012/HD/TA/96
960012

TUGAS AKHIR

ANALISIS DATA EROSI LAHAN DAN ANGKUTAN SEDIMEN MELAYANG SUNGAI

(Studi Kasus Kali Serang, Sub-DAS Waduk Kedung Ombo)

Diajukan kepada Universitas Islam Indonesia
untuk memenuhi sebagian persyaratan memperoleh
derajat Sarjana Teknik Sipil

MILIK PERPUSTAKAAN
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK

oleh :

Nama : Umar Soko
No. Mhs : 86 310 254
Nirm : 865014330229

Nama : Rasianto Djuli Awan
No. Mhs : 89 310 098
Nirm : 890051013114120095

JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA
1995/1996

Bila engkau telah usai menuntut ilmu bermanfaat dan memperbarui lahir dan bathinmu, dan engkau masih mempunyai sisa waktu, maka habiskanlah sisa waktumu itu dengan mempelajari mazhab-mazhab fiqh Islami guna mengetahui rinci-rinci tertentu tentang ibadah kepada Allah, dan cara melerai orang berselisish. Hal ini termasuk kewajiban bersama.

(Bidayatul-Hidayah, Al-Ghazali)

Karya sederhana ini didedikasikan bagi mereka yang memandang matahari dengan tatapan yang tajam dan memegang api dengan jemarinya tanpa gemetar....

PRAKATA

Bismillahirrahmaanirrahiim
Assalmau'alaikum wr.wb.

Segala sanjungan dipersembahkan pada Allah yang Maha Agung, dimana atas berkat pemotivasian kosmis, rahmat dan hidayah-Nya, penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir dan laporannya dengan baik, sesuai prosedur yang berlaku.

Adapun Tugas Akhir ini ditunaikan dengan maksud untuk mendapatkan pemahaman pengetahuan lebih lanjut dialtar keilmuan, terutama untuk dapat mengakomodasikan ilmu teoritis ("basic knowledge") dengan hal ihwal yang berkenaan dengan pelaksanaan proyek dilapangan ("profesional knowledge"), yang sarat dengan berbagai permasalahan dan lintas disiplin ilmu, yang timbul sebagai "result" dari penerapan suatu kebijakan managerial operasionalisasi konstruksi sipil. Sehingga dari prosesi ini kelak, diharapkan penulis dapat memperoleh proporsi bekal pengalaman yang memadai.

Disamping itu pada konteks formal, Tugas Akhir ini juga dimaksudkan untuk memenuhi keinginan kurikulum Pendidikan Tinggi pada Fak.Teknik Sipil dan Perencanaan, Jurusan Teknik Sipil, bidang studi hidro, Universitas Islam Indonesia, sebagai salah satu prasyarat untuk menyelesaikan jenjang strata satu. sarjana (S 1) Teknik Sipil.

Dalam melaksanakan Tugas Akhir dan menyelesaikan penyusunan laporan ini penulis banyak menerima bantuan dan bimbingan dari banyak pihak antara lain :

1. Bapak Ir. Susastrawan, MS
   Dekan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan .
   Universitas Islam Indonesia.
2. Bapak Ir. Bambang Sulistiono, MSCE
   Ketua Jurusan Tek. Sipil . FTSP UII.
3. Ibu Ir. Endang Tantrawati, MS
   Dosen Pembimbing I Tugas Akhir
4. Bapak Ir. Ruzardi, MS
   Dosen Pembimbing II Tugas Akhir
5. Bapak Ir. Sugiyanto, M Eng.
   Dosen Fak. Teknik Sipil, UNDIP Semarang
6. Bapak Ir. Syafruddin, CES.
   Dosen Fak. Teknik Sipil, UNDIP Semarang
7. Bapak Ir. Aryo Nugroho, SU
   Bapak Ir.Munadhir,MS
   Dosen Jurusan Tek. Sipil . FTSP UII.
8. Ibu Ir. Mestika, Dipl.HE
   Kepala Staff Perencanaan, BPPIPWS JRATUNSELUNA
   Direktorat Jendral Pengairan. Dept.P.U.
9. Dan semua pihak yang telah banyak membantu yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.

Dengan disertai ucapan terima kasih dan simpati kepada semua pihak yang telah berjasa, baik langsung maupun tidak langsung telah ikut membantu Tugas Akhir penulis dan memungkinkan terwujudnya Laporan ini, semoga segala sesuatu yang telah diberikan tercatat sebagai 'amal shaleh disisi Allah, Amiin.

Berkenaan masih terbatasnya Ilmu Pengetahuan dan Pengalaman Penulis, maka apabila terdapat ketidak sempurnaan, baik menyangkut materi ataupun metoda penyajiannya, kritik dan advis yang membangun sangat penulis harapkan.

Billahittaufiq Wal hidayah

Wassalamu'alaikum wr.wb.

Yogyakarta, 04 november 1995

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL i

HALAMAN PENGESAHAN ii

HALAMAN PERSEMBAHAN iii

PRAKATA iv

DAFTAR ISI vi

DAFTAR GAMBAR ix

DAFTAR TABEL xi

DAFTAR LAMPIRAN xiii

ABSTRAK xiv

BAB I. PENDAHULUAN

1.1 LATAR BELAKANG..... 1

1.2 PERMASALAHAN..... 6

1.3 BATASAN MASALAH..... 7

1.4 TUJUAN PENELITIAN..... 9

BAB II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 EROSI 11

2.2 PREDIKSI SUMBER SEDIMEN (EROSI)..... 12

2.2.1 Erosi Percikan ("splash erosion")..... 16

2.2.2 Erosi Permukaan ("overland flow")..... 18

2.2.3 Erosi Alur ("rill erosion")..... 19

2.2.4 Erosi Selokan/Jurang ("gully erosion")..... 21

2.2.5 Erosi Massa ("mass wasting")..... 22

2.3 EROSI DIPERCEPAT DAN EROSI DIPERBOLEHKAN 23
2.4 FAKTOR YANG MEMPENGARUHI EROSI OLEH AIR..... 24

BAB III. LANDASAN TEORI

3.1 PENGUKURAN LANGSUNG EROSI LAHAN DILAPANGAN..... 29
3.2 PREDIKSI EROSI LAHAN DENGAN MUSGRAVE EQUATION.. 31
3.3 PREDIKSI EROSI LAHAN DENGAN FORMULA USLE (PUKT) 32
3.4 CARA MENENTUKAN NILAI FAKTOR-FAKTOR USLE..... 34
3.4.1 Faktor Erosivitas Hujan (R)..... 34
3.4.2 Faktor Erodibilitas Tanah (K)..... 41
3.4.3 Faktor Panjang Lereng dan Kemiringan (LS).... 47
3.4.4 Faktor Pola Pertanian/Tanaman (C)..... 49
3.4.5 Faktor Pengelolaan (P)..... 53

BAB IV. METODE PENELITIAN DAN PENDEKATAN

4.1 METODE PENELITIAN..... 56
4.1.1 Pengumpulan Data..... 57
4.1.2 Analisis Data..... 57
4.1.3 Penyusunan Kriteria/Tolak Ukur..... 58
4.1.4 Pembahasan 58
4.2 METODE PENDEKATAN 59

BAB V. HASIL PENELITIAN

5.1 KEADAAN UMUM DAS SERANG HULU..... 60
5.2 ANALISIS EROSI LAHAN DAS KALI SERANG
DENGAN FORMULA USLE (PUKT)..... 62
5.2.1 Pemetaaan dan Pendataan ("Plotting Sub-DAS"). 62

5.2.2 Perhitungan Erosi Lahan Sub-DAS kali Serang.. 62
5.3 PENYUSUNAN KRITERIA EROSI DAN PEMETAAN..... 65
5.4 MONITORING "SEDIMENT YIELD"
DENGAN "SEDIMENT TRANSPORT"..... 65
5.5 ANALISIS EROSI LAHAN DAN ANGKUTAN SEDIMEN MELA-
YANG YANG MASUK SUNGAI SERANG HULU 69

BAB. VI PENGENDALIAN LAJU SEDIMEN WADUK Kd. OMBO

6.1 UMUM..... 71
6.2 PENCEGAHAN EROSI DAN SEDIMENTASI PADA WADUK... 72
6.2.1 Kegiatan Dengan Metode Vegetatif..... 72
6.2.2 Kegiatan Dengan Metode Penyuluhan
dan Informasi Kehutanan (Non Teknis)..... 74
6.2.3 Kegiatan Dengan Metode Teknik Sipil..... 75
6.2.3.1 Pembuatan Dam Pengendalian..... 75
6.2.3.2 Pembuatan Bangunan Dam Penahan..... 77
6.2.3.3 Pembuatan Bangunan Pengendali Jurang 77
6.2.3.4 Pembuatan Teras 78
6.3 REKOMENDASI 79

BAB VII KESIMPULAN DAN SARAN

7.1 KESIMPULAN 81
7.2 SARAN 83

DAFTAR PUSTAKA 85
LAMPIRAN-LAMPIRAN 87

DAFTAR GAMBAR

1. Gambar 2.1

   Type Erosi 14

2. Gambar 2.2

   Perkembangan Erosi Selokan 22

3. Gambar 2.3

   Hubungan Faktor Yang Mempengaruhi Erosi 27

4. Gambar 3.1

   Pengukuran Erosi di lapangan 30

5. Gambar 3.2

   Nomograph Untuk Pendugaan Erodibilitas Tanah 45

6. Gambar 3.3

   Cara Menyatakan Kemiringan Lereng Dengan % 47

7. Gambar 4.1

   Skema Prosedur Penelitian 56

8. Gambar 5.1

   Plotting Peta Sub-DAS Kali Serang Hulu ... Lampiran-4

9. Gambar 5.2

   Peta Faktor Erosivitas Hujan Lampiran-5

10. Gambar 5.3

    Peta Faktor Indeks Erodibilitas Tanah Lampiran-6

11. Gambar 5.4

    Peta Faktor Kemiringan Lereng (Slope) Lampiran-7

12. Gambar 5.5

    Peta Faktor Pengelolaan Tanaman Lampiran-8

14.Gambar 5.6

Peta Bahaya Erosi Lampiran-9

8. Gambar 5.7

Skema Sediment Transport 67

9. Gambar 5.8

Model Erosi-Sedimen Pada Perhitungan luar AWLR ... 68

10.Gambar 6.1

Skets Dam Pengendali 76

11.Gambar 6.2

Skets Gully Plug 78

12.Gambar 6.3

Skets Sistem Teras 79

DAFTAR TABEL

1. Tabel 3.1
   Hubungan Antara Intensitas Hujan
   dan Kehilangan Tanah 37
2. Tabel 3.2
   Contoh Perhitungan Indeks Erosivitas Hujan .. 39
3. Tabel 3.3
   Klasifikasi Nilai Kepekaan Erosi Tanah 41
4. Tabel 3.4
   Klasifikasi Struktur
   yang Menggunakan Nomograph 43
5. Tabel 3.5
   Klasifikasi Permeabilitas
   Untuk Menggunakan Nomograph 45
6. Tabel 3.6
   Hasil Pengamatan Indeks Erodibilitas Tanah .. 46
7. Tabel 3.7
   Nilai Erodibilitas Beberapa Tanah di Jawa ... 47
8. Tabel 3.8
   Pengaruh Kemiringan Terhadap Erosi 48
9. Tabel 3.9
   Pengaruh Tanaman Terhadap Erosi
   dan Limpasan Permukaan 50
10. Tabel 3.10
   Limpasan Permukaan
   Pada Berbagai Macam Tanaman 51

11. Tabel 3.11
Nilai Faktor C X P Beberapa Tanaman
dan Pengelolaan Tanaman 54
12. Tabel 3.12
Nilai Faktor C X P Beberapa Tanaman dan
Pengelolaan Lahan di Indonesia 55
13. Tabel 3.13
Pengaruh Kemiringan Terhadap
Nilai Pengelolaan Contour 55
14. Tabel 5.1
Hasil Perhitungan Erosi Lahan DAS kali Serang
dengan Formula USLE 64.a- 64.e
15. Tabel 5.2
Hasil Perhitungan Sedimen Sungai pada Sub-DAS
Kali Serang-Waduk Kedung Ombo, 1986 67
16. Tabel 5.3
Hasil Perhitungan Sedimen Luar Pos AWLR 68
17. Tabel 6.1
Matriks Rekomendasi 80

DAFTAR LAMPIRAN

1. Surat Dekan FTSP.UII (Mohon Serta Penelitian)... 88
2. Surat Dekan FTSP.UII (Permohonan Data) 89
3. Gambar 5.1 (Plotting Peta DAS) 90
4. Gambar 5.2 (Peta Erosivitas) 91
5. Gambar 5.3 (Peta Erodibilitas) 92
6. Gambar 5.4 (Peta Slope) 93
7. Gambar 5.5 (Peta Faktor Tanaman) 94
8. Gambar 5.6 (Peta Bahaya Erosi) 95

ABSTRAK

Pengaruh erosi yang tinggi dapat dilihat dengan mata dengan keruhnya aliran sungai pada waktu terjadinya hujan, dan hal tersebut secara kuantitatif dapat diukur pada suatu pos duga air. Sedimen luruh ("Sediment yield") yang bergerak dalam suatu alur sungai dapat berbentuk sebagai "suspended load" dan "bed load". Berdasarkan penelitian terdahulu dan referensi yang ada, "sediment yield" berupa "suspended load" yang berasal dari erosi permukaan ("sheet erosion") sangat dominan, terdiri dari partikel-partikel halus dan melayang yang terangkut aliran sungai. Untuk dapat mengurangi "sediment yield" yang masuk ke aliran sungai, berarti harus mengurangi erosi permukaan yang terjadi pada "up-land".

Penelitian erosi lahan dan angkutan sedimen melayang sungai, merupakan usaha penelaahan dan penguraian atas data dalam kaitan pelestarian dan perbaikan kondisi pada daerah aliran sungai kali Serang hulu, sub-DAS waduk Kedung Ombo. Pada analisis data, formula "Universal Soil Los Equation" (USLE) diterapkan untuk menjabarkan erosi lahan dari masing-masing penggunaan lahan, yang sangat menentukan rata-rata erosi didaerah aliran sungai (DAS). Sehingga dari penelitian ini diharapkan suatu pedoman mengenai prediksi erosi lahan. Dan sebagai pembanding dimanfaatkan data "monitoring sediment transport" hasil penelitian Dept.Pekerjaan Umum, guna mendapatkan persentase "sediment delivery ratio" (SDR), untuk mengidentifikasi tingkat kerusakan daerah aliran sungai dalam kaitannya dengan erosi.

Berdasarkan hasil analisis erosi lahan pada DAS kali Serang tersebut, didapat ***total erosi sebesar = 1799901,3 Ton/Th. Rata-rata per Ha = 80 Ton/Ha/Th. Sedangkan besar angkutan sedimen melayang*** *= 27,89 Ton/Ha/Th (data Dept.P.U.). Dengan membandingkan besar sedimen melayang dan total erosi yang terjadi, dihasilkan* ***persentase SDR sebesar 34 %****, Nilai ini memberi gambaran, bahwa kerusakan DAS berlangsung secara cepat, karena nilai "sediment yield" yang cukup tinggi terhadap erosi yang sama. Dengan kata lain tanah yang tererosi akibat hujan dan limpasan permukaan efektif masuk kesungai, dan secara berkelanjutan akan terangkut kewaduk. Hasil analisa tersebut, menunjukan erosi DAS kali Serang relatif tinggi. Karena kerusakan yang ditimbulkan oleh erosi tidak hanya dirasakan oleh daerah dimana erosi terjadi (daerah hulu), tetapi juga didaerah yang dilalui (daerah tengah) dan daerah hilir, maka perlu adanya ikhtiar penanggulangan pada sumber erosi.*

Penelitian ini masih bersifat pendahuluan pada skala daerah aliran sungai kali Serang, oleh sebab itu perlu adanya studi erosi dan pemantauan angkutan sedimen sungai dimasa mendatang.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 LATAR BELAKANG

Sejalan dengan bertambahnya populasi, dalam usaha untuk memenuhi kebutuhan hidupnya, manusia telah memaksa tanah untuk berproduksi pada tingkat maksimum. Dalam usaha peningkatan produksi, biasanya manusia hanya terpaku pada tingkat produksi yang ingin dicapai. Jarang sekali ada pihak yang memperhatikan tanah sebagai sumber daya alam, yang mempunyai sifat tidak dapat diperbaharui ("non renewable"). Tindakan mengabaikan konservasi tanah dijumpai pada usaha peningkatan produksi persatuan luas, juga pada perluasan lahan.

Penggunaan mesin pertanian yang besar dan berat, dapat menyebabkan perubahan sifat fhisik tanah, disamping akan menghilangkan bahan organik, kapasitas infiltrasi dan penyimpanan air berkurang, sehingga akan memperbesar limpasan permukaan dan sebagai akibat lebih lanjut akan meningkatkan pengangkutan tanah.

Kebanyakan terjadinya tanah-tanah kritis dimulai dengan pembukaan hutan yang tidak bertanggung jawab, karena kurangnya pengetahuan dan pengalaman dalam mengelola tanah pertanian secara tepat dan benar, seperti sistem

ladang berpindah. Penebangan hutan disertai juga dengan pengurasan hasil hutan secara besar-besaran tanpa diimbangi upaya peremajaan (sistem tebang pilih). Akibatnya lahan yang ditinggalkan karena produksinya sudah rendah, menjadi terlantar. Hutan tropis yang selama ini menjadi paru-paru dunia, sekarang tinggal semak, padang ilalang , dan tererosi, sehingga tidak dapat berfungsi sebagaimana semestinya.

Sebenarnya masalah erosi di dunia bukan merupakan masalah yang baru. Erosi dan kerusakan tanah telah dikenal di USA pada tahun tiga puluhan. Pada survai yang dilakukan pada tahun 1934 (Bennet,1939) ditunjukkan bahwa 167 juta hektar tanah telah mengalami kerusakan, sedang di Indonesia laju erosi sudah mencapai 173 ton/ha/th (Sadikin,1975:PSLH Unibraw(1984-1986).

Melalui pendekatan Daerah Aliran Sungai (DAS), dapat dikemukakan bahwa pada saat ini hampir semua sungai besar di Indonesia telah digolongkan sebagai DAS kritis, bahkan 22 sungai dinyatakan sebagai super kritis termasuk semua sungai besar dipulau Jawa. Sedangkan ditinjau dari laju erosi, dapat dikemukakan bahwa laju erosi dibeberapa sungai di Indonesia sangat tinggi (Utomo,W.H.,1994).

