai acuan batas luarnya. Jadi apabila batas luar antara dua data grafis yang akan *dioverlaykan* tidak sama, maka batas luar yang akan digunakan adalah batas luar data grafis pertama.
 - *Union* adalah *overlay* yang berupa penggabungan antara dua data grafis. Jadi apabila batas luar antara dua data grafis yang akan *dioverlaykan* tidak sama, maka batas luar yang baru adalah gabungan antara batas luar data grafis yang pertama dan atau gabungan batas batas paling luar.
 - *Intersection* adalah *overlay* antara dua data grafis tetapi apabila batas luar dari dua data grafis tersebut tidak sama, maka yang dilakukan *overlay* hanya pada daerah yang bertumpukan.
 - *Update* merupakan salah satu fasilitas untuk menumpang susunkan dua data grafis dengan menghapus informasi grafis pada coverage input dan diganti dengan informasi dari informasi coverage update.
4. *Buffering* : Fungsi ini akan menghasilkan data spasial baru yang berbentuk poligon atau zone dengan jarak tertentu dari data spasial yang menjadi masukannya. Data spasial titik akan menghasilkan data spasial baru yang berupa lingkaran-lingkaran yang mengelilingi titik-titik pusatnya. Untuk data spasial

garis maka akan menghasilkan lingkaran-lingkaran yang melingkupi garis-garis.

Demikian pula untuk data spasial poligon.

5. *3D Analysis* : Fungsi ini terdiri dari sub-sub fungsi yang berhubungan dengan presentasi data spasial dalam ruang 3 dimensi. Fungsi ini banyak menggunakan fungsi interpolasi sebagai contoh untuk menampilkan data spasial ketinggian, tataguna lahan, jaringan jalan dan *utility* dalam bentuk 3 dimensi.
6. *Digital Image Processing* : Fungsi ini dimiliki oleh SIG yang berbasis raster, karena data spasial permukaan bumi citra digital banyak didapat dari perekaman data satelit yang berformat raster. Perangkat SIG yang dilengkapi dengan fungsi ini memiliki banyak sub fungsi analisis citra digital. Misalkan fungsi untuk koreksi radiometrik, *filtering*, *clustering*, dan sebagainya.

Dari uraian tentang SIG diatas dapat disimpulkan bahwa SIG bukan hanya sekedar alat bantu untuk membuat peta akan tetapi kemampuan SIG sesungguhnya adalah dalam melakukan analisis, kemampuan menyimpan dan mengolah data dalam volume yang besar, kemampuan *otomatisasi* dalam pemanggilan data dalam waktu yang sangat singkat. Sehingga dengan demikian kemampuan untuk membangun basis data yang berkualitas dan bagaimana cara menggunakannya secara tepat merupakan kunci pokok dalam penggunaan SIG. Secara skematik uraian diatas dapat digambarkan sebagai berikut:



Gambar 2.18 Layers, Tabel, dan Basis Data SIG

Sumber : Prahasta, 1989 : 61

C. Keluaran Data

Keluaran dari data SIG adalah seperangkat prosedur yang digunakan untuk menampilkan informasi dari SIG dalam bentuk yang disesuaikan dengan pengguna.

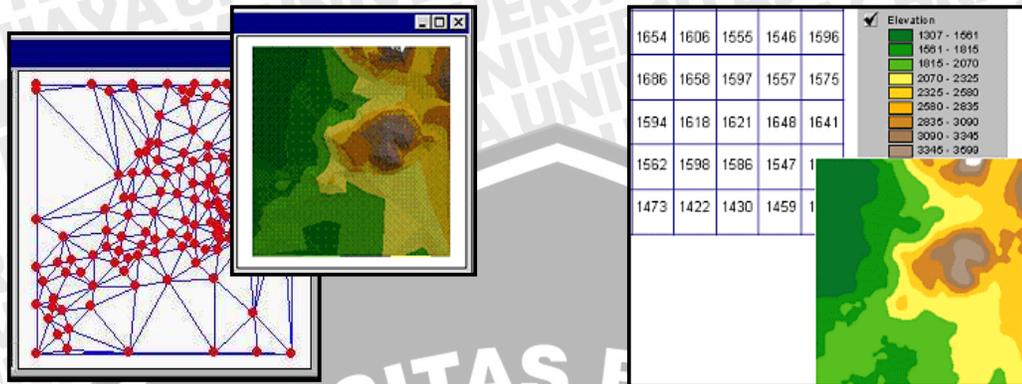
Keluaran data terdiri dari tiga bentuk yaitu cetakan, tayangan dan data digital.

Bentuk cetakan dapat berupa peta maupun tabel yang dicetak dengan media kertas, film atau media lain. Bentuk tayangan berupa tampilan gambar dimonitor komputer. Keluaran data dalam bentuk data digital berupa file yang dibaca oleh komputer yang lain ataupun untuk menghasilkan cetakan di lain tempat. Keluaran data pada studi ini berupa peta-peta tematik yang meliputi struktur data dalam format vektor dan raster/grid. Peta-peta tematik tersebut dicetak dengan menggunakan printer.

2.7.6 Digital Terrain Model (DTM)

Topografi berperan penting dalam respon hidrologi pada suatu DAS, agar mendapatkan prediksi yang akurat mengenai proses hidrologi pada suatu DAS maka perlu ketepatan dalam analisis keruangan pada DPS tersebut. *Digital Terrain Model (DTM)* atau juga biasa disebut sebagai *Digital Elevation Model (DEM)* adalah salah satu perkembangan SIG sebagai metode pendekatan yang dipakai untuk memodelkan topografi atau relief permukaan bumi dalam bentuk 3 (tiga) dimensi. Dari pemodelan 3 dimensi ini bisa digunakan untuk memodelkan suatu daerah aliran sungai sehingga akan membantu ketelitian dalam menentukan luas daerah tangkapan air, kemiringan lereng, panjang aliran sungai, atau menentukan jaringan sungai sintetik yang selanjutnya bisa digunakan untuk menganalisis respon hidrologi pada DAS tersebut, misal besarnya limpasan permukaan dan sedimentasi.

Terdapat beberapa metode untuk menggambarkan bentuk permukaan bumi dalam model permukaan *digital*, antara lain model *grid*, *TIN (Triangulated Irregular Network)*, *Cellular automata (CA)*. Model data grid/raster menyajikan permukaan bumi dalam matriks atau piksel-piksel kecil berbentuk bujur sangkar yang mewakili luasan yang sebenarnya pada permukaan bumi. Setiap piksel dalam model ini memiliki atribut ketinggian (elevasi) masing-masing. TIN menyajikan model permukaan sebagai sekumpulan bidang-bidang kecil (*facet*) berbentuk segi tiga yang saling berhubungan dari titik-titik yang memiliki atribut koordinat horizontal (x,y) dan koordinat vertikal (elevasi). Sedangkan *Cellular automata (CA)* menyajikan dalam bentuk segitiga, segiempat atau segienam beraturan.



TIN

GRID

Gambar 2.19 Tipe Model Digital Elevation Model (DEM)

Dari berbagai metode tersebut yang paling sering digunakan adalah DEM dengan model data grid, karena dianggap mudah dalam penggunaannya. Model data grid memiliki sel-sel yang bentuknya beraturan dan luasan yang sama, sehingga memudahkan dalam penerapan rumus atau perhitungan serta analisis lebih lanjut.

2.7.7 Pemodelan Daerah Aliran Sungai

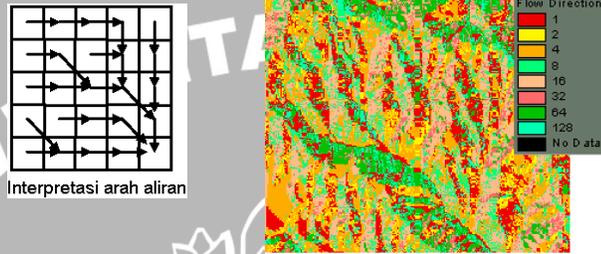
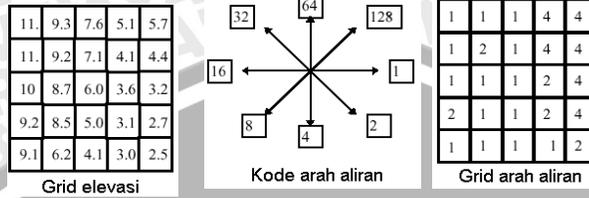
Model permukaan digital dengan format grid yang dikenal dengan bentuk sel yang beraturan (bujur sangkar), memungkinkan untuk dianalisis lebih lanjut diantaranya untuk mendapatkan skema dan parameter topografi suatu daerah aliran sungai. Pemodelan DAS dari suatu grid adalah dengan memanfaatkan kemampuan analisis dan manipulasi dalam Sistem Informasi Geografi (SIG), yaitu melalui penerapan algoritma tertentu untuk memanipulasi hubungan suatu *cell* dengan *cell-cell* tetangganya.

Untuk mendapatkan model DAS dari suatu DEM, maka terlebih dahulu ditentukan arah aliran dan akumulasi aliran pada sel-sel DEM tersebut.

A. Penentuan Arah Aliran (*Flow Direction*)

Zat cair secara alami akan mengalir dari elevasi yang lebih tinggi ke daerah yang elevasinya lebih rendah. Untuk menentukan arah aliran suatu sel dari DEM ditentukan dengan membandingkan elevasi sel tersebut dengan elevasi 8 (delapan) tetangganya yang bersebelahan. Maka aliran dari sel ini akan mengalir ke arah sel yang memiliki kemiringan relatif paling curam terhadap sel yang akan ditentukan arah alirannya. Dalam SIG, 8 (delapan) arah aliran yang mungkin akan dilewati oleh suatu sel dikodekan dengan angka-angka. Timur (E) = 1, Tenggara (SE) = 2, Selatan (S) = 4,

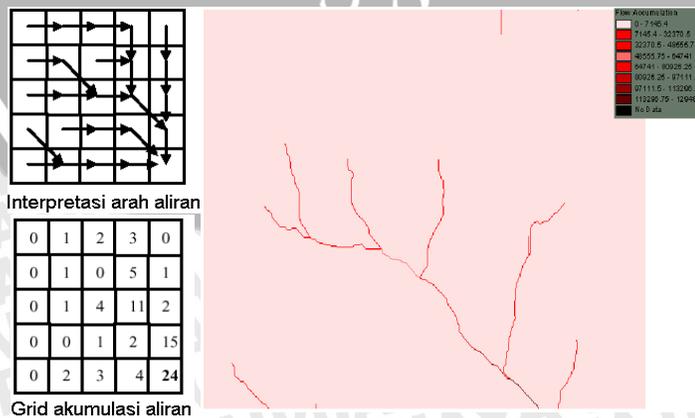
Barat daya (SW) = 8, Barat (W) = 16, Barat laut (NW) = 32, Utara (N) = 64, dan Timur laut (NE) =128. Sebagai contoh, jika arah aliran dari dari suatu sel setelah kemiringan relatif dari 8 sel sebelumnya dibandingkan adalah ke arah kiri (barat), maka arah aliran pada sel tersebut dikodekan dengan angka 16.



Gambaran 2.20 Penentuan Arah Aliran pada Grid DEM

B. Akumulasi Aliran (*Flow Accumulation*)

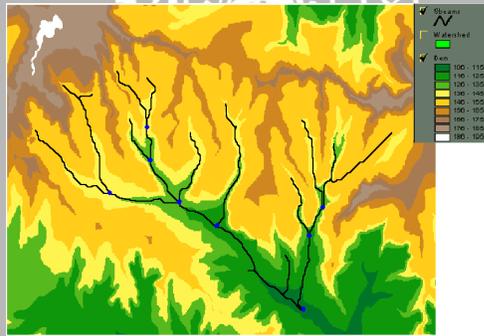
Akumulasi aliran didefinisikan sebagai banyaknya sel yang memberikan kontribusi aliran pada suatu sel berdasarkan grid arah aliran yang telah ditentukan sebelumnya. Penjumlahan akumulasi aliran ini dimulai dari daerah hulu, lalu menelusuri tiap sel satu per satu kearah hilir berdasarkan grid arah aliran. Sel-sel dengan akumulasi aliran lebih besar Sel dengan akumulasi aliran 0 (tidak ada sel lain yang memberikan kontribusi aliran) merupakan daerah yang topografinya tinggi. Biasanya berupa punggung-punggung bukit yang selanjutnya diidentifikasi sebagai batas DPS. Sedangkan sel-sel dengan jumlah akumulasi aliran tinggi, biasanya mengidentifikasi saluran sungai.



Gambar 2.21 Perhitungan Kumulatif Aliran (*Flow Accumulation*)

C. Pembangkitan Jaringan Sungai Sintetik

Jaringan sungai sintetik diperoleh dengan menentukan batas minimum jumlah kontribusi aliran yang diterima oleh suatu sel yang bisa dianggap sebagai awal dari saluran sungai. Sel-sel yang memiliki value = 1 akan diekstrak dan dikonvert ke model data vektor berupa garis yang merepresentasikan sungai sintetik. Penentuan batas minimum akumulasi aliran akan mempengaruhi jaringan sungai sintetik yang dihasilkan, jika batas minimumnya kecil maka akan terdapat banyak sungai-sungai kecil. Sebaliknya jika batas minimumnya besar, sungai-sungai kecil akan tereliminasi dan menjadi satu dengan sungai yang lebih besar daerah tangkapan airnya.