Permasalahan ini semakin kompleks dengan kondisi curah hujan tropis yang berkisar dari 1500 mm sampai dengan 3000 mm/tahun, menyebabkan DAS mengalami kerusakan terutama yang menyangkut masalah tanah. Kerusakan daerah aliran sungai (DAS) di Indonesia telah dinyatakan sebagai

masalah nasional, bukan hanya masalah petani atau pengguna/pengelola tanah saja. Hal ini ditunjukkan dengan telah disosialisasikannya Program Rehabilitasi Lahan dan Konservasi Tanah (RLKT), yang dilaksanakan oleh Departemen Kehutanan, guna perbaikan kembali DAS-DAS yang rusak. Kerusakan yang ditimbulkan oleh erosi tidak hanya dirasakan oleh daerah dimana erosi terjadi (daerah hulu), tetapi juga di daerah yang dilalui (daerah tengah) dan daerah hilir. Didaerah hulu, dimana terjadi pengikisan dan pengangkutan lapisan tanah, akan terjadi penurunan kesuburan dan produktivitas tanah.

Ada tiga hal yang bertanggung jawab terhadap terjadinya penurunan produktivitas tanah karena erosi, yaitu :

1. Penurunan kandungan bahan organik
2. Penurunan kandungan hara tanaman
3. Kekurangan air.

Dalam proses erosi, tanah yang terkikis dan terangkut adalah lapisan tanah atas yang merupakan sumber kehidupan tanaman karena hanya pada lapisan ini tanaman dapat memperoleh hara yang cukup. Dengan terangkutnya bahan organik dan partikel halus oleh erosi maka akan terjadi perubahan sifat tanah. Keadaan lahan yang terbuka dan diikuti dengan pengangkutan bahan organik dan pemadatan tanah menyebabkan kapasitas infiltrasi tanah menurun. Akibatnya, jumlah air yang mengalir dipermukaan tanah

sebagai limpasan permukaan bertambah, dan air yang disimpan didalam tanah berkurang. Hal ini mengakibatkan kemampuan tanah dalam menyediakan air berkurang.

Pemanfaatan sumber daya air telah dilakukan dengan pendekatan teknologi modern sedemikian rupa seperti waduk, namun permasalahan timbul seiring dengan pembangunan waduk. Pada umumnya waduk-waduk di pulau Jawa menghadapi permasalahan yang hampir sama, yaitu laju sedimentasi di waduk yang tinggi. Dengan adanya sedimentasi di waduk tersebut, akan mempercepat penuhnya tampungan sedimen ("dead storage"), sehingga umur waduk akan lebih pendek dari rencana. Maka perlu adanya usaha untuk menekan laju erosi dan sedimentasi waduk. Perlu adanya penanggulangan pada sumber sedimennya, yaitu erosi pada "upland" daerah aliran sungai.

Penelitian ini akan menelaah dan menguraikan peristiwa alamiah tersebut dengan mempelajari kasus-kasus atas kejadian-kejadian khusus untuk mengetahui erosi pada suatu daerah aliran sungai dan hubungannya dengan angkutan sedimen melayang sungai ("suspended load") yang masuk kewaduk. Hal ini berdasarkan konsep dan proses pada umumnya bahwa, sedimen terutama sedimen melayang yang berasal dari erosi lahan akan sangat mempengaruhi sedimentasi waduk. Tegasnya erosi lahan sangat menentukan terhadap angkutan sedimen melayang di sungai yang akan masuk ke waduk, yang pada akhirnya sangat menetukan umur efektif ("life time") waduk pada waktu jangka panjang.

Erosi lahan akibat pengaruh penggunaan lahan adalah sangat bervariasi dan kondisional, untuk itu perlu dijabarkan erosi lahan dari masing-masing peruntukan lahan, yang sangat menentukan rata-rata laju erosi Daerah Aliran Sungai (DAS). Maka dari penelitian ini diharapkan dapat dihasilkan suatu penjabaran laju erosi lahan dan perhitungan sedimen melayang di sungai, diharapkan juga kaitannya, sehingga diharapkan adanya suatu pedoman mengenai prediksi erosi lahan dan sedimen yang mengalir ke hilir, untuk usaha konservasi lahan/tanah dan air.

Dalam pembicaraan mengenai usaha-usaha konservasi tanah yang harus/perlu dilakukan, terlebih dahulu perlu diketahui faktor penyebab kerusakan tanah, proses terjadinya kerusakan tanah, serta faktor-faktor yang mempengaruhinya baik yang dapat mempercepat atau memperlambat terjadinya proses tersebut. Setelah itu baru dapat ditentukan tindakan pengelolaan untuk memperkecil faktor-faktor yang mempercepat erosi dan memperbesar faktor-faktor yang menghambat erosi, dan faktor-faktor yang dapat memperbaiki kesuburan dan poduktivitas tanah.

1.2 PERMASALAHAN

Setiap sungai, baik sedikit ataupun banyak akan mengangkut bahan sedimen. Bahan sedimen yang diangkut sungai dapat berupa lumpur tersuspensi, maupun butir-butir tanah, pasir, kerikil atau benda padat lain sebagai benda terangkut sepanjang dasar sungai.

Karena endapan sedimen secara akumulatif makin lama makin banyak, waduk yang dibuat manusia akhirnya dapat penuh dengan endapan sedimen. Sebelum waduk benar-benar penuh dengan endapan sedimen, akumulasi sedimen pada suatu saat telah menyebabkan waduk tidak berfungsi secara memadai. Pada keadaan ini sering dikatakan waduk telah mati. Hal ini tentu saja akan sangat mengurangi efektivitas daya guna sungai, atau waduk tersebut sehubungan dengan fungsinya sebagai sumber kebutuhan air untuk manusia. Sebagai akibat lebih lanjut, dengan adanya sedimentasi ini, dasar sungai atau waduk menjadi dangkal sehingga memudahkan terjadinya banjir.

Kerugian yang diakibatkan terjadinya banjir sangat besar sekali, baik yang langsung dapat dihitung, misalnya kerusakan rumah dan bangunan lainnya, lahan pertanian, maupun yang tak dapat dihitung, antara lain terganggunya sekolah atau kegiatan vital manusia dan lain sebagainya. Dan sangat disadari, bahwa biaya yang dikeluarkan untuk mengatasi bahaya banjir ini sangat besar, tetapi hasilnya masih belum efektif.

Disiplin ilmu angkutan sedimen ("sediment transport") memberikan rumus-rumus hasil analisis yang dapat digunakan untuk pedoman pengumpulan data dan melakukan perhitungan guna memprediksi laju erosi dan sedimentasi pada waduk. Namun disadari parameter yang digunakan sangat variatif dan kondisional. Sehingga untuk penyelesaian masalah sedimentasi pada waduk, hal yang umum dilaksanakan adalah menyediakan sebagian dari volume tampungan waduk untuk tampungan endapan sedimen.

1.3 BATASAN MASALAH

Secara alamiah erosi selalu dan akan terjadi, sedimen akibat erosi lahan akan masuk ke sungai, namun berapa persentasenya akibat pengaruh topografi dan pengelolaan lahan sulit diprediksi dengan pasti, karena parameter penggunaan lahan sangat bervariasi dan kondisional.

Pada konteks ini, yang menjadi akar permasalahan adalah berapa besar erosi lahan untuk masing-masing penggunaan lahan, yang akan menentukan rata-rata laju erosi sub daerah aliran sungai (DAS) dan bagaimana pengaruhnya terhadap angkutan sedimen melayang di sungai yang akan masuk ke waduk.

Untuk memprediksi sedimen akibat erosi lahan tersebut, secara umum ada dua rumus empiris yang dapat dipakai sebagai pendekatan (lihat vanoni,V.A., 1977, Sedimentation Engineering), yakni USLE (Universal Soil Loss Equation) yang dikembangkan oleh smith (1960), dan rumus empiris Musgrave (Musgrave Equation,1947), yang merupakan rumus pendahulu yang kelak dikembangkan oleh Wiscmeir dan Smith (1978) menjadi formula USLE. Dalam penelitian ini persamaan Musgrave tidak dipakai secara khusus, prediksi dan analisis lebih berorientasi pada pendekatan yang umum dipakai secara luas yaitu formula Persamaan Umum Kehilangan Tanah (PUKT) atau USLE. Prediksi dilakukan diatas peta daerah aliran sungai, yang diplot berdasarkan data peta topografi, land use dan peta geologi pada lokasi DAS yang diteliti. Dengan didukung data curah hujan dan studi

pustaka, analisis dapat dilakukan, sehingga dapat menghasilkan perumusan dan penetapan tolak ukur permasalahan, dan penanggulangannya.

Mengingat lahan Daerah Aliran Sungai waduk Kedung Ombo yang begitu luas, meliputi 7 (tujuh) sub-DAS, dengan luas area ± 614,0 km^2, maka penelitian dan analisis data ini diarahkan pada satu sub-DAS saja. Meskipun hanya satu kasus (1 sub-DAS) yang dikemukakan, namun pada dasarnya prinsip-prinsip analisisnya dapat diterapkan dalam semua sub-DAS, dengan demikian, muatan-muatan materi penelitian dan analisis data ini, akan dapat dijadikan sebagai suatu panduan secara luas untuk analisis permasalahan pada sub-DAS lain berdasarkan pendekatan analitik secara sistematik. Untuk itu dipilih sub-DAS ka-li Serang, dengan pertimbangan, sub-DAS kali Serang memiliki luas lahan yang terbesar dibanding dengan sub-DAS - sub-DAS waduk Kedung Ombo lainnya, yakni seluas ± 190,0 Km^2.

1.4 TUJUAN PENELITIAN

Penelitian ini berdasar pada data pengukuran langsung parameter sedimen di lapangan (data Dept.P.U.) sebagai angkutan nyata yang akan masuk ke Waduk. Perhitungan erosi lahan di daerah aliran sungai (DAS), didasarkan pada masing-masing penggunaan lahan seperti daerah persawahan, tegalan, hutan dan peruntukan tanah lainnya. Sehingga diperoleh tingkat erosi masing-masing penggunaan lahan dan rata-rata erosi sub daerah aliran sungai. Data angkutan sedimen melayang di sungai dibandingkan dengan berapa besar/total erosi lahan yang terbawa limpasan permukaan ke sungai dan masuk ke waduk.

Jadi penelitian ini bertujuan,

1. Untuk mendapatkan rata-rata laju erosi daerah aliran sungai, termasuk erosi lahan dari masing-masing penggunaan lahan.
2. Untuk mendapatkan nilai perbandingan besarnya angkutan sedimen melayang sungai (data sekunder) dan total erosi lahan yang diperoleh dari analisis faktor-faktor formula USLE.
3. Berdasarkan gambaran hubungan tersebut di atas dimaksudkan untuk menentukan cara dan lahan/kawasan yang perlu ditanggulangi secara serius erosinya (konservasi lahan), untuk menekan laju erosi dan sedimentasi.

BAB II
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 EROSI

Ellison (1947) dan Morgan (1986) mengemukakan bahwa erosi merupakan proses pelepasan butir-butir tanah dan proses pemindahan atau pengangkutan tanah yang disebabkan oleh air atau angin.

Erosi pada dasarnya adalah proses perataan kulit bumi. Proses ini terjadi dengan penghacuran, pengangkutan, dan pengendapan. Di alam ada dua penyebab utama yang aktif dalam proses ini yakni angin dan air. Erosi yang disebabkan oleh angin disebut erosi angin, dan erosi jenis ini terutama dialami didaerah yang kering atau padang pasir (misalnya di Afrika, Timur Tengah, Australia).

Di daerah tropis basah seperti di Indonesia, penyebab erosi yang paling dominan adalah air. Proses erosinya disebut erosi air. Air yang menyebabkan erosi adalah air hujan/pukulan air hujan, air limpasan permukaan, air sungai, air danau dan air laut. Ketiga yang terakhir ini menyebabkan terkikisnya tebing sungai, danau dan pantai. Pada tugas akhir ini, dibatasi pada erosi yang disebabkan oleh aktivitas air hujan, dalam hal ini termasuk air limpasan permukaan.

PERPUSTAKAAN FAKULTAS TEKNIK

2.2 PREDIKSI SUMBER SEDIMEN (EROSI)

Begitu air hujan mengenai kulit bumi, maka secara langsung hal ini akan menyebabkan hancurnya aggregat tanah. Pada keadaan ini penghancuran aggregat tanah dipercepat dengan adanya daya penghancuran dan daya urai dari air itu sendiri. Hancuran dari aggregat tanah ini akan menyumbat pori-pori tanah, sehingga berakibat kurangnya infiltrasi. Sebagai akibat lebih lanjut, akan mengalir di permukaan tanah, yang disebut dengan limpasan permukaan ("run off"). Air yang mengalir pada permukaan kulit bumi ini mempunyai energi untuk mengikis dan mengangkut partikel-partikel yang telah dihancurkan, baik oleh air hujan maupun oleh adanya limpasan permukaan itu sendiri.

Partikel-partikel yang halus yang hancur tertahan di pohon-pohon, di cekungan, kolam-kolam dan sebagian diangkut ke anak-anak sungai dan masuk ke sungai yang lebih besar yang merupakan angkutan sedimen. Partikel sedimen berusaha mengendap pada dasar sungai yang disebabkan oleh gaya gravitasinya, tetapi sementara itu sebagian tetap melayang ke atas karena adanya turbulensi dari aliran. Dan apabila partikel sampai pada suatu waduk, maka kecepatan aliran turbelensinya mengurang sehingga partikel yang lebih besar akan mengendap terlebih dahulu, yang lebih halus mungkin berjalan terus, mungkin juga mengendap pada bagian lain didasar reservoir didekat dam dan sebagian lagi lolos pada saluran pengeluaran ("outlet"),

melalui pintu sluice, turbin dan spillway.

Sehingga dengan adanya erosi di daerah pengaliran mengakibatkan :

1. Berkurangnya produktifitas lahan
2. Berkurangnya aliran air sungai-sungai dan mata air pada musim kemarau
3. Kualitas air terganggu terutama untuk keperluan rumah tangga
4. Dapat meningkatkan bahaya banjir, baik frekwensi maupun besarnya banjir
5. Mengurangi umur waduk akibat pendangkalan karena adanya sedimentasi

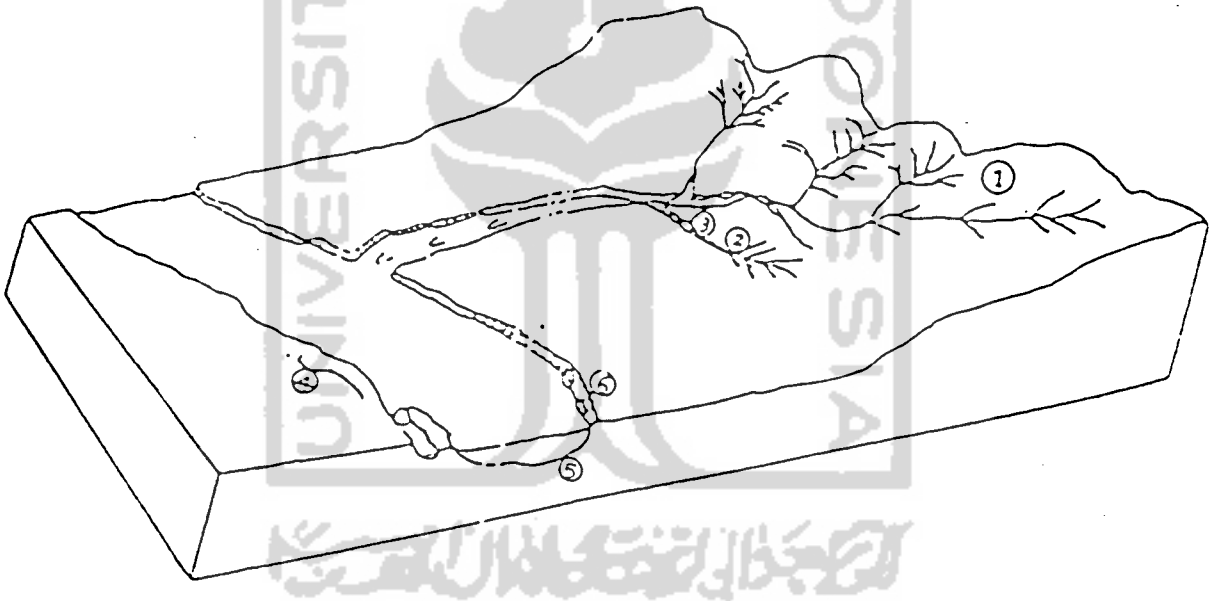
Dengan demikian Untuk mengetahui besarnya erosi yang terjadi di daerah pengaliran yang masuk ke waduk diperlukan analisis yang cermat dan teliti terhadap tiga proses erosi yang bekerja secara berurutan, yaitu penghancuran, pengangkutan dan pengendapan, untuk memperoleh gambaran yang mendekati kebenaran,

Penghancuran agregat tanah terjadi karena pukulan air hujan dan kikisan air limpasan permukaan. Disamping itu massa tanah yang terangkat dalam limpasan permukaan, terutama debu, pasir dan kerikil didalam perjalanan menuju tempat pengendapan juga mampu untuk menggerus permukaan tanah.

Para pakar konservasi tanah mengklasifikasi erosi berdasarkan bentuknya, yaitu :

a. erosi lembar/permukaan ("sheet erosion").
b. erosi alur/parit ("rill erosion").
c. erosi selokan/jurang ("gully erosion").

Secara skematis, type erosi dapat dilihat pada gambar 2.1.



1. Sheet and rill erosion
2. Rill erosion
3. Gully erosion
4. Floodplain scour
5. Streambed degradation
6. Streambank scour.

Gambar 2.1 Tipe Erosi

(dikutip dari Vanoni,V.A.,1977, Sedimentation Engineering)

Erosi lembar/permukaan ditandai dengan pengikisan permukaan kulit bumi secara merata, dan gejala ini sukar dikenal sehingga baru diketahui dalam waktu yang lama. Jika air yang mengalir pada permukaan terkumpul dalam jumlah yang cukup banyak pada suatu tempat akan menyebabkan tanah yang tererosi dari tempat terkumpulnya air tersebut lebih besar dari pada erosi tempat lain sehingga akhirnya membentuk selokan-selokan kecil (alur), maka gejala ini disebut erosi selokan/jurang ("gully"). Perbedaan antara erosi alur/parit dengan erosi selokan/jurang pada ukuran dan keterlanjutannya. Erosi alur/parit masih bisa diperbaiki dengan pengolahan tanah. Sedang erosi selokan/jurang sudah tidak mungkin lagi. Disamping itu selokan pada erosi selokan mempunyai hubungan langsung dengan saluran pembuang utama.

Klasifikasi tersebut diatas saat sekarang sudah dirasa kurang sesuai, karena dalam klasifikasi tersebut tidak memperhitungkan kekurangan agregat yang terjadi karena pukulan air hujan. Sebagaimana telah diuraikan dimuka, pukulan air hujan merupakan fase pertama dan terpenting dari erosi (Hudson, 1976). Lebih lanjut sebenarnya hampir tidak ada kenyataan yang menunjukkan bahwa limpasan permukaan mempunyai kedalaman dan kekuatan yang sama pada semua tempat sehingga mengikis permukaan bumi secara merata .

Oleh karena itu Morgan (1979), membedakan bentuk erosi menjadi :

a. erosi percikan ("splash erosion").
b. erosi limpasan permukaan ("overland flow/surface run off erosion").
c. erosi alur/parit ("rill erosion").
d. erosi selokan/jurang ("gully erosion").

Pengamatan di Indonesia, disamping keempat bentuk tersebut, ternyata seringkali juga terjadi perpindahan massa tanah secara bersama-sama. Kejadian ini terutama terjadi pada tanah yang lapisan tanah atasnya sangat dangkal, atau terletak diatas lapisan tanah yang tidak tembus air, juga pada teras yang baru dibangun. Proses ini oleh Carson dan Utomo (1986) disebut erosi massa ("mass wasting") untuk membedakan dengan tanah longsor.

Disamping kelima bentuk erosi tersebut, ada bentuk khusus erosi yaitu tanah longsor ("land slide") dan erosi yang terjadi pada tebing sungai, danau atau laut ("stream bank erosion").

2.2.1 Erosi Percikan ("Splash Erosion")

Air hujan yang jatuh pada permukaan tanah menimbulkan gaya geser dan tekanan (Al-Durrah dan Bradford, 1982). Disamping itu air yang merupakan molekul dipolar juga mempunyai gaya urai. Oleh karena itu air hujan sesampainya pada tanah akan menyebabkan terjadinya dis-

persi dan konsolidasi.

Sebagai benda alam, air hujan mempunyai dua bentuk energi yakni : energi potensial (Ep), dan energi kinetik (Ek). Energi potensial yaitu hasil perbedaan dari tempat kedudukan (tinggi) suatu benda terhadap benda lain, dan merupakan hasil perkalian dari massa benda (m dalam kg), perbedaan tinggi (h : dalam meter), dan percepatan gravitasi (g : dalam meter/detik^2). Sehingga,

$$Ep = m\ g\ h \qquad (2.1)$$

dengan satuan kg m^2 s^{-2} atau dalam S.I, unit dinyatakan dengan satuan Joule (J).

Untuk menghancurkan agregat, energi potensial dirubah menjadi energi kinetik (Ek), yakni energi pergerakan. Energi kinetik berhubungan dengan massa suatu benda (kg) dan kecepatan (m s-1).

Dispersi dan konsolidasi menyebabkan terjadinya lapisan tipis keras pada permukaan tanah, yang disebut lapisan kerak ("crust"). Kerak ini terbentuk sebagai akibat adanya dispersi partikel halus agregat tanah, dan selanjutnya partikel yang terurai ini menyumbat pori-pori tanah. Karena adanya gaya tekan hujan, maka terjadilah konsolidasi atau pengerasan lapisan tanah tersebut.

Lapisan kerak ini mempunyai sifat tidak tembus air ("impermeable"). Akibatnya kapasitas infiltrasi akan menurun, dan terjadi limpasan permukaan.

2.2.2 Erosi Permukaan ("Overland Flow")

Sebagaimana telah diuraikan dimuka, tebal aliran air pada prmukaan tanah tidak pernah merata. Oleh karena itu kemampuan untuk mengikis tanah juga tidak sama pada semua tempat.

Untuk mengetahui keganasan limpasan permukaan, pada umumnya para pakar hidrologi mencirikan limpasan permukaan dengan bilangan Reynold (Re) dan bilangan Froude (F), yaitu :

$$Re = \frac{vr}{\nu} \qquad (2.2)$$

$$Fr = \frac{v}{\sqrt{g\ r}} \qquad (2.3)$$

dimana r : jari-jari aliran, untuk aliran permukaan adalah tebal aliran
g : gaya gravitasi
ν : viskositas air.
v : kecepatan

Bilangan Reynold dan Froude merupakan index kederasan aliran, jadi juga kemampuan limpasan permukaan merusak tanah. Semakin besar nilai bilangan Re dan Fr makin besar kemampuan limpasan permukaan untuk mengerosi permukaan tanah. Jika Re < 500 menyatakan bahwa aliran permukaan kurang atau tidak terjadi erosi. Jika Re > 2000, dikatakan bahwa aliran permukaan sangat erosif. Jika nilai Fr < 1,0 aliran permukaan disebut aliran tenang: dan jika nilai Fr > 1,0 menyatakan bahwa aliran yang terjadi adalah aliran deras.

Daya rusak limpasan permukaan terutama dipengaruhi oleh kecepatan aliran. Pada kecepatan rendah dan aliran tenang, limpasan permukaan tidak menyebabkan erosi. Baru setelah mencapai nilai kecepatan tertentu, limpasan permukaan mampu mengerosi tanah yakni apabila energi, limpasan permukaan sudah lebih besar dari ketahanan tanah.

Kecepatan aliran tergantung pada

1. kedalaman aliran
2. kekasaran permukaan
3. kemiringan

sebagaimana dinyatakan dalam persamaan Manning (dalam Morgan, 1979), yaitu :

$$v = \frac{r^{2/3} \; s^{1/2}}{n} \qquad (2.4)$$

dimana v : kecepatan
r : kedalaman aliran
s : kemiringan (m m^{-1}), atau kadang-kadang dinyatakan dalam tg δ atau sin δ (δ gradient) pada kemiringan yang tidak terlalu curam.
n : koefisien Manning untuk kekasaran permukaan.

2.2.3 Erosi Alur ("Rill Erosion")

Pada umumnya para pakar sependapat bahwa alur terbentuk pada jarak tertentu kearah bawah lereng, dimana aliran permukaan terkumpul dan membentuk selokan kecil ("chanel"). Pengamatan yang dilakukan oleh Morgan (1979), membuktikan bahwa alur juga dapat terbentuk pada permu-

kaan dekat kaki lereng, dimana terjadi aliran deras yang terjadinya secara tiba-tiba karena adanya rintangan kecil pada daerah tersebut. Perlu diketahui bahwa alur-alur yang terbentuk kebanyakan merupakan alur yang tidak terus ada lanjutannya, dan pada umumnya tidak mempunyai hubungan langsung dengan sungai atau saluran pembuang utama.

Dengan adanya aliran yang terpusat ini, maka dapat diharapkan bahwa erosi alur merupakan penyebab utama timbulnya endapan. Dengan plot sepanjang 4,5 m, Mucthler dan Young (1975) menunjukkan bahwa lebih dari 80% endapan yang ada adalah diangkut oleh erosi alur. Hal ini tidak berarti bahwa erosi pukulan air hujan dan aliran permukaan tanah tidak berpengaruh pada endapan. Bahkan Foster dan Meyer (1975) menghitungkan lebih erosi tersebut. Disini aliran permukaan tanah mengangkut tanah yang dihancurkan oleh pukulan air hujan (di daerah alur) kedalam alur.

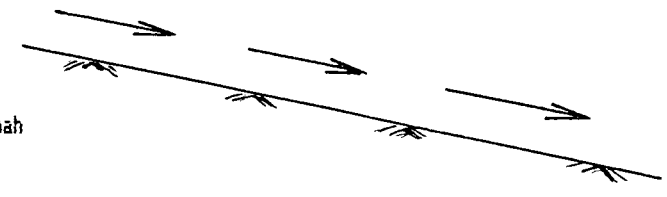
Efektivitas erosi alur dalam mengikis dan mengukur tanah tergantung dari jarak alur yang satu dengan yang lainnya. erosi alur akan efektif pada jarak alur yang sempit misalnya di Ondernaarde dimana alur terjadi pada jarak 8 sampai 9 m. Jika jarak alurnya lebar, misalnya di Bedford Shire yaitu 330-350 m kehilangan tanah sebagian besar karena erosi permukaan (Morgan 1979).

2.2.4 Erosi Selokan/jurang ("gully erosion")

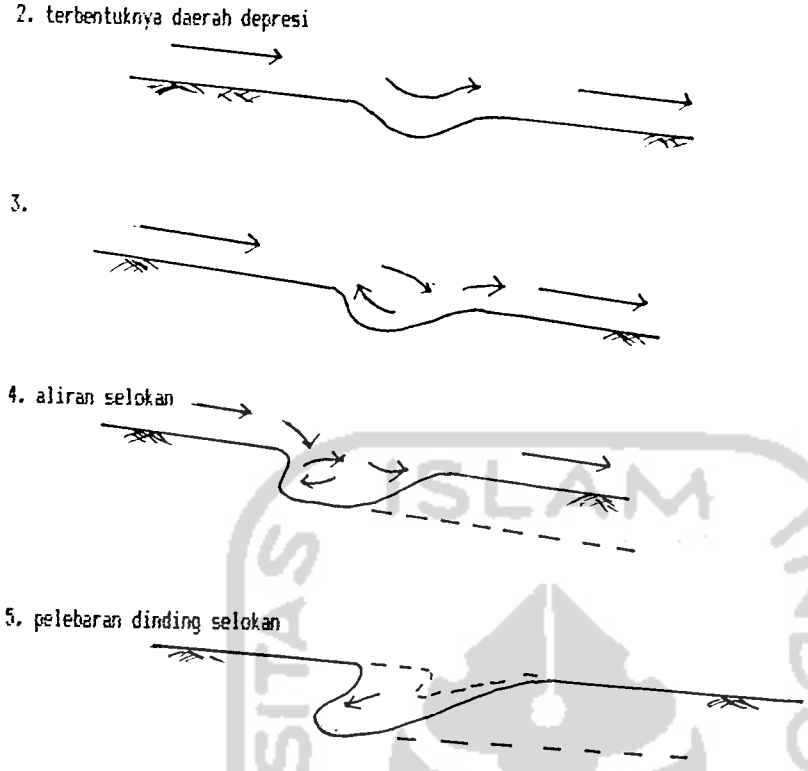
Pada mulanya erosi selokan dianggap sebagai perkembangan lanjut dari erosi alur. Walau dugaan ini tidak salah, tetapi ternyata terjadinya erosi selokan lebih kompleks. Suatu penyelidikan yang telah dilakukan oleh Ologe (1972) menunjukkan bahwa selokan dapat terbentuk dari adanya proses pelembahan setempat karena terbukanya penutup tanah (misalnya, karena penggembalaan atau kebakaran). Selanjutnya air terpusat daerah ini dan terbentuk saluran yang makin lama makin besar sehingga akhirnya terbentuklah selokan yang permanen (Gambar 2.2).

Selokan tidak selalu terbentuk dari erosi permukaan. beberapa penelitian menunjukkan bahwa selokan dapat juga terbentuk karena aliran bawah tanah ("subsurface flow") sebagaimana dikemukakan oleh Berry dan Ruxton (Morgan, 1979).

1. Pengangkutan tanah oleh limpasan permukaan



Penutupan tanah terbuka



Gambar 2.2 Perkembangan erosi selokan (Morgan, 1979).

2.2.5 Erosi Massa ("Mass Wasting")

Proses erosi ini terjadi dengan cara sejumlah tanah secara bersama-sama berpindah terangkut oleh air yang terkumpul. Erosi terjadi karena adanya pengumpulan air pada lapisan atas telah jenuh air, sedang lapisan dibawahnya tidak dapat menyerap air, maka gaya geser melebihi kekuatan geser tanah sehingga massa tanah lapisan atas tersebut secara bersama-sama bergerak.

Jika berbicara pergerakan massa tanah para pakar konservasi tanah selalu berfikir tanah longsor ("land slide"), sehingga sampai dewasa ini tidak banyak diperhatikan. Tetapi pengalaman pada akhir-akhir ini menunjukkan bahwa erosi massa juga memegang peranan yang penting

pada proses erosi lahan (khususnya erosi lahan). Proses ini terutama terjadi pada lahan miring yang kedalaman efektifnya dangkal, dan pada teras yang baru di bangun (Utomo, *et al.*, 1983) atau teras yang kurang terpelihara (Sastry dan Narayana, 1984).

2.3 EROSI DIPERCEPAT DAN EROSI DIPERBOLEHKAN

Aktivitas manusia, misalnya usaha pertanian, pada umumnya tidak ada yang hasilnya memperlambat laju erosi alam, bahkan justru sebaliknya justru mempercepat laju erosi. Erosi yang demikian ini disebut erosi dipercepat ("accelerated erosion"), artinya proses erosi kecepatannya sudah jauh melebihi kecepatan proses pembentukan tanah. Jika keadaan sudah seperti ini maka sudah saatnya diusahakan pengendalian laju erosi sehingga dapat kembali pada batas keseimbangan alam, dan disebut erosi diperbolehkan.

Penentuan nilai batas erosi yang diperbolehkan (Edp) ("permissible limit erosion") sangat sulit karena dipengaruhi oleh keadaan tanah dan tujuan pemanfaatan tanah. Akan tetapi pada prinsipnya dapat dikemukakan bahwa nilai batas erosi yang diperbolehkan adalah nilai laju erosi yang tidak melebihi laju pembentukan tanah.

Dengan kecepatan kehilangan tanah lebih kecil dari laju pembentukan tanah, maka diharapkan produktivitas tanah tidak menurun. Sehubungan dengan nilai ini Mc. Cormack *et al.*, (1979) memberi batasan Erosi diperboleh-

kan (Mc. Cormack menggunakan istilah ("Soil loss tolerance") adalah kecepatan maksimum kehilangan tanah pertahun yang diperbolehkan agar produktivitas tanah dapat mencapai tingkatan optimal dalam waktu yang lama. Batasan yang digunakan disini ditinjau dari segi agronomi. Wischmeier dan Smith (1978) mengemukakan bahwa dalam penentuan nilai Edp harus mempertimbangkan:

1. ketebalan lapisan tanah atas
2. sifat fisik tanah,
3. pencegahan terjadinya selokan,
4. penurunan bahan organik,
5. kehilangan zat hara tanaman.

Kedalam kelima faktor Wischmeier dan Smith (1978) perlu ditambahkan kecepatan pembentukan tanah. Jadi didaerah dimana proses pembentukan tanahnya cepat, nilai batas erosi yang diperbolehkan (Edp) tentunya juga lebih besar dari pada di daerah yang proses pembentukan tanahnya berjalan lebih lambat.

2.4 FAKTOR YANG MEMPENGARUHI EROSI OLEH AIR

Sebagaimana telah diuraikan, 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 segi faktor penyebab,

PERPUSTAKAAN FAKULTAS TEKNIK

yang dinyatakan dalam erosivitas, dan faktor tanah yang dinyatakan dalam erodibilitas. Jadi kalau dinyatakan dalam fungsi maka :

$$A = f\ ((\text{Erosivitas}),(\text{Erodibilitas})) \qquad (2.5)$$

dengan : A = Erosi

f = fungsi

Di alam, proses erosi tentu tidak sesederhana hasil kali erosivitas dan erosibilitas saja, tetapi juga dipengaruhi oleh faktor-faktor yanng berpengaruh terhadap kedua variabel tersebut. Erosivitas dipengaruhi oleh adanya vegetasi dan kemiringan, dan erodibilitas juga dipengaruhi oleh adanya vegetasi, dan aktivitas manusia. Oleh karena itu dapat dikemukakan bahwa erosi adalah fungsi dari hujan (H), tanah (T), kemiringan (K), vegetasi (V), dan manusia (M). Jadi ;

$$A = f\ (H, T, K, V, M) \qquad (2.6)$$

Artinya erosi akan dipengaruhi oleh sifat hujan, sifat tanah, derajat dan panjang lereng, adanya penutup tanah yang berupa vegetasi dan aktivitas manusia dalam hubungannya dengan pemakaian tanah. Jika persamaan (2.5) diuraikan menjadi persamaan (2.6) dalam hal ini erosivitas dikelompokkan menjadi sifat yang menentukan energi (R), faktor yang mempengaruhi besarnya energi (lereng;

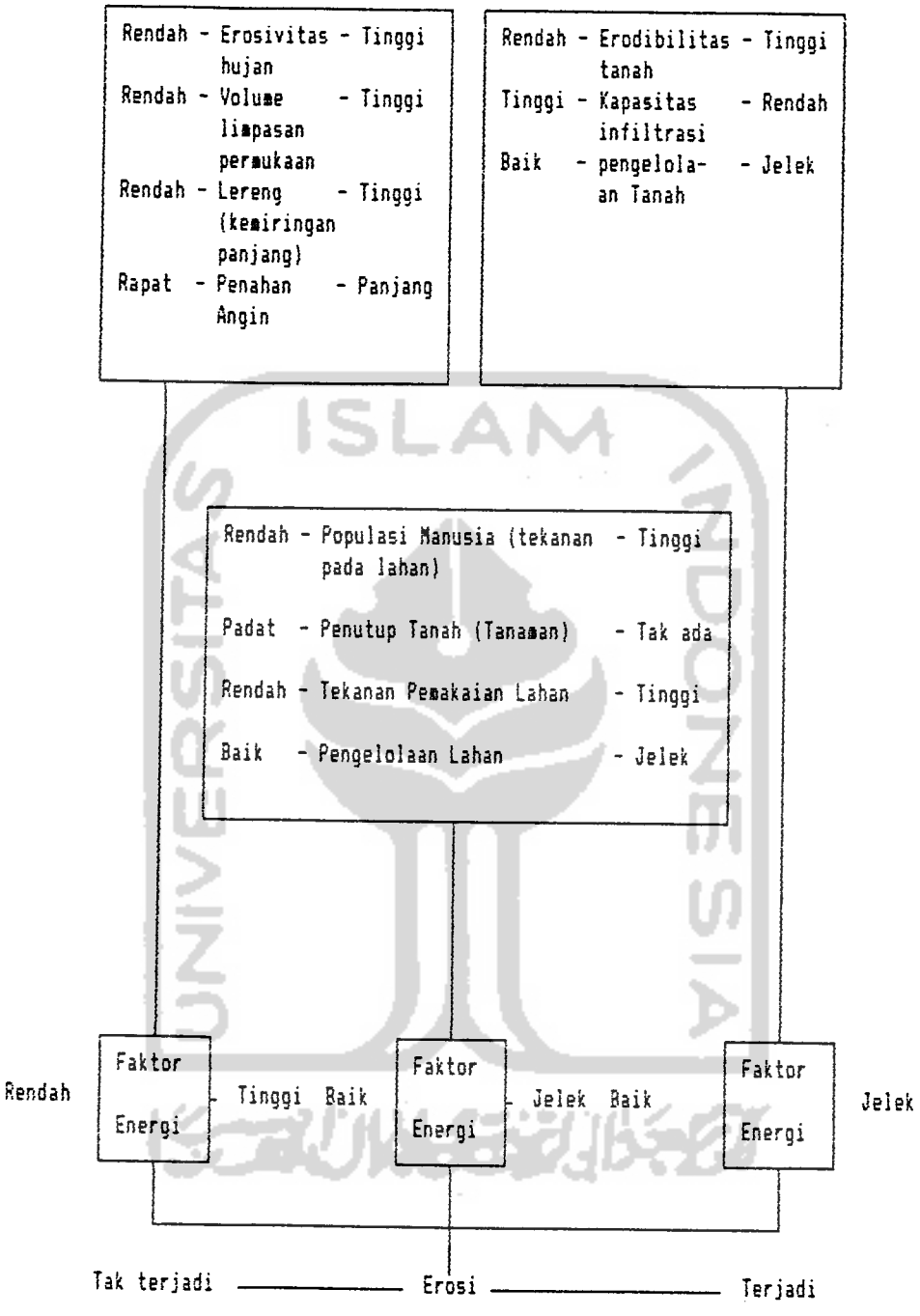
baik kemiringan (S), maupun panjang (L)), dan faktor erodibilitas diuraikan menjadi sifat tanah (K), dan faktor yang memodifikasikan yaitu tanaman (C), dan pengelolaan (P), maka persamaannya adalah ;

$$A = R \times K \times L \times S \times C \times P$$

dimana : A = adalah Jumlah tanah yang hilang (ton/ha).