Gambar 2.22 Penentuan Jaringan Sungai

D. Parameter Daerah Aliran Sungai

Pada suatu DEM daerah tangkapan air dengan menentukan sel-sel mana saja yang memberikan kontribusi aliran pada suatu sel outlet yang ditentukan sebelumnya berdasarkan gid arah aliran. Setelah mendapatkan skema DAS/Sub-DAS, maka parameter tiap Sub DAS bisa dikalkulasi menggunakan *GIS interface*. Adapun parameter-parameter yang bisa diperoleh dalam pemodelan ini adalah luasan DAS/Sub DAS, aliran terpanjang, panjang sungai, kemiringan rata-rata sungai, kemiringan lereng, dan kordinat pusat DAS.

2.8 Peraturan dan Kebijakan terkait Arahan Pemanfaatan Lahan

Pada dasarnya pemanfaatan ruang wilayah akan menghasilkan pengembangan kegiatan yang mendukung pelestarian lingkungan dan meningkatkan kesejahteraan

masyarakat. Pola pemanfaatan ruang wilayah dituangkan ke dalam pola pemanfaatan untuk kawasan lindung dan pola pemanfaatan ruang untuk kawasan budidaya.

Penetapan kawasan lindung dalam penyusunan Rencana Tata Ruang Wilayah adalah untuk melindungi sumberdaya alam atau buatan yang ada didalamnya juga ditujukan untuk mencegah berbagai kegiatan budidaya yang dapat mengganggu kelestarian lingkungan baik pada kawasan lindung maupun sekitarnya. Kawasan lindung diharapkan mampu memberikan perlindungan kepada kawasan sekitar maupun bawahnya sebagai pengatur tata air pencegah banjir dan erosi serta memelihara kesuburan tanah

Kawasan budidaya adalah kawasan yang ditetapkan dengan fungsi utama untuk dibudidayakan atas kondisi dan potensi sumberdaya alam, sumberdaya manusia dan sumberdaya buatan. Kawasan budidaya mencakup kawasan pemukiman perkotaan dan pedesaan, pertanian tanaman pangan, perikanan, peternakan, perkebunan, hutan produksi perindustrian, pertambangan, pariwisata, kawasan hankam dan kawasan lainnya.

2.8.1 Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 41 Tahun 1999 tentang Kehutanan

A. Pasal 40

Rehabilitasi hutan dan lahan dimaksudkan untuk memulihkan, mempertahankan, dan meningkatkan fungsi hutan dan lahan sehingga daya dukung, produktivitas, dan peranannya dalam mendukung sistem penyangga kehidupan tetap terjaga.

B. Pasal 41

(1) Rehabilitasi hutan dan lahan diselenggarakan melalui kegiatan:

- a. reboisasi,
- b. penghijauan,
- c. pemeliharaan,
- d. pengayaan tanaman, atau
- e. penerapan teknik konservasi tanah secara vegetatif dan sipil teknis, pada lahan kritis dan tidak produktif.

(2) Kegiatan rehabilitasi sebagaimana dimaksud pada ayat (1) dilakukan di semua hutan dan kawasan hutan kecuali cagar alam dan zona inti taman nasional.

C. Pasal 42

- (1) Rehabilitasi hutan dan lahan dilaksanakan berdasarkan kondisi spesifik biofisik.
- (2) Penyelenggaraan rehabilitasi hutan dan lahan diutamakan pelaksanaannya melalui pendekatan partisipatif dalam rangka mengembangkan potensi dan memberdayakan masyarakat.
- (3) Ketentuan lebih lanjut sebagaimana dimaksud pada ayat (1) dan ayat (2) diatur dengan Peraturan Pemerintah.

D. Pasal 43

- (1) Setiap orang yang memiliki, mengelola, dan atau memanfaatkan hutan yang kritis atau tidak produktif, wajib melaksanakan rehabilitasi hutan untuk tujuan perlindungan dan konservasi.
- (2) Dalam pelaksanaan rehabilitasi sebagaimana dimaksud pada ayat (1), setiap orang dapat meminta pendampingan, pelayanan dan dukungan kepada lembaga swadaya masyarakat, pihak lain atau pemerintah.

E. Pasal 44

- (1) Reklamasi hutan sebagaimana dimaksud dalam Pasal 21 huruf c, meliputi usaha untuk memperbaiki atau memulihkan kembali lahan dan vegetasi hutan yang rusak agar dapat berfungsi secara optimal sesuai dengan peruntukannya.
- (2) Kegiatan reklamasi sebagaimana dimaksud pada ayat (1) meliputi inventarisasi lokasi, penetapan lokasi, perencanaan, dan pelaksanaan reklamasi.
- (3) Ketentuan lebih lanjut sebagaimana dimaksud pada ayat (1) dan ayat (2) diatur dengan Peraturan Pemerintah.

F. Pasal 45

- (1) Penggunaan kawasan hutan sebagaimana dimaksud dalam Pasal 38 ayat (1) yang mengakibatkan kerusakan hutan, wajib dilakukan reklamasi dan atau rehabilitasi sesuai dengan pola yang ditetapkan pemerintah.
- (2) Reklamasi pada kawasan hutan bekas areal pertambangan, wajib dilaksanakan oleh pemegang izin pertambangan sesuai dengan tahapan kegiatan pertambangan.

- (3) Pihak-pihak yang menggunakan kawasan hutan untuk kepentingan di luar kegiatan kehutanan yang mengakibatkan perubahan permukaan dan penutupan tanah, wajib membayar dana jaminan reklamasi dan rehabilitasi.
- (4) Ketentuan lebih lanjut sebagaimana dimaksud pada ayat (1), ayat (2), dan ayat (3) diatur dengan Peraturan Pemerintah.

G. Pasal 46

Penyelenggaraan perlindungan hutan dan konservasi alam bertujuan menjaga hutan, kawasan hutan dan lingkungannya, agar fungsi lindung, fungsi konservasi, dan fungsi produksi, tercapai secara optimal dan lestari.

H. Pasal 47

Perlindungan hutan dan kawasan hutan merupakan usaha untuk:

- a. mencegah dan membatasi kerusakan hutan, kawasan hutan, dan hasil hutan yang disebabkan oleh perbuatan manusia, ternak, kebakaran, daya-daya alam, hama, serta penyakit; dan
- b. mempertahankan dan menjaga hak-hak negara, masyarakat, dan perorangan atas hutan, kawasan hutan, hasil hutan, investasi serta perangkat yang berhubungan dengan pengelolaan hutan.