Persamaan ini digunakan untuk menghitung erosi dan dikenal dengan persamaan umum kehilangan tanah (PUKT), yang dikembangkan oleh Wischmeier dan Smith (1978), PUKT ini akan dibahas lebih mendalam pada bab III.

Morgan (1979) menguraikan kemungkinan terjadinya erosi berdasarkan faktor energi, faktor ketahanan tanah, dan faktor pelindung. (lihat gambar 2.3).



Gambar 2.3
Hubungan faktor yang mempengaruhi erosi
(Morgan,1979)
(Sumber Utomo,W.H., Erosi dan Konservasi)

Jika faktor-faktor yang menentukan nilai energi, dalam hal ini hujan, limpasan permukaan, angin, lereng, tinggi. Faktor ketahanan tanah, dalam hal ini erodibilitas, kapa sitas infiltrasi dan pengelolaan tanah jelek, dan faktor pelindung yaitu: tanaman yang menutup tanah, tekanan penduduk akan lahan jelek, maka akan terjadilah erosi. Sebaliknya jika faktor yang menentukan nilai rendah, nilai faktor ketahanan tanah baik, dan nilai pelindung baik, maka erosi tidak akan terjadi.

BAB III
LANDASAN TEORI

3.1 PENGUKURAN LANGSUNG EROSI LAHAN DI LAPANGAN

Pengukuran langsung dilakukan dengan percobaan. Pengukuran jumlah tanah yang hilang dapat di kerjakan pada petak erosi kecil atau daerah tampung mini ("sub watershed"). Pada dasarnya, makin besar ukuran daerah yang diamati, makin baik data yang dikumpulkan. Tetapi kalau terlalu luas, karena banyaknya variabel yang berada di dalam daerah yang di amati, kita hanya dapat mengukur jumlah tanah yang tererosi. Pada keadaan ini kita tidak mampu mempelajari proses erosi, atau peranan faktor-faktor yang mempengaruhi erosi.

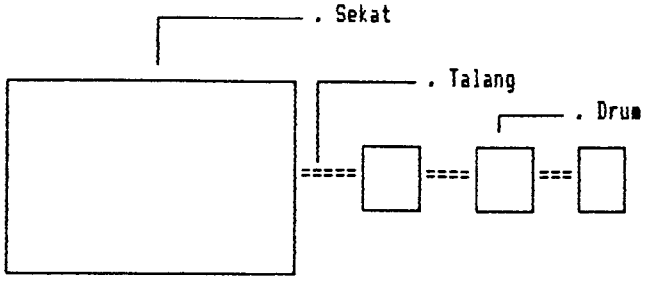
Untuk mengukur jumlah tanah yang tererosi, pada bagian bawah daerah yang di amati dibangun bak penampung tanah yang terangkut atau bak Thompson. Bangunan penampung tanah ini biasanya dibuat dari bahan semen. Bangunan ini sifatnya permanen, sehingga tidak dapat dipindah-pindah. Jika kita mengadakan pengukuran pada lahan petani, bangunan tersebut harus dapat dipindahkan setelah pengukuran selesai sehingga bangunan dari bahan semen tidak dianjurkan.

Bak Thompson dibangun pada saluran keluar ("outlet") suatu daerah aliran, dan mempunyai penampang lintang berbentuk trapesium pada bagian pelimpah dibangun bentuk

V (lihat Utomo,W.H.,1994). Pengamatan dilakukan terhadap debit, bahan terangkut dan bahan yang diendapkan. Dengan data ini kita dapat menghitung jumlah tanah yang tererosi dari suatu daerah aliran.

Pembuatan bangunan penampung erosi baik dari bahan semen maupun dari drum memerlukan biaya yang mahal. Jika hanya ingin mengukur jumlah tanah yang hilang cara tersebut dapat disederhanakan seperti yang dikerjakan oleh sang peneliti CIAT di Colombia (Howler, Utomo,W.H.,1994) Untuk keperluan tersebut. Pada bagian bawah yang akan diukur tingkatan erosinya dibuat lubang, katakan berukuran 3 x 2 x 1 m (sebagai pengganti bak penampang erosi). Kemudian lubang tersebut dilapisi plastik yang dilubangi (agar air limpasan yang tertampung dapat meresap). Volume yang tertampung dalam lubang dapat diukur sesuai dengan periode waktu yang diinginkan. Pada saat yang bersamaan tanah diambil dari dalam lobang.

Model fisik untuk pengukuran adalah dengan memberi sekat pembatas keliling pada lokasi yang akan diukur, lalu dibuat talang penyalur air dan sedimen yang dimasukkan ke dalam tong/drum/box penampung (lihat gambar 3.1).



Gambar 3.1 Petak Pengukuran Erosi dilapangan ("sub-watershed")

3.2 PREDIKSI EROSI LAHAN DENGAN MUSGRAVE EQUATION

Dari data studi erosi permukaan pada suatu lahan, dibuat suatu hubungan umum yang dapat digunakan oleh perencana sumber daya air dan tanah untuk memperkirakan nilai erosi.

Usaha untuk menghitung atau meramal erosi dengan data faktor erosi telah lama dimulai, yaitu sejak Zingg yang pada tahun 1940 menyelidiki pengaruh lereng terhadap erosi.Zingg(1940) mencari hubungan antara tingkat kecuraman dan panjang bidang tanah yang hilang, ahli lain (Smith,1941; Smith and Whitt, 1947; Van Doren and Bartelli, 1956), memperhitungkan adanya faktor-faktor seperti sifat ketahanan tanah ("erodibilty") dan tata guna lahan ("land management"). Faktor-faktor ini kemudian dievaluasi dan dikonsolidasi, dan suatu parameter curah hujan ditambahkan untuk memperoleh persamaan empiris Musgrave (Musgrave, 1947), yang diambil dari nama ketua SCS USDA waktu itu, persamaan yang digunakan ialah : dalam bentuk :

$$E = FR\ (S/10)^{1,35}\ (L/72,6)^{0,35}\ (P/1,25)^{1,75} \qquad (3.1)$$

(lihat Vanoni,V.A., 1977, Sedimentation Engineering)

dimana E = rata-rata hilangnya permukaan tanah, diukur dalam ton per are per tahun atau inchi per tahun. F adalah faktor sifat ketahanan tanah ("erodibility") bagi tanah khusus yang dipertimbangkan, diukur dalam unit

sebagaimana E; R = faktor yang tidak berkaitan dengan dimensi, yaitu ratio nilai erosi dari lahan dibawah permukaan yang ada terhadap nilai erosi selama belum ditanami terus menerus atau kondisi tanaman berbaris; S = potongan/tampang tanah, dinyatakan dengan persentase; L = panjang tanah, dalam feet; dan P = 30-min, curah hujan frequensi 2 tahun, dalam inci, bagi daerah yang dipertimbangkan.

Kemudian (Hudson, 1976) memasukkan konsep erosi diperbolehkan, Edp "Permisible soil loss" dan pengaruh faktor tanaman dan perlindungan tanah secara mekanis, akhirnya persamaaan Musgrave menjadi sebagai berikut ;

$$E = T \times S \times L \times P \times M \times R \qquad (3.2)$$

dimana :

E: Erosi, T: Type tanah, S: Kemiringan,

L: Panjang Lereng. P: Kegiatan agronomis,

M: tindakan mekanis, dan R: curah hujan.

3.3 PREDIKSI EROSI LAHAN DENGAN FORMULA USLE (PUKT)

Penelitian dan usaha dilanjutkan untuk mengkuantifikasi faktor-faktor erosi tersebut, dan akhirnya pada tahun 1958, Wischmeier dan Smith, mengemukakan bentuk persamaan yang di kenal dengan ("Universal Soil Loss Equation"), USLE (diterjemahkan ke istilah Indonesia dengan istilah "Persamaan Umum Kehilangan Tanah, PUKT),

yaitu:

$$A = R \times K \times L \times S \times C \times P \qquad (3.3)$$

dengan :

A = besarnya laju erosi tanah (ton/ha/tahun)

R = erosivitas hujan (mm/ha/jam/tahun)

K = erodibilitas tanah (ton ha jam/ha/ mm)

L = pengaruh panjang lereng, yaitu angka perbandingan besarnya erosi pada lahan penelitian dibandingkan dengan lahan standart yang panjang lerengnya 22,1 meter

S = pengaruh besarnya derajat kemiringan permukaan tanah, yaitu angka perbandingan antara besarnya erosi pada lahan penelitian dengan lahan standart yang kemiringannya 9 %

C = pengaruh pola pertanian atau tanaman penutup tanah, merupakan angka perbandingan besarnya erosi pada lahan penelitian dengan lahan standart yang dibiarkan kosong tanpa tanaman atau bero

P = pengaruh tindakan konservasi tanah, yaitu angka perbandingan besarnya erosi pada lahan yang diteras dengan lahan standart tanpa teras.

catatan : faktor-faktor L,S,C, dan P tidak bersatuan (unitless).

3.4 CARA MENENTUKAN NILAI FAKTOR-FAKTOR USLE

3.4.1 Faktor R (erosivitas hujan)

Jika kita mengamati beberapa hujan di lapangan, kita akan melihat bahwa pada suatu saat hujan yang turun mampu menimbulkan limpasan permukaan. Pada hujan yang lain yang jatuh pada lahan yang sama tidak menimbulkan limpasan permukaan. Lebih lanjut jika kita memperhatikan limpasan permukaan yang terjadi, pada suatu saat berwarna jernih, dan pada saat yang lain keruh. Hujan yang tidak menimbulkan limpasan permukaan atau limpasan permukaannya jernih berarti hujan tersebut tidak menyebabkan terjadinya erosi, atau kalaupun terjadi, erosinya kecil sekali. Sebaliknya jika permukaannya keruh, erosi yang ditimbulkan besar.

Dari kejadian tersebut terlihat bahwa setiap hujan mempunyai kemampuan yang berbeda untuk menyebabkan erosi. Kemampuan hujan untuk menimbulkan erosi disebut erosivitas hujan ("Rain erosivity").

a. Sifat hujan

Didalam ilmu iklim (klimatologi), hujan dapat dicirikan berdasar jumlah atau curah hujan, intensitas dan sebarannya. Jumlah curah hujan dinyatakan dalam tinggi kolom air (cm atau mm per-hari, per-bulan atau per-tahun). Intensitas curah hujan diperoleh dengan membagi tinggi curah hujan dengan waktu hujan dan dinyatakan

dalam cm/jam atau mm/jam.

Hujan juga dapat diukur besar butirnya, kecepatan jatuh dan energi kinetiknya.

Telah diketahui bahwa erosi air hujan terjadi karena adanya energi kinetik yang dapat dihitung dengan persamaan;

$$Ek = \frac{1}{2} m . v^2 \qquad (3.4)$$

dengan, Ek: energi kinetik
m : massa hujan
v : kecepatan jatuh hujan

Jadi energi kinetik dipengaruhi oleh ukuran butir hujan dan kecepatan jatuh butir hujan (yang dapat diukur dengan teknik foto kecepatan tinggi).

Walaupun energi kinetik dapat dihitung berdasarkan ukuran butir hujan dan kecepatan jatuh, tetapi didalam praktek kurang praktis. Di muka telah dikemukakan bahwa ada hubungan langsung antara ukuran butir dan intensitas hujan. Selanjutnya kecepatan jatuh (paling tidak untuk hujan dibawah 100 mm/jam) juga berhubungan langsung dengan ukuran butir hujan. Karena itu beberapa ahli mencoba menghitung energi kinetik langsung dari intensitas hujan. Wschmeier dan Smith (1958) mendapatkan persamaan,

$$Ek = 13{,}32 + 9{,}78 \log I \qquad (3.5)$$

dengan : Ek = energi kinetik
I = intensitas hujan

disini I dinyatakan dalam (inchi/jam), sehingga Ek dalam satuan foot-ton/acre cm.

b. Indeks erosivitas

Pada mulanya orang beranggapan bahwa besarnya erosi berhubungan langsung dengan jumlah hujan. Jadi makin tinggi curah hujan, makin besar tingkatan erosi yang terjadi. Hal tersebut memang sering terbukti. Tetapi hasil pengamatan lebih lanjut tidak selalu konsisten. Hujan yang lebih tinggi jumlahnya ternyata tidak selalu menyebabkan erosi lebih besar.

Oleh karena itu para pakar konservasi tanah lebih suka memakai intensitas curah hujan. Penggunaan intensitas curah hujan mempunyai arti yang penting karena intensitas curah hujan mempunyai hubungan yang erat dengan erosi. Dapat dikemukakan bahwa pada umumnya makin besar intensitas hujan, makin besar kemungkinan terjadinya erosi. Disamping itu data intensitas curah hujan dapat dihitung pada alat pencatat curah hujan sederhana. Jadi hampir dapat dikatakan bahwa data ini ada pada setiap stasiun pencatat hujan. Pada alat sederhana, data intensitas curah hujan didapat dari membagi jumlah/tinggi hujan dengan lamanya/waktu kejadian hujan. Pada alat yang lebih sempurna dimana kenaikan curah hujan dicatat sebagai fungsi waktu pada kertas grafis ("chart") yang diganti tiap hari atau minggu, intensitas didapat dari tingkat perubahan jumlah hujan yang tercatat.

Tabel 3.1 menunjukan bahwa makin besar intensitas hujan, makin besar kemungkinan terjadinya erosi. Hujan

dengan intensitas 25 mm per jam menyebabkan erosi sebesar 0,37 kg/m^2. Selanjutnya pada kejadian hujan dengan intensitas 50-75 mm/jam dan 100-127 mm/jam masing-masing menyebabkan erosi sebesar 1,18 kg/m^2 dan 3,42 kg/m^2.

Tabel 3.1 Hubungan antara intensitas hujan dan kehilangan tanah (Fournier,1972, dalam Morgan,1979).

Intensitas maks 5 menit (mm/jam)	Jumlah hujan (mm)	Erosi (kh/m^2)
- 25,4	40	0,37
25,5 - 50,4	61	0,60
50,5 - 70,2	40	1,18
70,3 - 101,6	19	1,14
101,7 - 127,0	13	3,42
127,1 - 152,4	4	3,63
152,5 - 177,8	5	3,87
177,9 - 254,0	1	4,79

Data dari Vanessville, Ohio, 1934-1942

Karena erosi berhubungan dengan energi, maka beberapa ahli mencoba menggunakan energi kinetik sebagai Indeks erosivitas. Wischmeier dan Smith (1985) dengan membuat analisa korelasi antara kehilangan tanah dengan beberapa sifat hujan (yaitu jumlah hujan, intensitas hujan, intensitas hujan per satuan waktu: I_5, I_{15}, I_{30} dan energi kinetik), membuktikan bahwa erosi mempunyai hubungan yang sangat rendah dengan jumlah hujan. Nilai koefisien korelasi paling tinggi diperoleh jika erosi dihubungkan dengan energi kinetik.

Kelihatannya penggunaan individu sifat hujan secara terpisah untuk Indeks erosivitas hujan kurang memuaskan. Penggunaan sifat majemuk ternyata memberi hasil yang lebih memuaskan. Dalam hal ini Wischmeier dan Smith (1978) menggabungkan energi kinetik dan intensitas hujan maksimum selama 30 menit (I_{30}). Oleh karena itu di dalam persamaan umum kehilangan tanah (PUKT = USLE), nilai EI_{30} inilah yang digunakan sebagai Indeks erosivitas hujan.

Untuk menghitung Indeks erosivitas, (R), energi kinetik hujan dihitung berdasarkan intensitas hujan yang relatif sama (selanjutnya disebut intensitas periodik, Ip). Selanjutnya energi kinetik total diperoleh dengan menjumlahkan energi kinetik periodik. EI_{30} dihitung dengan mengalikan energi kinetik total (E_T) dengan intensitas maksimum selama 30 menit,

$$E_k = 13{,}32 + 9{,}78 \log I_p \qquad (3.6a)$$

$$E_p = E_k \times C\,H_p \qquad (3.6b)$$

$$E_T = \sum_{i=I}^{n} E_p \qquad (3.7)$$

$$EI_{30} = E_T \times I_{30} \qquad (3.8)$$

$$\text{dan } R = EI_{30} \times 10^{-3} \qquad (3.9)$$

Intensitas periodik (I_p) dapat diperoleh dengan membagi hujan per periode waktu lebih pendek (sebagaimana diperlihatkan pada contoh perhitungan di Tabel 3.2 atau dengan mengelompokkan curah hujan pada grafik berdasarkan intensitas yang relatif sama.