2.8.2 Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 47 Tahun 1997 tentang Kriteria Kawasan

A. Bab IV Pasal 33

- Kriteria kawasan hutan lindung adalah:
 - Kawasan hutan dengan faktor-faktor kelas lereng, jenis tanah dan intensitas ujan setelah masing-masing dikalikan dengan angka penimbangan mempunyai jumlah nilai 175 atau lebih;
 - Kawasan hutan yang mempunyai kemiringan lereng 40% atau lebih;
 - Kawasan hutan yang mempunyai ketinggian 2000 m atau lebih di atas permukaan laut.
- Kegiatan pengawasan dalam pemanfaatan ruang di kawasan lindung
 - Pemberian larangan melakukan berbagai usaha atau kegiatan kecuali kegiatan yang tidak mengganggu fungsi alam, tidak mengubah bentang alam dan ekosistem alami.
 - Pengaturan berbagai usaha atau kegiatan yang tetap dapat mempertahankan fungsi lindung.

- Pencegahan berkembangnya berbagai usaha atau kegiatan yang mengganggu fungsi lindung kawasan.

B. Bab IV Pasal 44

Kriteria kawasan budidaya yang ditetapkan untuk berbagai usaha atau kegiatan terbagi dalam:

- Kriteria teknis sektoral, yaitu ukuran untuk menentukan bahwa pemanfaatan ruang untuk suatu kegiatan dalam kawasan memenuhi ketentuan teknis, daya dukung dan daya tampung lingkungan.
- Kriteria ruang, yaitu ukuran menentukan bahwa pemanfaatan ruang untuk suatu kegiatan budidaya dalam kawasan, menghasilkan nilai sinergi terbesar terhadap kesejahteraan masyarakat sekitar dan tidak bertentangan dengan pelestarian fungsi lingkungan hidup

2.8.3 Keputusan Presiden Nomor 32 tahun 1990 tentang Pembagian Kawasan Lindung

Kawasan yang digolongkan sebagai kawasan lindung adalah sebagai berikut :

- 1) Kawasan yang memberikan perlindungan bagi kawasan bawahnya, yaitu:
 - Kawasan hutan lindung
 - Kawasan resapan air
 - Kawasan bergambut
- 2) Kawasan perlindungan setempat, yaitu:
 - Kawasan sempadan pantai
 - Kawasan sempadan sungai
 - Kawasan sekitar danau/ waduk
 - Kawasan sekitar mata air
- 3) Kawasan suaka alam, taman nasional dan cagar budaya, yaitu:
 - Kawasan suaka alam
 - Kawasan taman nasional
 - Kawasan taman hutan raya
 - Kawasan cagar budaya dan ilmu pengetahuan
- 4) Kawasan rawan bencana

2.8.4 Pola Pemanfaatan Ruang Kawasan berdasarkan Profil Penataan Ruang Propinsi Kalimantan Timur Tahun 2003

A. Pemanfaatan Kawasan Lindung

Gambaran mengenai sebaran kawasan lindung ditunjukkan pada Peta Kawasan Lindung dan Kawasan Budidaya Kalimantan Timur (gambar 2.23). Alokasi kawasan fungsi lindung meliputi:

1) Kawasan Hutan Lindung

Kawasan hutan lindung tersebar di seluruh kabupaten/kota di Propinsi Kalimantan Timur, kecuali Kota Samarinda. Luasan kawasan hutan lindung di Kabupaten Malinau adalah 3281714 Ha, di Kabupaten Kutai Barat 1207538 Ha, di Kabupaten Berau 1204970 Ha dan di Kota Tarakan sebesar 2823 Ha.

2) Kawasan Cagar Alam

Kawasan cagar alam tersebar di Kabupaten Malinau seluas 3281714 Ha, di Kabupaten Nunukan 1640857 Ha, di Kabupaten Pasir 95872 Ha, di Kabupaten Pasir 95872 Ha, di Kabupaten Kutai 68701 Ha, di Kabupaten Timur 68701 Ha dan Kabupaten Kutai Barat sebesar 5736 Ha.

3) Kawasan Taman Hutan Raya

Luas lahan kawasan taman hutan raya sekitar 120.658 Ha yang terletak di Kabupaten Kutai dan Kabupaten Pasir.

4) Kawasan Taman Nasional

Kawasan taman nasional tersebar di tiga kabupaten/kota, yaitu di Kutai Kertanegara dan Kutai Timur masing-masing seluas 217279 Ha dan di Kota Bontang seluas 217847 Ha.

5) Kawasan Hutan Pendidikan dan Penelitian

Kawasan hutan pendidikan dan penelitian terdapat di Kabupaten Kutai Kertanegara seluas 21549 Ha.

6) Danau

Luas lahan perlindungan danau adalah sekitar 73710 Ha yang tersebar di Kabupaten Kutai Kertanegara dan Kutai Barat.

B. Pemanfaatan Kawasan Budidaya

Gambaran mengenai sebaran kawasan budidaya ditunjukkan pada Peta Kawasan Budidaya dan Kawasan Lindung Kalimantan Timur.

1) Kawasan Hutan Produksi

Propinsi Kalimantan Timur merupakan salah satu propinsi di Indonesia yang memiliki sumberdaya hutan sangat besar, akan tetapi luasan kawasan hutan semakin berkurang dalam kurun waktu 5 tahun terakhir. Sebaran kawasan hutan tersebut adalah:

- Kabupaten Kutai Barat seluas 20696501 Ha
- Kabupaten Kutai Timur seluas 18923913 Ha
- Kabupaten Kutai seluas 16798493 Ha
- Kabupaten Malinau seluas 10590593 Ha
- Kabupaten Berau seluas 9323752 Ha
- Kabupaten Nunukan seluas 1633871 Ha
- Kota Balikpapan seluas 1633871 Ha
- Kabupaten Bulungan seluas 3944445 Ha
- Kota Samarinda seluas 1149832 Ha
- Kabupaten Paser seluas 1022285 Ha
- Kota Tarakan seluas 2295 Ha