Tabel 3.2 Contoh perhitungan indeks erosivitas hujan

Waktu dari hujan mulai (menit)	Curah hujan (mm)	I_p (mm/jam)	Ek/mm hujan	Ek/periode hujan
0 - 14	2	8	22,15	44,30
15 - 29	3	12	23,87	71,62
30 - 44	5	20	-	-
45 - 59	8	32	-	-
60 - 74	12	48	-	-
75 - 89	16	64	-	-
90 - 104	18	72	-	-
105 - 119	18	72	-	-
120 - 134	14	56	-	-
135 - 149	10	40	28,98	289,60
150 - 162	3	15	15,50	46,50

Waktu (jam)

1.c Menghitung indeks erosivitas dengan data hujan sederhana

Pada penbahasan terdahulu telah dibahas bahwa penggunaan EI_{30} untuk menghitung indeks erosivitas memang memberi hasil yang paling memuaskan. Tetapi untuk menghitung indeks tersebut diperlukan data dari pencatat hujan yang mampu mencatat tidak hanya jumlah hujan tetapi juga waktu dan kenaikan hujan per satuan waktu. Pada kebanyakan negara yang sedang berkembang, jadi juga Indonesia, data tersebut tidak, atau kurang tersedia. Data hujan yang ada pada umumnya hanya menunjukan jumlah hujan harian. Sehingga untuk menghitung indeks erosivitas seperti tersebut di atas mengalami kesulitan.

Untuk Indonesia, mengingat keterbatasan data, Bols (1978), Utomo *et al.*(1983), dan Utomo bersama Mahmud (1984) telah mencoba menggunakan data jumlah hujan untuk menghitung indeks erosivitas berdasar kenyataan bahwa,

a. Indeks erosivitas hujan yang dikembangkan Wischmeier, Hudson dan Lal memberi hasil tidak jauh berbeda.

b. Korelasi antara jumlah curah hujan dan erosi di beberapa tempat di Indonesia tidak nyata, maka Bols (1978) mengadopsi indeks erosivitas hujan Wischmeier dengan menggunakan data jumlah dan hujan maksimum, yaitu

$$Rb = 6,119\ (Hb)^{1,21} \times (HH)^{-0,47} \times (H_{24})^{0,53} \qquad (3.10)$$

dengan :

Rb = Erosivitas hujan bulanan

(Hb) = curah hujan bulanan, dalam cm

(HH) = jumlah hari hujan bulanan

(H_{24}) = hujan maximum dalam bulan tersebut,dalam cm

Sebagai pedoman dalam penggunaan PUKT, jika pada daerah tersebut tersedia data hujan dari pencatat hujan yang mampu mencatat waktu hujan, sebaiknya R dihitung dengan EI (lihat persamaan 3.8), sebaliknya jika yang tersedia hanya data jumlah hujan, untuk sementara sambil menunggu adanya metoda yang lebih baik, R dapat dihitung dengan persamaan Bols (1978) atau Utomo dan Mahmud (1983) (persamaan 3.10).

2. **Faktor K (erodibilitas tanah)**

Suatu kejadian hujan dengan jumlah dan intensitas tertentu dapat menyebabkan tingkat erosi yang berbeda jika jatuh pada dua jenis tanah yang berbeda. Jadi disini masing-masing tanah mempunyai ketahanan yang berbeda terhadap erosi. Mudah tidaknya suatu tanah tererosi disebut "erodibillitas" tanah, yang dalam persamaan umum kehilangan tanah diberi istilah Indeks erodibilitas tanah (K).Klasifikasi erodibilitas dapat dilihat pada tabel 3.3

Tabel 3.3 Klasifikasi nilai kepekaan erosi tanah (Dangler dan El-Swaify, 1976)

Kelas	Nilai K	Tingkat erodibilitas
1	0,00-0,10	sangat rendah
2	0,11-0,20	rendah
3	0,21-0,32	sedang
4	0,33-0,43	agak tinggi
5	0,44-0,55	tinggi
6	0,56	sangat tinggi

Kepekaan suatu tanah terhadap erosi atau nilai erodibilitas suatu tanah, ditentukan oleh :

1. Ketahanan tanah terhadap daya rusak dari luar
2. Kemampuan tanah untuk menyerap air (infiltrasi dan perkolasi).

Ketahanan tanah menentukan mudah tidaknya massa tanah dihancurkan oleh air (baik air hujan maupun limpasan permukaan), dan infiltrasi/perkolasi menentukan

volume limpasan permukaan (yang mengikis dan mengangkut hancuran massa tanah). Jadi makin mudah massa tanah dihancurkan makin tinggi nilai erodibilitasnya. Demikian pula makin sukar tanah meresap air, makin besar limpasan permukaan, makin besar massa tanah yang terkikis dan terangkut, sehingga nilai K juga makin tinggi.

Berbagai cara telah dikembangkan untuk menentukan tingkat erodibilitas suatu tanah. Walau demikian sampai sekarang belum didapatkan cara yang mudah tetapi cukup memuaskan.

Karena erodibilitas dipengaruhi oleh tekstur, Bouyoucos (1935) mengusulkan nisbah kandungan pasir dan debu terhadap kandungan liat sebagai erodibilitas suatu tanah, jadi :

$$K = \frac{\%\text{pasir} + \%\text{debu}}{\%\text{liat}} \qquad (3.11)$$

Cara yang memberikan hasil yang paling baik, tentu saja menghitung langsung kehilangan tanah yang sesungguhnya (di lapangan) pada kemiringan dan panjang lereng baku. Kemudian dengan mengetahui erosivitas hujan (jumlah indeks erosivitas yang menyebabkan erosi tersebut) kita dapat menghitung indeks erodibilitas tanah, K, dengan rumus :

$$K = \frac{A}{R} \qquad (3.12)$$

dimana A adalah jumlah tanah yang hilang (ton/ha) dan R adalah jumlah indeks erosivitas hujan yang menyebabkan

kehilangan tanah A.

Untuk mempercepat penentuan nilai K. Wischmeier (1971) menghubungkan sifat fisik tanah dengan kehilangan tanah untuk menghitung indeks erodibilitas tanah K. Persamaan yang didapat :

$$100\ K = 2.1\ M^{1,14}(10^{-4})(12-a)+3.25(b-2)+2.5(c-3) \quad (3.13)$$

dimana M : ukuran partikel (%debu + %pasir halus), (mm)

a : kandungan bahan organik

b : kelas struktur tanah

c : kelas permeabilitas

disini a,b dan c tidak bersatuan (unitless).

Selanjutnya dengan data sifat tanah tersebut, Wischmeier (1971) mengembangkan ("nomograph erodibilitas") (Gambar 3.1) untuk menduga Indeks erodibilitas tanah.

Untuk dapat menggunakan nomograph erodibilitas tanah, maka diperlukan pengamatan struktur dan sifat fisik tanah dan ukurannya, kemudian dibedakan menjadi 4 kelas (Tabel 3.4).

Tabel 3.4 Klasifikasi struktur yang menggunakan Nomograph

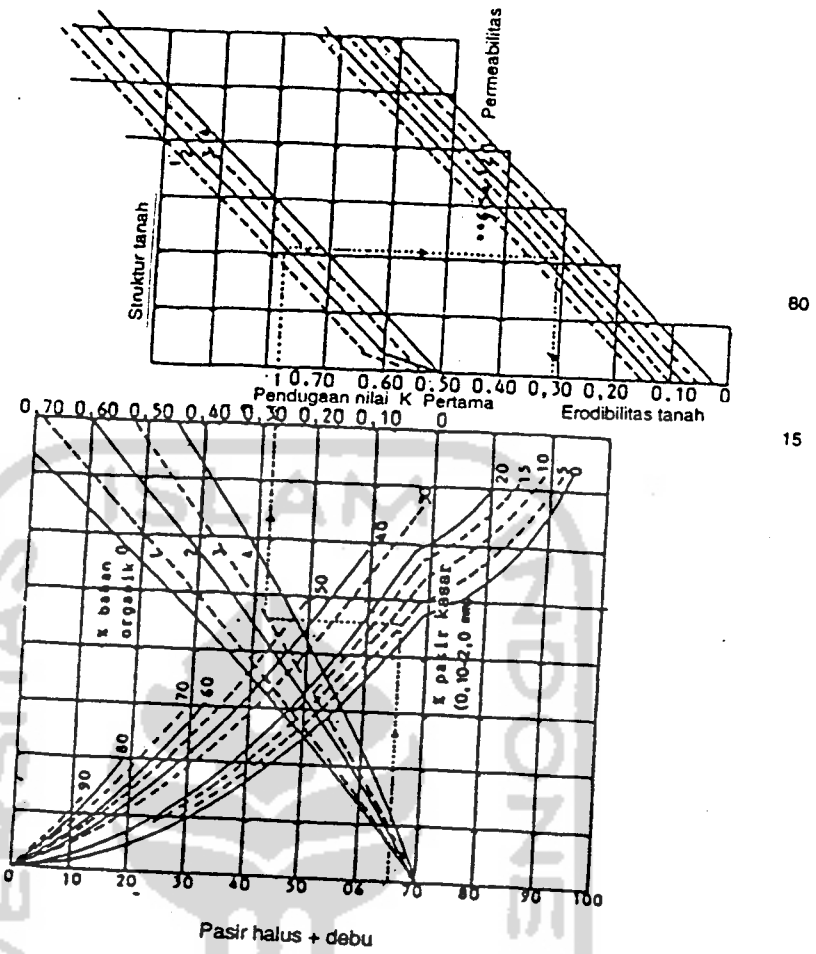
Kelas	Keterangan
1	granuler sangat halus
2	granuler halus
3	granuler sedang - kasar
4	massif kubus, lempeng.

Sifat tanah yang lain, dalam hal ini %pasir halus, %pasir kasar, kandungan bahan organik dan permeabilitas

ditentukan di laboratorium. Selanjutnya permeabilitas digolongkan menjadi 6 kelas, mulai dari sangat lambat sampai cepat (Tabel 3.5).

Dewasa ini penggunaan nomograph erodibilitas cukup memberikan hasil yang memuaskan. Keuntungan lain karena tidak tergantung pada musim maka penentuan erodibilitas dapat dilakukan lebih cepat. Untuk mendapatkan hasil yang lebih memuaskan, adanya studi kolerasi antara nilai erodibilitas yang didapat dari nomograph dan dari percobaan lapang akan sangat diperlukan.

Di Indonesia, beberapa peneliti juga mencoba untuk menggunakan nomograph erodibilitas untuk menduga indeks erodibilitas tanah (a.l Ambar dan Syarifuddin, 1979; Utomo dan Mahmud, 1983). Bols (1979) dan Utomo 1985 mengadakan pengukuran indeks erodibilitas tanah DAS Brantas dengan percobaan lapang dan kemudian membandingkannya dengan hasil pendugaan nomograph erodibilitas. Hasil yang diperoleh (Tabel 3.6) menunjukkan bahwa hasil yang diperoleh dengan kedua metode tersebut tidak banyak berbeda.



Gambar 3.2 Nomograph untuk pendugaan erodibilitas tanah, K (Wischmeier dan Smith, 1978). Angka K yang diperoleh didasarkan satuan R : Foot-ton/acre-inch. Untuk S.I. unit, dalam hal ini R : ton-m/ha-cm, nilai K yang diperoleh dikalikan dengan faktor Konversi 1,3.(sumber Utomo,W.H., Erosi dan Konservasi)

Tabel 3.5 Klasifikasi permeabilitas untuk menggunakan Nomograph

Kelas	Keterangan	permeabilitas (cm/jam)
1	cepat	>12,5
2	agak cepat	6,25 - 12,5
3	sedang	2,00 - 6,25
4	agak lambat	0,50 - 2,00
5	lambat	0,125 - 0,50
6	sangat lambat	<0,125

Tabel 3.6 Hasil Pengamatan indeks erodibilitas tanah di beberapa daerah di Indonesia dengan percobaan lapang dan nomograph erodibilitas.

Jenis Tanah	Nilai K		Sumber
	Percobaan lapang	Nomograph	
Andosol, Lembang	0,16	0,14	Bols, 1979
Latosol, Darmaga	0,02	0,04	
Latosol, Citaman	0,13	0,12	
Podzolic, Jonggol	0,13	0,15	
Mediteran merah, Punung	0,17	0,14	
Mediteran merah, Putat	0,25	0,15	
Grumusol, Jegu	0,24-0,31	0,24	
Litosol, Sentolo	0,18-0,19	0,19	
Regosol, Wajak	0,29	0,26	Utomo, 1985
Latosol, Dampit	0,16	0,19	
Andosol, Batu	0,07	0,12	
Mediteran, Pjaran	0,32	0,31	
Kambisol, Ngantang	0,13	0,16	

Sebelum menggunakan nomograph erodibilitas untuk menduga erodibilitas tanah, hendaknya diperhatikan pada kondisi bagaimana tanah akan diukur indeks erodibilitas-nya. Perlu diingat bahwa nomograph erodibilitas dikembangkan di Amerika Serikat (curah hujan relatif rendah dibandingkan Indonesia), pada tanah dengan lereng tidak curam. Di Indonesia mungkin kondisi tersebut dapat dipenuhi di suatu tempat, tapi tentunya ditempat lain tidak dapat dipenuhi. Untuk daerah ini, penggunaan nomograph perlu penelitian yang mendalam.

Tabel 3.7 Nilai Erodibilitas beberapa tanah di Jawa (Kurnia dan Soewardjo, 1977).

Lokasi	Tanah	Nilai K
Tanjungharjo, Yogya	Regosol (inceptisol)	0,105
Putat, Yogya	Mediteran	0,195
Darmaga, Bogor	Latosol (Oxisol)	0,017
Citaman, Jawa Barat	Mediteran	0,047
Pacitan, Jawa Timur	Mediteran (Alfisol)	0,227
Jonggol, Jawa Barat	Podsolik (Ultisol)	0,150
Blitar, Jawa Timur	Grumusol (Vertisol)	0,243

3.4.3 Faktor LS (panjang lereng dan kemiringan)

Faktor panjang lereng dan kemiringan permukaan tanah atau faktor topografi pada keadaan sebenarnya di lapangan sangat bervariasi, sedangkan faktor LS pada rumus USLE adalah berdasarkan hasil percobaan pada petak standard yang mempunyai panjang 22,1 meter dan kemiringan 9%. Maka untuk menghitung nilai Ls, beberapa pakar menyarankan penggunaan persamaan Wischmeier dan Smith, sebagai berikut :

$$LS = (L / 22,1)^{m} (0,065 + 0,045S + 0,0065S^{2}) \quad (3.14)$$

Dalam hal ini :

m = 0,2 untuk S = < 1%

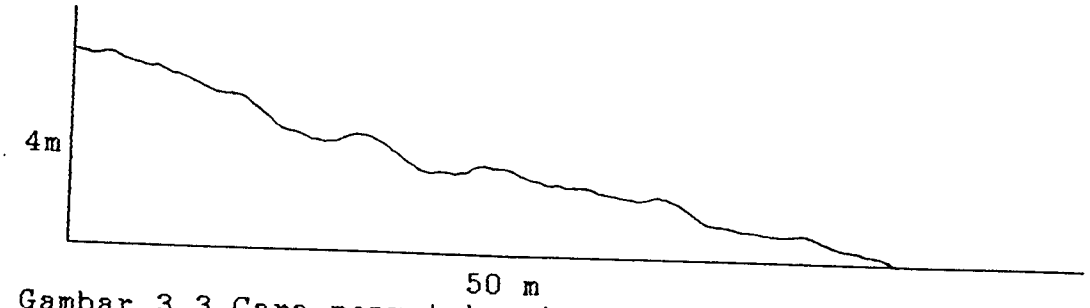
m = 0,3 untuk S = 1% - 3%

m = 0,4 untuk S = 3,5% - 4,5%

m = 0,5 untuk S = > 5%

L = panjang lereng, dalam meter

S = kemiringan lereng, dalam %



Gambar 3.3 Cara menyatakan kemiringan lereng dengan %

Contoh :

$$\textbf{lereng} \quad : \frac{4}{50} \times 100\% = 8\%$$

Kemiringan mempengaruhi kecepatan dan volume limpasan permukaan. Pada dasarnya makin curam suatu lereng, persentase kemiringan makin tinggi, makin cepat laju limpasan permukaan. Lebih lanjut, dengan semakin singkatnya waktu untuk infiltrasi volume limpasan permukaan juga semakin besar. Jadi dengan meningkatnya persentase kemiringan, erosi akan semakin besar.

Tabel 3.8 Pengaruh kemiringan terhadap erosi.

Kemiringan (%)	Kehilangan tanah (ton/ha)
1	0.8
5	4.27
10	4.27
15	29.80

Panjang lereng mempengaruhi energi untuk erosi, terutama karena panjang lereng mempengaruhi volume limpasan permukaan sehingga juga mempengaruhi kemampuan untuk mengerosi tanah.

Penelitian yang dilakukan untuk menyelidiki pengaruh bentuk lereng terhadap erosi masih terbatas. Walau demikian secara umum dapat dikemukakan bahwa limpasan permukaan dari lereng berbentuk cekung. Hal ini berarti bahwa dari lahan dengan derajat kemiringan dan panjang lereng yang sama, erosi dari lereng berbentuk cembung akan lebih besar dari lahan yang berbentuk lereng cekung.

3.4.4 Faktor C (pola pertanian/tanaman)

Pengalaman menunjukan bahwa suatu kejadian hujan lebat yang jatuh pada kawasan hutan atau lahan yang tertutup tanaman, walaupun hanya rumput misalnya, menghasilkan limpasan yang jernih. Kemudian jika kita mengadakan pengamatan di tempat lain, yang tanahnya terbuka, kejadian hujan yang lebih kecilpun telah menyebabkan aliran yang keruh. Kedua kejadian tersebut menandakan bahwa pada kejadian pertama karena ada penutup tanah, pohon atau tanaman, tanaman di bawah pohon atau tanaman tidak mangalami kerusakan sehingga tidak terangkut oleh limpasan permukaan. Pada kejadian kedua, dimana tanahnya terbuka, hujan yang rendah sekalipun telah mampu merusak tanah, dan kemudian massa tanah yang hancur ini diangkut oleh limpasan permukaan.

Pada dasarnya dapat dikemukakan bahwa tanaman mampu mempengaruhi laju erosi karena;

1. intersepsi air hujan oleh tajuk daun
2. pengaruh terhadap limpasan permukaan
3. pengaruh terhadap sifat fisik tanah dan
4. peningkatan kecepatan kehilangan air karena transpirasi.

Tabel 3.9 Pengaruh tanaman terhadap erosi dan limpasan permukaan (selama 15 tahun).

Perlakuan	Erosi (ton/ha)	limpasan permukaan (%)
Rumput (blue grass)	0,77	12,0
Rotasi:jagung-wheat-clover	6,31	13,8
Kacang	22,90	23,3
Jagung	44,76	29,4

Adanya tanaman akan menyebabkan air hujan yang jatuh tidak langsung memukul massa tanah, tetapi terlebih dahulu ditangkap oleh daun tanaman, dan proses ini disebut intersepsi. Selanjutnya, tidak semua air hujan tersebut diteruskan ke permukaan tanah, karena sebagian akan mengalami evaporasi. Kejadian ini akan mengurangi jumlah air yang sampai ke permukaan tanah yang disebut hujan lolos daun.