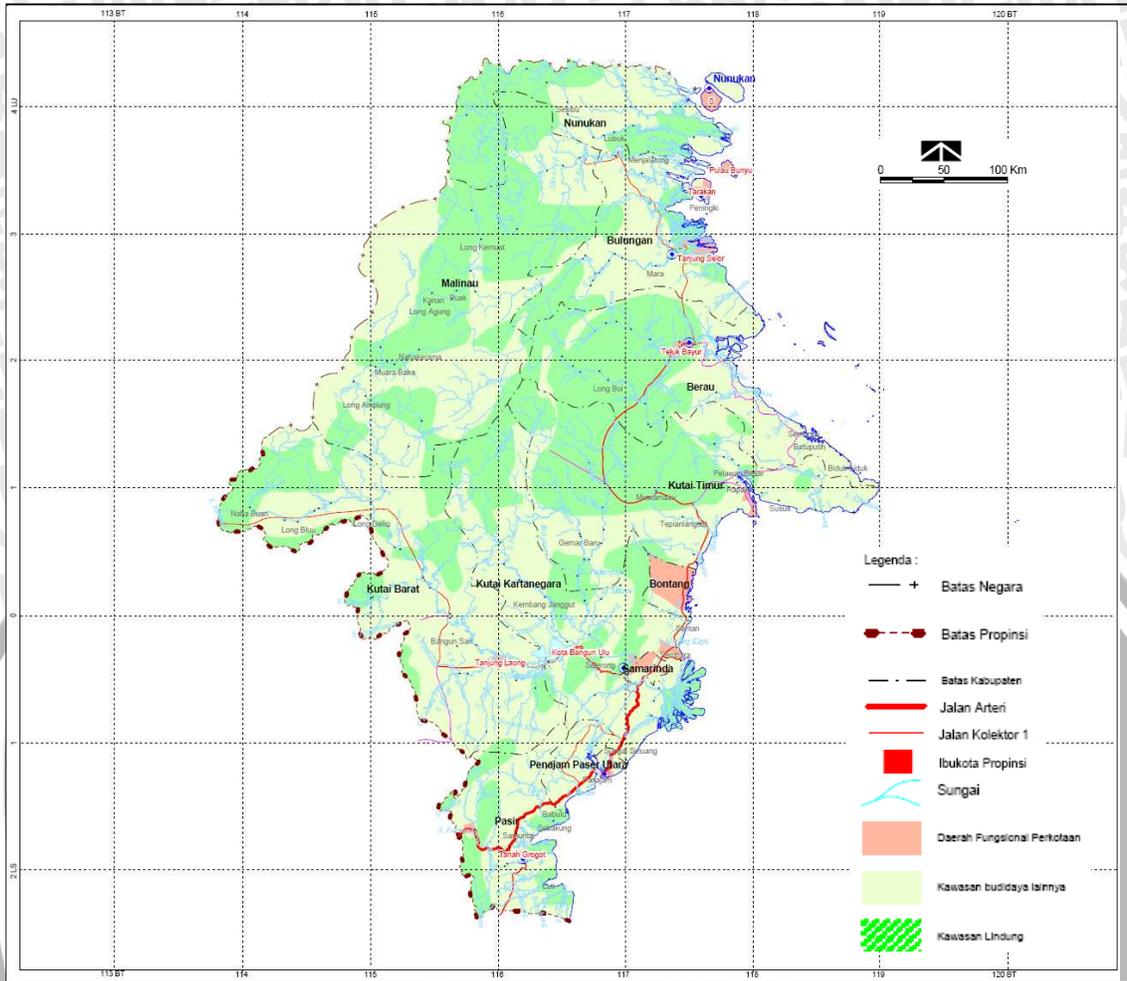
2) Kawasan Budidaya Pertanian

Pengembangan kawasan pertanian merupakan tindak lanjut dari penjabaran kawasan hutan konversi. Pengelolaan sektor ini dititik beratkan pada peningkatan kualitas di samping kuantitas. Perincian luas kawasan budidaya pertanian adalah sebagai berikut

- Lahan tanaman pangan lahan basah (\pm 507941 Ha)
- Lahan tanaman pangan lahan kering (\pm 1812389 Ha)
- Lahan tanaman pangan semusim (\pm 3520599 Ha)
- Lahan tanaman keras (\pm 3626727 Ha)
- Lahan untuk perikanan (\pm 611624 Ha)
- Lahan peternakan (\pm 6260046 Ha)

3) Kawasan Permukiman

Secara umum, pola permukiman yang menjadi prioritas untuk ditangani adalah kawasan permukiman yang terlanjur berkembang di sempadan pantai dan sempadan sungai, kawasan permukiman yang berkembang ke kawasan pertanian irigasi serta kawasan permukiman yang belum memiliki fasilitas pelayanan sosial ekonomi yang memadai.



Gambar 2.23 Kawasan Lindung dan Kawasan Budidaya berdasarkan Profil Penataan Ruang Propinsi Kalimantan Timur Tahun 2003

Sumber : Profil Penataan Ruang Propinsi Kalimantan Timur, 2003

2.8.5 Pola Pemanfaatan Ruang Kawasan berdasarkan RTRW Kabupaten Kutai Timur

A. Rencana Penggunaan Ruang untuk Kawasan Lindung

Secara keseluruhan, Luas kawasan lindung di wilayah Kabupaten Kutai Timur adalah 1550906 hektar atau 46.92 % dari total luas kabupaten. Sebaran dominan kawasan lindung adalah pada bagian barat kabupaten.

Kawasan hutan lindung merupakan kawasan hutan yang memiliki sifat khas yang mampu memberikan perlindungan kepada kawasan sekitar maupun bawahnya sebagai pengatur tata air pencegah banjir dan erosi serta memelihara kesuburan tanah. Kawasan ini tersebar di seluruh kecamatan di Kabupaten Kutai

Timur dan dominan berada di Kecamatan Muara Wahau, Telen dan Kecamatan Busang dengan luas 1228449 hektar atau 38.86 %.

Kawasan bergambut adalah kawasan yang unsur pembentuk tanahnya berupa sisa bahan organik yang tertimbun dalam waktu yang lama. Tujuan perlindungan kawasan ini yaitu melindungi ekosistem dan untuk keperluan cadangan air tanah. Sebaran kawasan bergambut ini terutama di Kecamatan Muara Bengkal dengan luas 115772 hektar atau 3.2 %.

Kawasan sempadan sungai merupakan kawasan sepanjang kanan kiri sungai termasuk sungai buatan/kanal/saluran irigasi primer, yang mempunyai manfaat penting untuk mempertahankan kelestarian fungsi sungai. Tujuan perlindungan kawasan ini adalah untuk melindungi sungai dari kegiatan yang dapat merusak kualitas air, fisik tepi, dan dasar sungai serta mengamankan aliran sungai. Kawasan ini tersebar sepanjang kanan-kiri sungai dengan jarak sekurang-kurangnya 100 meter.

Kawasan sempadan pantai adalah kawasan di sepanjang pantai yang mempunyai manfaat penting untuk mempertahankan kelestarian fungsi pantai. Maksud perlindungan dari kawasan sempadan pantai adalah untuk melindungi wilayah pantai dari kegiatan yang dapat mengganggu kelestarian fungsi pantai. Kawasan ini berada di daratan sepanjang tepian yang lebarnya proposional dengan bentuk dan kondisi pantai minimal 200 m dari titik pasang tertinggi kearah darat. Di Kabupaten Kutai Timur, kawasan ini tersebar di kecamatan-kecamatan yang memiliki wilayah pantai, yaitu Kecamatan Sangatta, Bengalon, Kaliorang dan Kecamatan Sandaran.

Di Kabupaten Kutai Timur terdapat Taman Nasional Kutai yang merupakan kawasan pelestarian alam dan dikelola dengan sistem zonasi yang bermanfaat untuk tujuan pengembangan ilmu pengetahuan, pariwisata, rekreasi dan pendidikan. Tujuan perlindungan kawasan ini yaitu untuk pengembangan pendidikan, rekreasi, pariwisata dan peningkatan kualitas lingkungan sekitarnya dari pencemaran. Permasalahan yang dihadapi dalam perencanaan kawasan lindung di Kabupaten Kutai Timur adalah adanya penggunaan lahan yang belum sesuai untuk peruntukkan kawasan lindung, yaitu hutan belukar, semak/alang-alang, tegalan, dan hutan tanaman industri. Untuk itu diperlukan tindakan-tindakan untuk mengarahkan kegiatan tersebut menjadi kawasan yang mempunyai fungsi lindung.



B. Rencana Penggunaan Lahan untuk Kawasan Budidaya

Kawasan budidaya adalah kawasan yang ditetapkan dengan fungsi utama untuk dibudidayakan atas kondisi dan potensi sumberdaya alam, sumberdaya manusia dan sumberdaya buatan. Kawasan budidaya mencakup kawasan pemukiman perkotaan dan pedesaan, pertanian tanaman pangan, perikanan, peternakan, perkebunan, hutan produksi perindustrian, pertambangan, pariwisata, kawasan Hankam dan kawasan lainnya.

Berdasarkan pertimbangan potensi permintaan hasil produksi wilayah Kabupaten Kutai Timur, baik internal maupun eksternal, khususnya produksi yang berbasis sumberdaya yang dapat diperbaharui, adalah hasil produksi tanaman pangan, perkebunan, perikanan dan peternakan.

Di samping mempunyai potensi sumberdaya alam yang dapat diperbaharui, Kabupaten Kutai Timur juga mempunyai potensi sumberdaya alam yang tidak dapat diperbaharui, berupa hasil tambang, yaitu batubara, minyak bumi, emas dan galian C. kekayaan alam Kabupaten Kutai Timur juga menawarkan keindahan alam untuk dinikmati sebagai obyek pariwisata serta obyek wisata budaya.

Kegiatan budidaya dalam skala kecil yang telah dilakukan mencakup kegiatan pertanian tanaman pangan, dengan hasil produksi berupa sawah, padi lading, palawija, sayur-sayuran dan buah-buahan. Kegiatan budidaya perkebunan telah dilakukan dengan hasil produksi berupa cengkeh, coklat, lada, kopi, kelapa, karet. Budidaya peternakan juga telah dilakukan baik peternakan kecil maupun peternakan besar.

Untuk lebih jelasnya mengenai rencana penggunaan ruang kawasan lindung dan kawasan budidaya untuk setiap bagian wilayah Kabupaten Kutai Timur dijabarkan pada tabel 2.11.

Tabel 2.11 Rencana Pola Pemanfaatan Ruang Kabupaten Kutai Timur

No.	Pola Pemanfaatan Ruang	Luas (Ha)	Persentase
A.	Kawasan Lindung	1.550.906	44,25
1.	TN. Kutai	136.959	3,91
2.	Cagar Alam	49.143	1,40
3.	Gambut	56.579	1,61
4.	Hutan Lindung	1.284.449	36,65
5.	Hutan Lindung Mangrove	22.008	0,67
6.	Hutan Kota	1.768	0,05

Bersambung ke halaman 63

Lanjutan tabel 2.11 Rencana Pola Pemanfaatan Ruang Kabupaten Kutai Timur

No.	Pola Pemanfaatan Ruang	Luas (Ha)	Persentase
B.	Kawasan Budidaya Kehutanan	537.132	15,33
1.	Hutan Produksi	503.973	14,38
2.	Hutan Tanaman Industri	33.149	0,95
C.	Kawasan Budidaya Non Kehutanan	1.416.512	40,42
1.	Perkebunan	805.283	22,98
2.	Tanaman Pangan	269.345	7,69
3.	Tanaman Musiman	33.273	0,95
4.	Peternakan	72.437	2,07
5.	Wisata Pantai	184	0,01
6.	Pemukiman Perdesaan	26.026	0,74
7.	Pengembangan Kota	4.976	0,14
8.	Tambak	5.917	0,17
9.	Perikanan Laut (4 mil laut)	185.855	5,30
10.	Perikanan Darat (Sungai)	13.216	0,38
	Total	3.504.550	100,00

Sumber :RTRW Kabupaten Kutai Timur Tahun 2004-2014

Adapun rencana penggunaan lahan berdasarkan RTRW Kabupaten Kutai Timur ditunjukkan pada gambar 2.24.

2.9 Tujuan Tipe Pemanfaatan Lahan untuk Hutan

Berbagai tipe pemanfaatan lahan untuk hutan mempunyai spesifikasi yang jelas mengenai tujuan pengelolaannya. Beberapa hal pokok dijelaskan dalam Tabel 2.12 berikut.