Selanjutnya ada 2 proses mengapa intersepsi air hujan oleh tanaman ini dapat menekan erosi. Pertama dengan tertahannya air hujan oleh tanaman berarti mengurangi ketinggian jumlah butir hujan sebagai akibatnya pada waktu mengenai massa tanah energi air hujan ini sudah jauh berkurang sehingga daya rusaknya kecil. Yang

kedua, dengan adanya intersepsi air oleh tajuk daun akan mengurangi volume air yang sampai pada permukaan tanah, atau paling tidak memperlambat sampainya air hujan pada permukaan tanah. Hal ini berarti memberi waktu untuk infiltrasi sehingga kemungkinan terjadinya limpasan permukaan diperkecil. Sebagai akibatnya, volume limpasan permukaan berkurang (Tabel 3.10)

Tabel 3.10 Limpasan permukaan pada berbagai macam tanaman (Abujamin dan Soewardjo, 1979)

Perlakuan/keadaan tanah	Limpasan permukaan	
	Volume (m^3)	% hujan
Tanah terbuka	4380	19,06
Kacang tanah+Gude	3157	13,73
Ubikayu+Kedelai	2224	9,62
Serai Wangi	2851	12,40
Rumput bede	2318	10,08

Besarnya intersepsi hujan oleh tajuk daun tanaman disamping dipengaruhi oleh macam tanaman, juga sangat ditentukan oleh polusi tanaman. Data pada Tabel 3.10 menunjukan bahwa intersepsi oleh tajuk daun, air hujan yang sampai pada permukaan tanah bisa lebih kecil dari 50% dari total curah hujan.

Disamping pengaruh langsung sebagaimana telah diuraikan di muka, tanaman juga dapat memperkecil laju erosi secara tidak langsung. Dalam hal ini melalui pengaruhnya terhadap sifat tanah. adanya tanaman akan memperbesar ketahanan massa tanah terhadap hancuran air hujan dan limpasan permukaan, dan dipihak lain memperbesar kapasitas infiltrasi tanah sehingga dapat memperkecil limpasan

permukaan. Hal ini terjadi karena adanya perbaikan sifat fisik tanah, a.l. pembentukan struktur, peningkatan porositas dengan akibat peningkatan infiltrasi dan perkolasi. Penurunan limpasan permukaan, baik volume dan kecepatan tentunya akan menurunkan energi penghancur dan pengangkut massa tanah.

Yang menjadi persoalan dalam penggunaan angka ini (pola pertanian/tanaman) adalah sampai seberapa jauh nilai tersebut dapat dipakai, karena angka tersebut merupakan interaksi berbagai faktor yang tidak terbatas, antara lain tanah, iklim dan pengelolaan tanaman itu sendiri. Kesulitan diperoleh karena pengaruh faktor-faktor tersebut untuk setiap daerah tidak sama. Jadi hakekatnya tidak mungkin mendapatkan satu nilai C untuk suatu jenis tanaman yang berlaku pada semua daerah dan keadaan.

Penggunaan nilai C untuk masing-masing jenis tanaman di negara yang sistem pertanamannya sangat beragam juga mengalami kesulitan. Di Indonesia, misalnya, jarang sekali petani yang hanya menanam satu jenis tanaman persatuan waktu. Pada umumnya petani di Indonesia menanam berbagai macam tanaman pada sebidang tanah yang sama. Untuk mengatasi hal ini Soelistyari (1986) menyarankan penggunaan nilai C untuk keseluruhan pola tanam.

Pada Tabel 3.11, disajikan nilai C untuk tanaman tunggal, dan pada Tabel 3.12 nilai C untuk suatu pola tanam.

3.4.5 Faktor P (pengelolaan)

Nilai faktor P didapat dari membagi kehilangan tanah dari lahan yang diberi perlakuan pengelolaan dengan kehilangan tanah dari petak baku. Agar nilai P yang diperoleh dari pengelolaan mempunyai nilai yang baku dan bersifat umum, metode pengelolaan yang digunakan seharusnya bersifat baku. Jika kita menggunakan pengelolaan teras misalnya, maka panjang , lebar dan kemiringan teras harus dibakukan. Dimensi teras yang berbeda, akan memberikan nilai P yang berbeda pula.

Nilai faktor P juga dipengaruhi oleh faktor-faktor yang lain. Dalam hal pengelolaan tanah menurut garis tinggi, misalnya salah satu faktor yang mempengaruhi adalah kemiringan (Hudson, 1981). Makin besar derajad kemiringan, makin besar nilai P (Tabel 3.13).

Disamping kemiringan tentu saja aktivitas kontur juga akan dipengaruhi oleh ukuran guludan, dan jarak guludan satu dengan yang lain.

Dari Tabel 3.13, juga dapat dilihat bahwa pengelolaan secara kontur hanya efektif untuk lahan yang tidak curam. Untuk kemiringan 18% misalnya sudah tidak lagi efektif.

Tabel 3.11
Nilai faktor C x P beberapa tanaman dan pengelolaan tanam (modifikasi dari data Weischmeier dan Arnoldus oleh Boediono, 1982).

No.	Jenis tanaman	Nilai C x P
1.	Lahan tanpa tanaman	1,000
2.	Hutan: a. tak terganggu b. tanpa tanaman bawah c. tanpa tanaman bawah dan serasah d. 1 (satu) tahun tanam, 1 (satu) tahun bera	 0,001 0,030 0,500 1,000
3.	Semak: a. tak terganggu b. sebagian berumput	 0,010 0,100
4.	Kebun: a. campuran asli b. kebun c. pekarangan	 0,020 0,070 0,200
5.	Perkebunan a. penutupan tanaman sempurna b. ditumbuhi alang-alang c. pembakaran alang-alang setahun sekali d. jenis serai *(Citronella grass)* e. savana dan padang rumput f. rumput *Brochioria*	 0,100 0,020 0,060 0,650 0,010 0,002
6.	Tanaman pertanian: a. umbian akar b. bebijian c. kekacangan d. tembakau e. kapas, tembakau f. campuran g. padi irigasi	 0,630 0,510 0,360 0,580 0,500 0,430 0,020
7.	Perladangan: a. 1 (satu) tahun tanam, 1 (satu) tahun bera b. 1 (satu) tahun tanam, 2 (satu) tahun bera	 0,280 0,190
8.	Pertanian dengan pencagaran tanah: a. Mulsa jerami b. Mulsa kacang tanah c. strip d. strip *Crotalaria* e. teras f. teras guludan	 0,06-0,20 0,20-0,40 0,10-0,30 0,640 0,040 0,140

Tabel 3.12 Nilai faktor C x P beberapa tanaman dan pengelolaan lahan yang dilakukan di Indonesia (Soelistyari, 1986).

Tanaman/Sistem pengelolaan	Faktor C	Faktor C x P
Sorghum	0,24 - 0,33	
Jagung	0,64	
Padi gogo	0,34 - 0,95	
Kedele	0,39 - 0,94	
Kacang tanah	0,16 - 0,69	
Kacang tunggak	0,69	
Serai wangi	0,43 - 0,52	
Ubi kayu + jagung/kacang tanah	0,38 - 0,44	
Ubi kayu + kedele	0,18	
Jagung + kedele	0,28 + 0,78	
Jagung + kacang tanah	0,39	
Kacang tanah + gude	0,44	
Rumput gajah	0,005 - 0,05	
Jagung + kacang tanah (ppk kandang)		0,30
Jagung + kacang tanah (blotong)		0,35
Pergiliran tanaman jagung (+ mulsa)		0,05 - 0,19
Sorghum strip *cotalaria*		0,25
Sorghum strip rumput bede		0,345
Kacang tanah strip *cotalaria*		0,20
Kacang tanah strip *bachiaria*		0,38
Teras bangku + (jagung/sorghum/kacang tanah dll)		0,01 - 0,07
Teras bangku miring + tanaman		0,12
Teras guludan + tanaman		0,03 - 0,28
Teras berdasar lebar + tanaman		0,03 - 0,37

Tabel 3.13 Pengaruh kemiringan terhadap nilai pengelolaan contour.

Kemiringan (%)	Nilai P
1 - 2	0,60
2 - 7	0,50
7 - 12	0,60
12 - 18	0,80
18 - 24	0,90

BAB IV

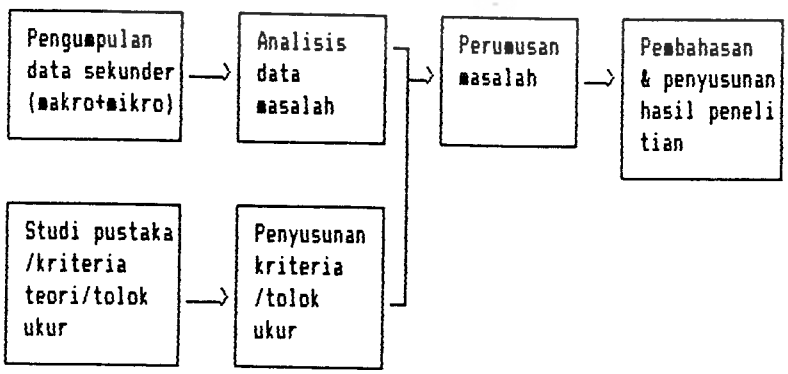
METODE PENELITIAN DAN PENDEKATAN

4.1 METODE PENELITIAN

Penelitian dan analisis data ini memerlukan pemakaian metode yang tepat dari pengumpulan data sekunder. Metode yang digunakan dalam penelitian dan analisis data ini adalah metode deskriptif dan induktif, yang bersifat kualitatif meliputi kegiatan-kegiatan sebagai berikut ;

1. pengumpulan data sekunder
2. analisis data
3. perumusan/penetapan kriteria/tolok ukur dan pemetaan yang didukung studi pustaka
4. pembahasan
5. penyusunan hasil penelitian

Secara skematis penjabaran diatas dapat dilihat pada gambar 4.1.



Gambar 4.1 Skema Prosedur Penelitian

4.1.1 Pengumpulan Data.

Pengumpulan data meliputi hal-hal sebagai berikut:

Data sekunder

Pengumpulan data sekunder meliputi ;

a. Tata guna lahan/tanah, geologi, curah hujan, peta topografi. Data tersebut sangat bermanfaat untuk mendapatkan gambaran umum lapangan untuk menentukan langkah yang tepat. Disamping itu data tersebut akan berguna dalam menambah wawasan yang luas dan tepat dalam analisa selanjutnya.

b. Data studi dan penelitian yang ada, Meliputi data penelitian transpor sedimen dan studi lain terkait yang sudah ada/terdahulu, baik dari Dinas Pekerjaan Umum ataupun konsultan teknik swasta.

c. Studi kepustakaan, Yaitu pengumpulan data dengan mengumpulkan data dan keterangan-keterangan melalui buku-buku serta sumber-sumber lain (instansi pemerintahan maupun non pemerintahan), seperti dinas Pekerjaan Umum dan konsultan teknik swasta, guna mendapatkan data-data dan teori-teori yang relevan.

4.1.2 Analisis Data

Analisis penelitian ini bersifat kualitatif, yaitu membandingkan antara yang ada dalam teori dengan data aktual yang terdapat dilapangan (obyek studi kasus).

Analisis perlu dipertimbangkan terhadap penggunaan apli-

kasi teori yang tepat dan cocok sesuai dengan kondisi lapangan, analisis yang dilakukan meliputi:

a. **Analisis makro**

Meliputi proses pemetaan dan pendataan ("plotting sub-DAS") dan analisis data agar dapat memberikan informasi tentang karakteristik Daerah Aliran Sungai (DAS) kali Serang (obyek studi kasus), serta proporsi perannya dalam sistem jaringan transpor sedimen.

Dalam penelitian ini analisis dibatasi pada data sekunder.

b. **Analisis Mikro**

Analisis erosi pada sub-DAS dengan USLE, Melakukan analisis korelasi erosi lahan dan data sekunder sedimen melayang ("suspended load").

4.1.3 Penyusunan Kriteria/Tolak ukur

Penyusunan kriteria/tolak ukur dimaksudkan untuk menyusun matriks persoalan yang dihadapi oleh masing-masing peruntukan lahan/tanah, atas dasar ketentuan/patokan/ukuran yang jelas. Hal ini dilakukan agar secara makro maupun mikro persoalan erosi dan sedimentasi dapat diidentifikasi secara jelas, dan bisa menjadi acuan.

4.1.4 Pembahasan

Dengan kriteria/tolak ukur diatas, kondisi masing-masing peruntukan tanah didaerah penelitian dapat dinilai.

Dengan demikian karakteristik persoalan untuk masing-masing tata guna lahan pada DAS akan terungkap.

Dari hasil pembahasan ini kemudian disusun matriks tingkat persoalan erosi dan sedimentasi yang ada, dalam deskripsi peta.

Menyimpulkan hasil analisis dan memberikan rekomendasi, Untuk segera dilakukan pengendalian dan penanggulangan erosi dan sedimentasi (konservasi lahan dan air).

4.2 METODE PENDEKATAN

Analisis diupayakan efisien, sehingga metode pendekatan yang proporsional untuk dilakukan adalah dengan prediksi erosi lahan pada daerah aliran sungai dengan formula USLE dan memanfaatkan data sekunder ("monitoring" sedimen transport), sebagai pembanding.

BAB V
HASIL PENELITIAN

5.1 KEADAAN UMUM DAS KALI SERANG HULU

Kali Serang hulunya berasal dari gunung Merbabu dengan maksimum ketinggiannya sekitar 3000 meter. Kemiringan lerengnya cukup curam dan air mengalir ke arah timur laut.

DAS kali Serang tersebut dimonitor pada pos AWLR ("Aoutomatic Water Level Record") Kedung Ombo, keadaan DAS-nya umumnya berbukit-bukit. Luas DAS kali Serang pada pos AWLR Kedung Ombo sebesar 189,96 (190,00) km^2, dan diluar pos AWLR sebesar 34,50 km^2.

Seperti umumnya daerah pengaliran di Indonesia yang mempunyai iklim tropis, dengan mengalami dua musim dalam setiap tahun. Musim hujan terjadi di bulan November sampai bulan Mei dan musim kemarau terjadi mulai bulan Juni sampai dengan Oktober. Rata-rata hujan bervariasi antara 3000 mm sampai dengan 4000 mm per tahun disekitar daerah gunung Merbabu sesuai dengan ketinggiannya. Untuk DAS Serang sebagian besar mempunyai rata-rata hujan tahunannya berkisar 1500 mm sampai dengan 2000 mm.

Dengan telah dibangunnya Dam Kedung Ombo dewasa ini, maka pos AWLR yang ada dilokasi Kedung Ombo sudah tidak berfungsi lagi. Tapi hasil angkutan sedimen yang berasal dari hulu Kali Serang - Kedung Ombo dari data tahun 1979

sampai 1985 dapat dihitung.

Selain itu keadaan tanah yang ada di daerah aliran sungai Serang Hulu dapat dibagi sebagai berikut :

1. Aluvial

   Aluvial pada umumnya berdrainase jelek, terletak pada flood plain, bahan induk liat dan pasir bercampur dengan endapan vulkan.

2. Regosol

   Regosol bertekstur kasar, permeabilitas cepat, peka terhadap erosi.

3. Latosol

   Latosol bertekstur halus, gembur berwarna coklat hingga merah, permeabilitas cepat dan tahan erosi.

4. Grumusol

   Grumusol permeabilitas lambat, sangat peka terhadap erosi.

5. Andosol

   Andosol horison atau gembur, remah dan kaya bahan organik, permeabilitas sedang dan sangat peka erosi.

6. Mediteran merah kuning dan Grumusol dari batu bekuan basin dan intermedian

   Mediteran merah-kuning dan grumusol tersebar pada daerah bukit dan lereng, bahan organik mudah dan seluruh profil agak masam.

5.2 ANALISIS EROSI LAHAN DAERAH ALIRAN SUNGAI KALI SERANG DENGAN FORMULA USLE (PUKT)

Untuk mendapatkan permasalahan yang lebih jelas, maka analisis tentang pengaruh dari pada usaha-usaha pengelolaan DAS dapat diprediksi secara angka-angka (kwantitatif) dengan besarnya erosi yang terjadi pada daerah aliran sungai (DAS) dan memonitor "sediment yield" pada sungai dengan "sediment transport".

5.2.1 Pemetaan dan Pendataan ("Plotting Sub-DAS")

Ploting dibuat berdasarkan peta topografi dan geologi (data sekunder) yang didapat dari PIPWS JRATUNSELUNA. Dengan menjadikan desa Guwo sebagai pusat ("centre point"), ditarik garis menelusuri kontur dengan beda tinggi sama, kemudian di plot DAS kali Serang hulu diatas peta berskala 1 : 50000. Untuk mengefisienkan analisis, peta DAS dibagi per-pias (kotak unit map), yang masing-masing pias diasumsikan mewakili area seluas 100 ha, dan untuk memudahkan identifikasi dan perhitungan, maka masing-masing pias diberi nomer unit. (lihat gambar 5.1)

5.2.2 Perhitungan Erosi Lahan Sub-DAS kali Serang

Dari Badan meteorologi dan geofisika (stasion hidrometri DAS Kedung Ombo), Proyek Induk Pengembangan Wilayah Sungai Jratunseluna (Dept.PU) Semarang, dan Pusat Penelitian Pengembangan Pengairan (Dept.PU) Bandung, serta Lembaga Penelitian Tanah Bogor, diperoleh data-data sekunder yang meliputi; peta topografi, peta geologi,

peta curah hujan dan peta tata guna lahan ("land used"). Data-data tersebut dibuat deskripsinya berupa peta pada plot sub-DAS kali Serang, yang meliputi peta erosivitas hujan, peta erodibilitas tanah, peta panjang lereng dan peta kemiringan lahan , dan peta pola pertanian/tanaman. Peta-peta tersebut dimaksudkan sebagai acuan dalam perhitungan erosi lahan dengan menggunakan formula USLE. Perhitungan erosi didasarkan pada sistem grid (jaringan), dengan mengevaluasi tiap pias, harga-harga erosivitas, erodilbilitas tanah, kemiringan lereng dan faktor tanamannya, maka dapat diperkirakan besarnya erosi pada tiap unit map tersebut. Sebagaimana dijelaskan lebih detail dan sistematis pada Contoh perhitungan erosi lahan dengan formula USLE berikut ini; (perhatikan gambar 5.2, gambar 5.3, gambar 5.4 dan gambar 5.5).

Untuk petak AB-23

diketahui harga dari data peta tersebut diatas;

Erosivitas (R) = 2200 mm/ha/jam/th

Erodibilitas (K) = 0,026 ton ha jam/mm

Faktor kemiringan (LS) = 8,82

Pengelolaan tanaman (CP) = 0,63 , pada erosi potensial CP dianggap 1.

Luas Unit AB-23 = 2 ha

Erosi potensial (P) = R.K.LS.CP

= 2200 . 0,026 . 8,82 . 1

= 504,504 ton/ha/th

> 330 ton/ha/th

(klasifikasi erosi sangat berat).

Erosi aktual (A) = R . K . LS . CP

= 2200 . 0,026 . 8,82 . 0,63

= 317,838 ton/ha/th

> 125 s/d 330 ton/ha/th

(klasifikasi erosi berat).

Total erosi potensial = (P) . Luas unit

= 504,504 . 2

= 1009,006 ton/th

Total erosi aktual = (A) . Luas unit

= 317,838 . 2

= 635,675 ton/th

Hasil perhitungan erosi lahan pada sub-DAS kali Serang hulu ini secara keseluruhan dapat dilihat pada tabel 5.1.

Tabel 5.1 Hasil perhitungan erosi lahan daerah aliran sungai K. Serang dengan formula USLE.

No Unit	Faktor Erosivity (R)	Faktor Erodibility (K)	Faktor LS	Faktor CP	Erosi Potensial A=R.K.LS (ton/ha/th)	Erosi Aktual (A) = R.K.LS.CP (ton/ha/th)	Luas Unit (ha)	Total erosi (ton/th)		Kelas Bahaya erosi	
								Potensial	Aktual	Potensial	Aktual
AB -23	2200	0,0260	8,82	0,6300	504,504	317,838	2	1009,008	635,675	SB	B
-24	2200	0,0260	8,82	0,6300	504,504	317,838	5	2522,520	1589,188	SB	B
AC -21	2200	0,0260	2,40	0,6300	137,280	86,486	2	274,560	172,973	B	S
-22	2200	0,0260	8,82	0,6300	504,504	317,838	15	7567,560	4767,563	SB	B
-23	2200	0,0260	8,82	0,6300	504,504	317,838	25	12612,600	7945,938	SB	B
-24	2200	0,0260	8,82	0,6300	504,504	317,838	100	50450,400	31783,752	SB	B
-25	2200	0,0260	8,82	0,6300	504,504	317,838	2	1009,008	635,675	SB	B
AD -20	2200	0,0260	2,40	0,6300	137,280	86,486	2	274,560	172,973	B	S
-21	2200	0,0260	2,40	0,6300	137,280	86,486	10	1372,800	864,864	B	S
-22	2200	0,0260	8,82	0,6300	504,504	317,838	100	50450,400	31783,752	SB	B
-23	2200	0,0260	8,82	0,6300	504,504	317,838	100	50450,400	31783,752	SB	B
-24	2200	0,0260	13,29	0,6300	760,188	478,918	100	76018,800	47891,844	SB	SB
-25	2200	0,0260	13,29	0,6300	760,188	478,918	25	19004,700	11972,961	SB	SB
AE -18	2200	0,0260	2,40	0,6300	137,280	86,486	2	274,560	172,973	B	S
-19	2200	0,0260	2,40	0,6300	137,280	86,486	10	1372,800	864,864	B	S
-20	2200	0,0260	2,40	0,6300	137,280	86,486	100	13728,000	8648,640	B	S
-21	2200	0,0260	8,82	0,6300	504,504	317,838	100	50450,400	31783,752	SB	B
-22	2230	0,0260	8,82	0,6300	511,384	322,172	100	51138,360	32217,167	SB	B
-23	2240	0,0260	13,29	0,6300	774,010	487,626	100	77400,960	48762,605	SB	SB
-24	2250	0,0260	13,29	0,6300	777,465	489,803	100	77746,500	48980,295	SB	SB
-25	2250	0,0260	13,29	0,6300	777,465	489,803	25	19436,625	12245,074	SB	SB
AF -18	2200	0,0132	2,40	0,6300	69,696	43,908	15	1045,440	658,627	S	K
-19	2200	0,0132	2,40	0,6300	69,696	43,908	100	6969,600	4390,848	S	K
-20	2250	0,0132	2,40	0,6300	71,280	44,906	100	7128,000	4490,640	S	K
-21	2260	0,0260	2,40	0,6300	141,024	88,845	100	14102,400	8884,512	B	S
-22	2275	0,0260	8,82	0,6300	521,703	328,673	100	52170,300	32867,289	SB	B
-23	2275	0,0260	13,29	0,6300	786,104	495,245	100	78610,350	49524,520	SB	SB
-24	2275	0,0260	13,29	0,6300	786,104	495,245	100	78610,350	49524,520	SB	SB
-25	2275	0,0260	13,29	0,6300	786,104	495,245	25	19652,588	12381,130	SB	SB
AG -17	2200	0,0132	2,40	0,6300	69,696	43,908	5	348,480	219,542	S	K
-18	2250	0,0132	2,40	0,6300	71,280	44,906	100	7128,000	4490,640	S	K
-19	2250	0,0132	2,40	0,6300	71,280	44,906	100	7128,000	4490,640	S	K
-20	2325	0,0132	2,40	0,6300	73,656	46,403	100	7365,600	4640,328	S	K
-21	2350	0,0260	2,40	0,6300	146,640	92,383	100	14664,000	9238,320	B	S
-22	2375	0,0260	2,40	0,6300	148,200	93,366	100	14820,000	9336,600	B	S
-23	2375	0,0260	8,82	0,6300	544,635	343,120	100	54463,500	34312,005	SB	SB
-24	2375	0,0260	8,82	0,6300	544,635	343,120	100	54463,500	34312,005	SB	SB
-25	2375	0,0260	8,82	0,6300	544,635	343,120	5	2723,175	1715,600	SB	SB
AH -17	2275	0,0132	2,40	0,6300	72,072	45,405	15	1081,080	681,080	S	K
-18	2300	0,0132	2,40	0,6300	72,864	45,904	100	7286,400	4590,432	S	K
-19	2350	0,0132	2,40	0,6300	74,448	46,902	100	7444,800	4690,224	S	K
-20	2400	0,0132	2,40	0,6300	76,032	47,900	100	7603,200	4790,016	S	K
-21	2400	0,0260	2,40	0,6300	149,760	94,349	100	14976,000	9434,880	B	S
-22	2425	0,0260	2,40	0,6300	151,320	95,332	100	15132,000	9533,160	B	S
-23	2425	0,0260	2,40	0,6300	151,320	95,332	100	15132,000	9533,160	B	S
-24	2425	0,0260	2,40	0,6300	151,320	95,332	100	15132,000	9533,160	B	S
-25	2425	0,0260	2,40	0,6300	151,320	95,332	5	756,600	476,658	B	S
AI -16	2300	0,0132	2,40	0,6300	72,864	45,904	5	364,320	229,522	S	K
-17	2300	0,0132	2,40	0,6300	72,864	45,904	100	7286,400	4590,432	S	K
-18	2400	0,0132	2,40	0,6300	76,032	47,900	100	7603,200	4790,016	S	K
-19	2425	0,0132	2,40	0,6300	76,824	48,399	100	7682,400	4839,912	S	K
-20	2450	0,0132	2,40	0,6300	77,616	48,898	100	7761,600	4889,808	S	K
-21	2475	0,0260	2,40	0,6300	154,440	97,297	100	15444,000	9729,720	B	S
-22	2475	0,0260	2,40	0,6300	154,440	97,297	100	15444,000	9729,720	B	S
-23	2475	0,0260	2,40	0,6300	154,440	97,297	100	15444,000	9729,720	B	S
-24	2475	0,0260	2,40	0,6300	154,440	97,297	5	772,200	486,486	B	S
AJ -15	2250	0,0132	2,40	0,6300	71,280	44,906	5	356,400	224,532	K	K
-16	2300	0,0132	2,40	0,6300	72,864	45,904	25	1821,600	1147,608	K	K

	-17	2350	0,0132	2,40	0,6300	74,448	46,902	100	7444,800	4690,224	K	K
	-18	2400	0,0132	2,40	0,6300	76,032	47,900	100	7603,200	4790,016	K	K
	-19	2450	0,0132	2,40	0,6300	77,616	48,898	100	7761,600	4889,808	K	K
	-20	2475	0,0132	2,40	0,6300	78,408	49,397	100	7840,800	4939,704	K	K
	-21	2500	0,0260	2,40	0,7000	156,000	109,200	100	15600,000	10920,000	B	S
	-22	2500	0,0260	2,40	0,6300	156,000	98,280	100	15600,000	9828,000	B	S
	-23	2500	0,0260	2,40	0,6300	156,000	98,280	100	15600,000	9828,000	B	S
	-24	2500	0,0260	2,40	0,6300	156,000	98,280	5	780,000	491,400	B	S
AK	-15	2275	0,0132	2,40	0,2000	72,072	14,414	15	1081,080	216,216	SK	SK
	-16	2300	0,0132	2,40	0,6300	72,864	45,904	100	7286,400	4590,432	K	K
	-17	2375	0,0132	2,40	0,2000	75,240	15,048	100	7524,000	1504,800	SK	SK
	-18	2425	0,0132	2,40	0,2000	76,824	15,365	100	7682,400	1536,480	SK	SK
	-19	2500	0,0132	2,40	0,2000	79,200	15,840	100	7920,000	1584,000	SK	SK
	-20	2500	0,0132	2,40	0,6300	79,200	49,896	100	7920,000	4989,600	K	K
	-21	2500	0,0260	2,40	0,6300	156,000	98,280	100	15600,000	9828,000	S	S
	-22	2500	0,0260	2,40	0,6300	156,000	98,280	100	15600,000	9828,000	S	S
	-23	2500	0,0260	2,40	0,6300	156,000	98,280	15	2340,000	1474,200	S	S
AL	-14	2250	0,0132	2,40	0,2000	71,280	14,256	5	356,400	71,280	SK	SK
	-15	2275	0,0132	2,40	0,2000	72,072	14,414	100	7207,200	1441,440	SK	SK
	-16	2300	0,0132	2,40	0,7000	72,864	51,005	100	7286,400	5100,480	K	K
	-17	2400	0,0132	2,40	0,6300	76,032	47,900	100	7603,200	4790,016	K	K
	-18	2475	0,0132	8,82	0,6300	288,149	181,534	100	28814,940	18153,412	B	B
	-19	2500	0,0132	8,82	0,6300	291,060	183,368	100	29106,000	18336,780	B	B
	-20	2500	0,0132	2,40	0,6300	79,200	49,896	100	7920,000	4989,600	K	K
	-21	2500	0,0132	2,40	0,7000	79,200	55,440	100	7920,000	5544,000	K	K
	-22	2500	0,0260	2,40	0,2000	156,000	31,200	100	15600,000	3120,000	B	K
	-23	2500	0,0260	2,40	0,6300	156,000	98,280	5	780,000	491,400	B	S
AM	-13	2250	0,0132	2,40	0,6300	71,280	44,906	5	356,400	224,532	S	K
	-14	2275	0,0132	2,40	0,6300	72,072	45,405	15	1081,080	681,080	S	K
	-15	2350	0,0132	2,40	0,2000	74,448	14,890	100	7444,800	1488,960	S	SK
	-16	2450	0,0132	2,40	0,6300	77,616	48,898	100	7761,600	4889,808	S	K
	-17	2500	0,0132	2,40	0,6300	79,200	49,896	100	7920,000	4989,600	S	K
	-18	2500	0,0132	8,82	0,6300	291,060	183,368	100	29106,000	18336,780	B	B
	-19	2500	0,0132	8,82	0,6300	291,060	183,368	100	29106,000	18336,780	B	B
	-20	2500	0,0132	8,82	0,6300	291,060	183,368	100	29106,000	18336,780	B	B
	-21	2500	0,0132	8,82	0,7000	291,060	203,742	100	29106,000	20374,200	B	B
	-22	2500	0,0260	8,82	0,2000	573,300	114,660	15	8599,500	1719,900	SB	S
AN	-13	2250	0,0132	8,82	0,6300	261,954	165,031	15	3929,310	2475,465	B	B
	-14	2275	0,0132	8,82	0,6300	264,865	166,865	100	26486,460	16686,470	B	B
	-15	2300	0,0132	8,82	0,6300	267,775	168,698	100	26777,520	16869,838	B	B
	-16	2350	0,0132	8,82	0,2000	279,596	54,719	100	27359,640	5471,928	B	K
	-17	2450	0,0132	8,82	0,2000	285,239	57,048	100	28523,880	5704,776	B	K
	-18	2500	0,0132	8,82	0,6300	291,060	183,368	100	29106,000	18336,780	B	B
	-19	2500	0,0132	8,82	0,6300	291,060	183,368	100	29106,000	18336,780	B	B
	-20	2500	0,0132	8,82	0,7000	291,060	203,742	100	29106,000	20374,200	B	B
	-21	2500	0,0132	8,82	0,2000	291,060	58,212	100	29106,000	5821,200	B	K
	-22	2500	0,0132	8,82	0,2000	291,060	58,212	15	4365,900	873,180	B	K
AO	-12	2250	0,0132	8,82	0,6300	261,954	165,031	15	3929,310	2475,465	B	B
	-13	2250	0,0132	8,82	0,6300	261,954	165,031	100	26195,400	16503,102	B	B
	-14	2275	0,0132	8,82	0,2000	264,865	52,973	100	26486,460	5297,292	B	K
	-15	2300	0,0132	8,82	0,2000	267,775	53,555	100	26777,520	5355,504	B	K
	-16	2400	0,0132	8,82	0,2000	279,418	55,884	100	27941,760	5588,352	B	K
	-17	2450	0,0132	8,82	0,2000	285,239	57,048	100	28523,880	5704,776	B	K
	-18	2500	0,0132	8,82	0,6300	291,060	183,368	100	29106,000	18336,780	B	B
	-19	2500	0,0132	8,82	0,6300	291,060	183,368	100	29106,000	18336,780	B	B
	-20	2500	0,0220	8,82	0,6300	485,100	305,613	100	48510,000	30561,300	SB	B
	-21	2500	0,0220	8,82	0,6300	485,100	305,613	100	48510,000	30561,300	SB	B
	-22	2500	0,0220	8,82	0,2000	485,100	97,020	15	7276,500	1455,300	SB	K
AP	-11	2250	0,0132	8,82	0,7000	261,954	183,368	15	3929,310	2750,517	B	B
	-12	2250	0,0132	8,82	0,6300	261,954	165,031	100	26195,400	16503,102	B	B
	-13	2275	0,0132	2,40	0,2000	72,072	14,414	100	7207,200	1441,440	S	SK
	-14	2300	0,0132	2,40	0,2000	72,864	14,573	100	7286,400	1457,280	S	SK
	-15	2300	0,0132	2,40	0,2000	72,864	14,573	100	7286,400	1457,280	S	SK
	-16	2400	0,0132	2,40	0,2000	76,032	15,206	100	7603,200	1520,640	S	SK
	-17	2450	0,0132	2,40	0,2000	77,616	15,523	100	7761,600	1552,320	S	SK
	-18	2475	0,0220	2,40	0,2000	130,680	26,136	100	13068,000	2613,600	B	K
	-19	2500	0,0220	2,40	0,6300	132,000	83,160	100	13200,000	8316,000	B	S