Tabel 2.12 Tujuan Tipe-Tipe Pemanfaatan Lahan untuk Hutan

No	Tipe Pemanfaatan	Tujuan
1	Hutan lindung tetap pendidikan	Konservasi hutan alam pegunungan sebagai sumber plasma nutfah dan untuk kepentingan penelitian dan
2	Hutan konser vasi air alamiah	Pengamanan kesinambungan suplai air, untuk pertanian dan domestik.
3	Hutan konservasi tanah alamiah	Konservasi tanah terhadap erosi dalam rangka un-tuk mencegah kerusakan mekanik dan sedimentasi pada sistem penampung dan penyaluran air, sangat penting ada lereng yang curam dan mudah longsor.
4	Hutan produksi alamiah dengan pengelolaan ekstensif	Produksi kayu gergajian dan hasil kayu tambahandi hutan alam pegunungan dengan tingkat produksi rendah
5	Hutan produksi alamiah yang intensif	Produksi kayu gergajian dan kayu lain dengan produktivitas medium, dengan preservasi fisiognomihutan.
6	Hutan tanaman kayu timber	Produksi kayu gergajian untuk kebutuhan lokal dan ekspor.
7	Hutan tanaman kayu pulp	Produksi kayu pulp sangat fleksibel dengan biaya murah.
8	Hutan tanaman kayu bakar	Produksi kayu bakar dengan biaya murah
9	Hutan bambu	Produksi material multiguna & sekaligus untuk konservasi tanah
10	Hutan rakyat	Produksi kayu campuran di sekitar wilayah desa

Bersambung ke halaman 64

Lanjutan tabel 2.12 Tujuan Tipe-Tipe Pemanfaatan Lahan untuk Hutan

No	Tipe Pemanfaatan	Tujuan
11	Agro-hutani /Wanatani	Sistem hutan tanaman dengan ternak dan budidayatanaman pertanian menggunakan sistem rotasi yang terkendali
12	Hutan tanaman konservasi	Vegetasi penutup tanah di daerah yang sangat peka erosi dalam rangka untuk mengamankan daerah di bawahnya-
13	Hutan wisata	Menciptakan fasilitas wisata di kawasan hutan.

Sumber : www.dephut.co.id

Terdapat beberapa persyaratan pokok bagi setiap tipe pemanfaatan lahan hutan disajikan dalam Tabel 2.13 berikut.

Tabel 2.13 Persyaratan Pokok bagi Setiap Tipe Pemanfaatan Lahan Hutan

No	Tipe Pemanfaatan Lahan	Persyaratan
1	Hutan lindung tetap	Fisik : Tipe-tipe vegetasi alamiah yang relatif tidak terganggu, luas minimum setiap tipe vegetasi 50-100 ha, lokasi dan deskripsi tipe-tipe vegetasi Non-fisik : input tenaga kerja rendah, investasi kapital rendah, teknologi tradisional; taraf pengelolaan medium, perlindungan terhadap gangguan, petak observasi permanen, pemantauan perkembangan vegetasi, latihan dan pendidikan.
2	Hutan konservasi	Fisik: Distribusi hutan seimbang per Sub DAS, air alamiah, luas total minimum 7000 ha; data setiap sub-DAS tentang kekurangan/kelebihan air dan debit air di batas hutan. Non fisik: input tenaga kerja rendah; investasi kapital moderat; teknologi semi-tradisional, semi-maju atau maju; taraf pengelolaan medium, pengalaman dalam konservasi air dan pemantauan perkembangan hutan, konservasi tajuk dan perakaran, perlindungan terhadap gangguan, pemantauan curah hujan dan debit air di batas hutan.
3	Hutan alam untuk konservasi tanah	Fisik : komposisi vegetasi; klasifikasi erodibilitas DAS Non-Fisik: Input tenaga kerja rendah; investasi kapital moderat; teknologi semi-tradisional atau semi-maju; taraf pengelolaan medium, pemantauan curah hujan, sedimentasi dan perkembangan vegetasi, stimulasi tajuk, topsoil yang strukturnya bagus dan perakaran yang dalam, perlindungan terhadap gangguan, ada perencanaan jalan dan metode pemanenan.
4	Hutan alamiah produksi yang ekstensif	Fisik : data tentang komposisi dan dimensi vegetasi, estimasi tebang pilih; satuan-satuan hutan > 5 ha pada kemiringan > 100%, data tentang data tentang kelas lereng, akses dari desa terdekat. Non-fisik: input tenaga kerja rendah; investasi kapital rendah hingga moderat; teknologi semi-tradisional; taraf pengelolaan rendah hingga medium, pemantauan perkembangan hutan, perencanaan, perlakuan silvikultur, perlindungan terhadap gangguan, pengetahuan metode panen dan konservasi, pelatihan personil. Lanjutan.
5	Hutan alamiah produksi yang intensif	Fisik : data tentang komposisi dan dimensi vegetasi, estimasi tebang pilih; satuan-satuan hutan-> 25 ha pada lereng <70%, data tentang kelas kemiringan, sistem jalan yang terencana dengan aksesibilitas potensial yang bagus.
6	Hutan tanaman kayu timber	Fisik : data komposisi spesies, potensial dan dimensi silvikultur, syarat tumbuh spesies tentang iklim, tanah dan hidrologi; tergantung pada teknologi yang digunakan pada kemiringan hingga 50% atau 70%, sebaiknya pada permukaan lahan yang tidak kasar dan aksesibilitasnya baik. Non-fisik: input tenaga kerja rendah; rata-rata tingkat biaya medium; teknologi tradisional, semi-tradisional atau semi-maju; taraf pengelolaan medium atau tinggi, perencanaan yang intensif terhadap perlakuan silvikultur dan operasi panen, supervisi yang bagus dan intensif, fasilitas transpor yang baik, pelatihan personil.
7	Hutan tanaman kayu pulp	Fisik : data komposisi dan dimensi spesies; pada slope > 50% tidak peka terhadap erosi, potensi produktivitasnya baik, aksesibilitasnya baik dan permukaan tanah tidak kasar; unit-unit minimum > 5 ha, skala usaha > 500 ha.-

Bersambung ke halaman 65

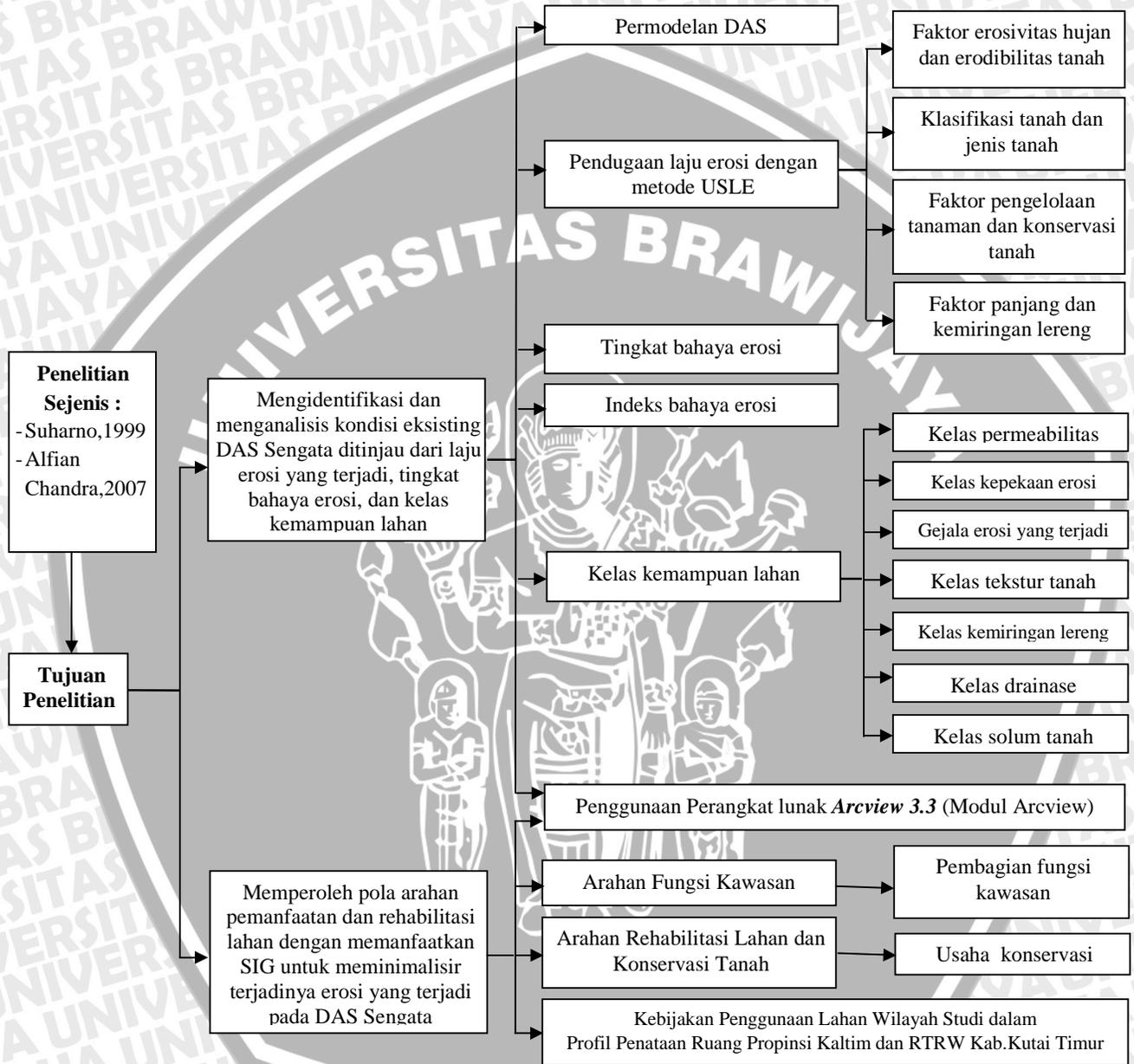
Lanjutan Tabel 2.13 Persyaratan Pokok bagi Setiap Tipe Pemanfaatan Lahan Hutan

8	Hutan tanam an kayu bakar	<p>Non-fisik : input tenaga kerja rendah; investasi kapital moderat, rataan tingkat biaya medium; teknologi semi tradisional atau semi- maju; taraf pengelolaan medium hingga tinggi, perencanaan yang baik dan intensif terhadap perlakuan silvikultur dan operasi pemanenan, fasilitas transportasi yang baik, pelatihan personil.</p> <p>Fisik: data tentang komposisi spesies dan potensial hasil; pada slope < 50% pada wilayah di dekat desa.</p> <p>Non-fisik : input tenaga kerja medium; investasi kapital rendah, rataan tingkat biaya medium hingga tinggi; teknologi tradisional; tingkat pengelolaan rendah atau medium, pada areal yang dapat tererosi operasi pemanenan lebih ekstensif.</p>
9	Hutan tanam an bambu	<p>Fisik : data komposisi spesies dan potensial hasil; sebaiknya padatanah-tanah yang subur.</p> <p>Non-fisik: input tenaga kerja rendah hingga medium; investasi kapital rendah; teknologi tradisional; taraf pengelolaan rendah hingga medium, penelitian tentang sistem pengelolaan dan potensial hasil.</p>
10	Hutan rakyat	<p>Fisik: data tentang komposisi spesies, potensi dan dimensi silvikultur; pada slope hingga 50%; DI sekitar wilayah desa.</p> <p>Non-fisik: input tenaga kerja rendah hingga medium; investasi kapital rendah; teknologi tradisional atau semi-tradisional; taraf pengelolaan medium, perencanaan dan implementasinya di bawah supervisi lembaga kehutanan.</p>
11	Agro hutani	<p>Fisik: data tentang komposisi spesies, potensial, dimensi dan hasil tanaman hutan dan tanaman pertanian, pengetahuan tentang kompetisi antara spesies pohon dan tanaman pertanian; pada tanah-tanah yang tingkat kesuburannya moderat dan peka erosi; pada slope < 30%; aksesibilitas internal dan eksternalnya baik.</p> <p>Non-fisik: input tenaga kerja medium; investasi kapital rendah hingga medium; teknologi tradisional atau semi-tradisional; taraf pengelolaan medium atau tinggi, perencanaan yang baik dan intensif terhadap penggunaan lahan ini, termasuk sistem penelitian dan pengelolaannya.</p>
12	Hutan tanaman konservasi tanah	<p>Fisik: data komposisi spesies, potensi dan dimensi silvikultur, data penutupan tajuk dan penutupan permukaan tanah; pada areal yang sangat peka erosi, dengan slope > 70%.</p> <p>Non-fisik: input tenaga kerja rendah; investasi kapital rendah; teknologi tradisional; taraf pengelolaan medium, pengetahuan tentang perlakuan silvikultur dan konservasi tanah.</p>
13	Hutan wisata	<p>Fisik: komposisi vegetasi yang sesuai, berselang-seling dengan tempat terbuka; kondisi iklim yang nyaman, lokasi kamping atau slope < 15%, aksesibilitas eksternal dan internal yang bagus, fasilitas rekreasi yang memadai.</p> <p>Non-fisik: input tenaga kerja medium hingga tinggi; investasi kapital medium hingga tinggi; teknologi tradisional atau semi-tradisional; taraf pengelolaan medium hingga tinggi, pengetahuan tentang pemanfaatan kawasan hutan untuk wisata.</p>

Sumber : www.dephut.go.id, 2009

2.9 Kerangka Teori

Kerangka teori merupakan alur teori yang akan dibahas untuk mengidentifikasi dan menganalisis masalah. Penjabaran kerangka teori yang digunakan dalam penelitian dapat dilihat pada gambar 2.25.



Gambar 2.25 Kerangka Teori

2.10 Penelitian Sejenis

Dalam suatu penelitian, keberadaan penelitian sejenis dapat sangat membantu dalam memberikan tambahan referensi dan memberikan gambaran yang lebih jelas terhadap objek yang diteliti maupun metode-metode yang dapat digunakan. Matriks penelitian sejenis dapat dilihat pada tabel 2.14.