-20	2500	0,0220	2,40	0,6300	132,000	83,160	15	1980,000	1247,400	B	S
-21	2500	0,0220	2,40	0,2000	132,000	26,400	10	1320,000	264,000	B	K
AQ-10	2200	0,0132	2,40	0,6300	69,696	43,908	5	348,480	219,542	S	K
-11	2225	0,0132	8,82	0,2000	259,043	51,809	100	25904,340	5180,868	B	K
-12	2250	0,0132	8,82	0,2000	261,954	52,391	100	26195,400	5239,080	B	K
-13	2275	0,0132	2,40	0,2000	72,072	14,414	100	7207,200	1441,440	S	SK
-14	2300	0,0132	13,29	0,2000	403,484	80,697	100	40348,440	8069,688	SB	S
-15	2350	0,0132	2,40	0,2000	74,448	14,890	100	7444,800	1488,960	S	SK
-16	2400	0,0132	2,40	0,2000	76,032	15,206	100	7603,200	1520,640	S	SK
-17	2425	0,0220	2,40	0,2000	128,040	25,608	100	12804,000	2560,800	B	K
-18	2450	0,0220	2,40	0,2000	129,360	25,872	100	12936,000	2587,200	B	K
-19	2475	0,0220	2,40	0,2000	130,680	26,136	100	13068,000	2613,600	B	K
-20	2500	0,0220	2,40	0,6300	132,000	83,160	100	13200,000	8316,000	B	S
-21	2500	0,0220	2,40	0,6300	132,000	83,160	15	1980,000	1247,400	B	S
AR - 9	2200	0,0132	2,40	0,6300	69,696	43,908	10	696,960	439,085	S	K
-10	2200	0,0132	8,82	0,6300	256,133	161,364	15	3841,992	2420,455	B	B
-11	2225	0,0132	2,40	0,2000	70,488	14,098	100	7048,800	1409,760	S	SK
-12	2250	0,0132	2,40	0,2000	71,280	14,256	100	7128,000	1425,600	S	SK
-13	2300	0,0132	2,40	0,2000	72,864	14,573	100	7286,400	1457,280	S	SK
-14	2350	0,0132	13,29	0,2000	412,256	82,451	100	41225,580	8245,116	SB	S
-15	2400	0,0132	2,40	0,2000	76,032	15,206	100	7603,200	1520,640	S	SK
-16	2425	0,0220	2,40	0,2000	128,040	25,608	100	12804,000	2560,800	B	K
-17	2450	0,0220	2,40	0,2000	129,360	25,872	100	12936,000	2587,200	B	K
-18	2450	0,0220	2,40	0,2000	129,360	25,872	100	12936,000	2587,200	B	K
-19	2475	0,0220	2,40	0,2000	130,680	26,136	100	13068,000	2613,600	B	K
-20	2500	0,0220	2,40	0,6300	132,000	83,160	100	13200,000	8316,000	B	S
-21	2500	0,0220	2,40	0,6300	132,000	83,160	10	1320,000	831,600	B	S
AS - 8	2150	0,0132	2,40	0,6300	68,112	42,911	15	1021,680	643,658	S	K
- 9	2175	0,0132	2,40	0,6300	68,904	43,410	100	6890,400	4340,952	S	K
-10	2200	0,0132	8,82	0,2000	256,133	51,227	100	25613,280	5122,656	B	K
-11	2250	0,0132	2,40	0,2000	71,280	14,256	100	7128,000	1425,600	S	SK
-12	2275	0,0132	2,40	0,2000	72,072	14,414	100	7207,200	1441,440	S	SK
-13	2300	0,0132	2,40	0,2000	72,864	14,573	100	7286,400	1457,280	S	SK
-14	2400	0,0132	2,40	0,2000	76,032	15,206	100	7603,200	1520,640	S	SK
-15	2450	0,0220	2,40	0,2000	129,360	25,872	100	12936,000	2587,200	B	S
-16	2475	0,0220	8,82	0,2000	480,249	96,050	100	48024,900	9604,980	SB	K
-17	2475	0,0220	2,40	0,2000	130,680	26,136	100	13068,000	2613,600	B	K
-18	2475	0,0220	2,40	0,2000	130,680	26,136	100	13068,000	2613,600	B	K
-19	2500	0,0220	2,40	0,2000	132,000	26,400	100	13200,000	2640,000	B	K
-20	2500	0,0220	2,40	0,2000	132,000	26,400	25	3300,000	660,000	B	K
-21	2500	0,0220	2,40	0,2000	132,000	26,400	15	1980,000	396,000	B	K
AT - 8	2150	0,0132	2,40	0,6300	68,112	42,911	10	681,120	429,106	S	K
- 9	2200	0,0132	8,82	0,6300	256,133	161,364	100	25613,280	16136,366	B	B
-10	2250	0,0132	8,82	0,6300	261,954	165,031	100	26195,400	16503,102	B	B
-11	2275	0,0132	8,82	0,2000	264,865	52,973	100	26486,460	5297,292	B	K
-12	2300	0,0132	8,82	0,2000	267,775	53,555	100	26777,520	5355,504	B	K
-13	2400	0,0132	8,82	0,2000	279,418	55,884	100	27941,760	5588,352	B	K
-14	2450	0,0132	8,82	0,2000	285,239	57,048	100	28523,880	5704,776	B	K
-15	2500	0,0220	8,82	0,2000	485,100	97,020	100	48510,000	9702,000	SB	S
-16	2500	0,0220	8,82	0,2000	485,100	97,020	100	48510,000	9702,000	SB	S
-17	2500	0,0220	8,82	0,2000	485,100	97,020	100	48510,000	9702,000	SB	S
-18	2500	0,0220	8,82	0,2000	485,100	97,020	100	48510,000	9702,000	SB	S
-19	2500	0,0220	8,82	0,6300	485,100	305,613	25	12127,500	7640,325	SB	B
AU - 7	2125	0,0132	8,82	0,6300	247,401	155,863	15	3711,015	2337,939	B	B
- 8	2150	0,0132	8,82	0,6300	250,312	157,696	50	12515,580	7884,815	B	B
- 9	2200	0,0132	2,40	0,6300	69,696	43,908	100	6969,600	4390,848	S	S
-10	2250	0,0132	2,40	0,6300	71,280	44,906	100	7128,000	4490,640	S	S
-11	2300	0,0132	2,40	0,6300	72,864	45,904	100	7286,400	4590,432	S	S
-12	2375	0,0132	8,82	0,6300	276,507	174,199	100	27650,700	17419,941	B	B
-13	2450	0,0132	2,40	0,2000	77,616	15,523	100	7761,600	1552,320	S	SK
-14	2500	0,0220	2,40	0,2000	132,000	26,400	100	13200,000	2640,000	B	K
-15	2550	0,0220	8,82	0,2000	494,802	98,960	100	49480,200	9896,040	SB	S
-16	2550	0,0220	8,82	0,2000	494,802	98,960	100	49480,200	9896,040	SB	S
-17	2550	0,0220	2,40	0,2000	134,640	26,928	100	13464,000	2692,800	B	K
-18	2550	0,0220	2,40	0,2000	134,640	26,928	100	13464,000	2692,800	B	K
-19	2575	0,0220	2,40	0,6300	135,960	85,655	10	1359,600	856,548	B	S
AV - 5	2050	0,0186	2,40	0,6300	91,512	57,653	15	1372,680	864,788	S	S

-6	2100	0,0186	8,82	0,6300	344,509	217,041	25	8612,730	5426,020	SB	B
-7	2150	0,0132	8,82	0,6300	250,312	157,696	100	25031,160	15769,631	B	B
-8	2175	0,0132	8,82	0,6300	253,222	159,530	100	25322,220	15952,999	B	B
-9	2200	0,0132	2,40	0,2000	69,696	13,939	100	6969,600	1393,920	S	SK
-10	2300	0,0132	2,40	0,6300	72,864	45,904	100	7286,400	4590,432	S	K
-11	2350	0,0132	8,82	0,6300	273,596	172,366	100	27359,640	17236,573	B	B
-12	2400	0,0132	8,82	0,7000	279,418	195,592	100	27941,760	19559,232	B	B
-13	2500	0,0220	8,82	0,2000	485,100	97,020	100	48510,000	9702,000	SB	S
-14	2550	0,0220	8,82	0,2000	494,802	98,960	100	49480,200	9896,040	SB	S
-15	2600	0,0220	8,82	0,2000	504,504	100,901	100	50450,400	10090,080	SB	S
-16	2600	0,0220	2,40	0,2000	137,280	27,456	100	13728,000	2745,600	B	K
-17	2600	0,0220	2,40	0,2000	137,280	27,456	100	13728,000	2745,600	B	K
-18	2600	0,0220	2,40	0,2000	137,280	27,456	25	3432,000	686,400	B	K
AW-5	2050	0,0186	2,40	0,7000	91,512	64,058	50	4575,600	3202,920	S	S
-6	2100	0,0186	2,40	0,6300	93,744	59,059	100	9374,400	5905,872	S	K
-7	2150	0,0186	2,40	0,7000	95,976	67,183	100	9597,600	6718,320	S	S
-8	2200	0,0186	2,40	0,2000	98,208	19,642	100	9820,800	1964,160	S	SK
-9	2250	0,0132	2,40	0,2000	71,280	14,256	100	7128,000	1425,600	S	SK
-10	2300	0,0132	2,40	0,6300	72,864	45,904	100	7286,400	4590,432	S	K
-11	2400	0,0132	2,40	0,2000	76,032	15,206	100	7603,200	1520,640	S	SK
-12	2450	0,0220	2,40	0,2000	129,360	25,872	100	12936,000	2587,200	B	K
-13	2500	0,0220	2,40	0,6300	132,000	83,160	100	13200,000	8316,000	B	S
-14	2600	0,0220	2,40	0,6300	137,280	86,486	100	13728,000	8648,640	B	S
-15	2600	0,0220	2,40	0,6300	137,280	86,486	100	13728,000	8648,640	B	S
-16	2600	0,0220	2,40	0,2000	137,280	27,456	25	3432,000	686,400	B	K
-17	2600	0,0220	2,40	0,2000	137,280	27,456	10	1372,800	274,560	B	K
AX-4	2000	0,0186	2,40	0,6300	89,280	56,246	10	892,800	562,464	S	K
-5	2075	0,0186	2,40	0,0001	92,628	0,009	100	9262,800	0,926	S	SK
-6	2100	0,0186	2,40	0,6300	93,744	59,059	100	9374,400	5905,872	S	K
-7	2175	0,0186	2,40	0,2000	97,092	19,418	100	9709,200	1941,840	S	SK
-8	2200	0,0186	0,31	0,2000	12,685	2,537	100	1268,520	253,704	SK	SK
-9	2300	0,0186	2,40	0,2000	102,672	20,534	100	10267,200	2053,440	S	K
-10	2350	0,0220	2,40	0,2000	124,080	24,816	100	12408,000	2481,600	B	S
-11	2400	0,0220	2,40	0,6300	126,720	79,834	100	12672,000	7983,360	B	S
-12	2500	0,0220	2,40	0,6300	132,000	83,160	100	13200,000	8316,000	B	S
-13	2600	0,0220	2,40	0,6300	137,280	86,486	15	2059,200	1297,296	B	S
AY-4	2000	0,0186	2,40	0,6300	89,280	56,246	25	2232,000	1406,160	S	K
-5	2100	0,0186	2,40	0,0001	93,744	0,009	100	9374,400	0,937	S	SK
-6	2150	0,0186	0,31	0,6300	12,397	7,810	100	1239,690	781,005	SK	SK
-7	2200	0,0186	0,31	0,2000	12,685	2,537	100	1268,520	253,704	SK	SK
-8	2250	0,0186	0,31	0,2000	12,974	2,595	100	1297,350	259,470	SK	SK
-9	2300	0,0186	0,31	0,2000	13,262	2,652	100	1326,180	265,236	SK	SK
-10	2400	0,0186	2,40	0,2000	107,136	21,427	100	10713,600	2142,720	S	K
-11	2450	0,0220	2,40	0,6300	129,360	81,497	100	12936,000	8149,680	B	S
-12	2500	0,0220	2,40	0,6300	132,000	83,160	25	3300,000	2079,000	B	S
AZ-3	2000	0,0186	2,40	0,0001	89,280	0,009	10	892,800	0,089	S	SK
-4	2000	0,0186	2,40	0,0001	89,280	0,009	100	8928,000	0,893	S	SK
-5	2100	0,0186	2,40	0,0001	93,744	0,009	100	9374,400	0,937	S	SK
-6	2150	0,0186	0,31	0,2000	12,397	2,479	100	1239,690	247,938	SK	SK
-7	2200	0,0186	0,31	0,2000	12,685	2,537	100	1268,520	253,704	SK	SK
-8	2300	0,0186	0,31	0,2000	13,262	2,652	100	1326,180	265,236	SK	SK
-9	2350	0,0186	0,31	0,2000	13,550	2,710	100	1355,010	271,002	SK	SK
-10	2400	0,0186	2,40	0,6300	107,136	67,496	100	10713,600	6749,568	S	S
-11	2500	0,0186	2,40	0,6300	111,600	70,308	100	11160,000	7030,800	S	S
-12	2600	0,0220	2,40	0,6300	137,280	86,486	25	3432,000	2162,160	B	S
-13	2600	0,0220	2,40	0,6300	137,280	86,486	10	1372,800	864,864	B	S
BA-3	2000	0,0186	2,40	0,0001	89,280	0,009	25	2232,000	0,223	S	S
-4	2000	0,0186	2,40	0,0001	89,280	0,009	100	8928,000	0,893	S	S
-5	2100	0,0186	2,40	0,0001	93,744	0,009	100	9374,400	0,937	S	S
-6	2150	0,0186	0,31	0,2000	12,397	2,479	100	1239,690	247,938	SK	SK
-7	2200	0,0186	0,31	0,2000	12,685	2,537	100	1268,520	253,704	SK	SK
-8	2300	0,0186	0,31	0,2000	13,262	2,652	100	1326,180	265,236	SK	SK
-9	2350	0,0186	0,31	0,6300	13,550	8,537	100	1355,010	853,656	SK	SK
-10	2400	0,0186	0,31	0,2000	13,838	2,768	100	1383,840	276,768	SK	SK
-11	2500	0,0186	0,40	0,6300	18,600	11,718	100	1860,000	1171,800	SK	SK
-12	2600	0,0220	0,40	0,6300	22,880	14,414	10	228,800	144,144	K	SK
BB-3	2000	0,0186	0,40	0,0001	14,880	0,001	25	372,000	0,037	SK	SK

– 4	2000	0,0186	0,40	0,0001	14,880	0,001	100	1488,000	0,149	SK	SK
– 5	2100	0,0186	0,40	0,0001	15,624	0,002	100	1562,400	0,156	SK	SK
– 6	2175	0,0186	0,31	0,6300	12,541	7,901	100	1254,105	790,086	SK	SK
– 7	2250	0,0186	0,31	0,2000	12,974	2,595	100	1297,350	259,470	SK	SK
– 8	2300	0,0186	0,31	0,2000	13,262	2,652	100	1326,180	265,236	SK	SK
– 9	2375	0,0186	0,31	0,6300	13,694	8,627	100	1369,425	862,738	SK	SK
–10	2450	0,0186	0,31	0,6300	14,127	8,900	100	1412,670	889,982	SK	SK
–11	2550	0,0186	0,40	0,6300	18,972	11,952	100	1897,200	1195,236	SK	SK
–12	2650	0,0186	0,40	0,6300	19,716	12,421	10	197,160	124,211	SK	SK
BC – 3	2000	0,0186	0,40	0,0001	14,880	0,001	10	148,800	0,015	SK	SK
– 4	2000	0,0186	0,40	0,0001	14,880	0,001	100	1488,000	0,149	SK	SK
– 5	2100	0,0186	0,40	0,0001	15,624	0,002	100	1562,400	0,156	SK	SK
– 6	2150	0,0186	0,31	0,2000	12,397	2,479	100	1239,690	247,938	SK	SK
– 7	2250	0,0186	0,31	0,2000	12,974	2,595	100	1297,350	259,470	SK	SK
– 8	2300	0,0186	0,31	0,2000	13,262	2,652	100	1326,180	265,236	SK	SK
– 9	2400	0,0186	0,31	0,6300	13,838	8,718	100	1383,840	871,819	SK	SK
–10	2500	0,0186	0,31	0,2000	14,415	2,883	100	1441,500	288,300	SK	SK
–11	2600	0,0186	0,40	0,6300	19,344	12,187	25	483,600	304,668	SK	SK
–12	2700	0,0186	0,40	0,6300	20,088	12,655	15	301,320	189,832	K	SK
BD – 4	2000	0,0186	2,40	0,0001	89,280	0,009	25	2232,000	0,223	S	SK
– 5	2100	0,0186	0,31	0,6300	12,109	7,628	100	1210,860	762,842	SK	SK
– 6	2200	0,0186	0,31	0,2000	12,685	2,537	100	1268,520	253,704	SK	SK
– 7	2250	0,0186	0,31	0,2000	12,974	2,595	100	1297,350	259,470	SK	SK
– 8	2300	0,0186	2,40	0,6300	102,672	64,683	100	10267,200	6468,336	S	S
– 9	2400	0,0186	2,40	0,6300	107,136	67,496	100	10713,600	6749,568	S	S
–10	2500	0,0186	2,40	0,2000	111,600	22,320	25	2790,000	558,000	S	SK
–11	2600	0,0186	2,40	0,6300	116,064	73,120	10	1160,640	731,203	S	S
BE – 4	2000	0,0186	2,40	0,0001	89,280	0,009	25	2232,000	0,223	S	SK
– 5	2100	0,0186	0,31	0,0001	12,109	0,001	25	302,715	0,030	SK	SK
– 6	2150	0,0186	0,31	0,0001	12,397	0,001	7	86,778	0,009	SK	SK
– 7	2200	0,0186	2,40	0,2000	98,208	19,642	5	491,040	98,208	S	SK
– 8	2300	0,0186	2,40	0,6300	102,672	64,683	5	513,360	323,417	S	S
Total					51316,5788	24400,5045	22450	3941710,6	1799901,3		

Kondisi erosi : Sangat berat (SB) = > 330 ton/ha/th
Kondisi erosi : Berat (B) = > 125 s/d 330 ton/ha/th
Kondisi erosi : Sedang (S) = > 60 s/d 125 ton/ha/th
Kondisi erosi : Kecil (K) = > 20 s/d 60 ton/ha/th
Kondisi erosi : Sangat kecil (SK) = < 20 ton/ha/th

5.3 PENYUSUNAN KRITERIA EROSI DAN PEMETAAN

Dengan telah diketahuinya besar erosi maka dapat ditentukan pula klasifikasi bahaya erosinya, dengan demikian selanjutnya dapat dibuat peta bahaya erosinya. (Lihat gambar 5.6)

5.4 MONITORING "SEDIMENT YIELD" DENGAN "SEDIMENT TRANSPORT"

Sedimen yang terangkut di sungai berdasarkan cara transportasinya dibedakan menjadi dua yaitu : angkutan sedimen dasar sungai ("bed load") (Tb) dan angkutan sedimen melayang ("suspended load") (Ts). Angkutan sedimen melayang ini sangat ditentukan oleh besarnya laju erosi lahan, dan angkutan sedimen dasar sungai ditentukan oleh erosi palung sungai. Angkutan sedimen dasar terjadi pada dasar sungai secara menggeser, mengguling dan meloncat ("tractive force") akibat aliran air.

Dari asalnya partikel-partikel sedimen tersebut dibagi dua, yaitu ("wash load") dan ("bed material transport"). Wash load, merupakan transpor material yang partikel-partikelnya berasal dari luar palung sungai (erosi). Bed material, berasal dari palung sungai itu sendiri. Maka besarnya angkutan sedimen sungai (T) adalah total angkutan dari sedimen dasar (Tb), dan sedimen melayang (Ts). Dalam kenyataannya sedimen, terutama berasal dari wash load yang merupakan butir-butir halus dari pada gumpalan-gumpalan material. Angkutan butir-butir halus tersebut merupakan "suspended load".

Dari data penelitian Erosi/Sedimentasi didaerah pengaliran waduk Kedung Ombo (Pusat Penelitian dan Pengembangan Pengairan D.P.U., 1987), diketahui jumlah "wash load" terdiri dari 80-95% dari total angkutan sedimen. Dan secara umum, "bed load" jumlahnya cukup rendah berkisar antara 10-20% dari "suspended load".

Dengan mengasumsikan bahwa konsentrasinya merata, maka dapat dihitung debit sedimen yang merupakan produk dari konsentrasi dan debit.

Formula tersebut dapat ditulis sebagai berikut :

$$Q^S = 0{,}0864 \times C \times Q \quad \text{ton/hari} \ldots\ldots \quad (5.1)$$

dengan, C = konsentrasi sedimen dalam (mg/l)

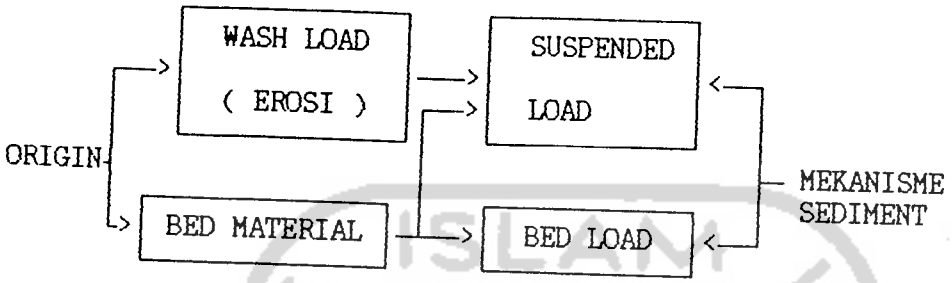
Q = debit banjir setelah dikurangi base flow (m^3/detik)

Q^S = debit sedimen (ton/hari)

Dengan pengukuran debit pada pos duga air yang merupakan "outlet" dari suatu DAS, dapat dibuat lengkung aliran ("rating curve"), sehingga dapat diketahui fluktuasi debit sepanjang tahun pada pos duga air, begitu pula dengan melakukan pengukuran "suspended load" didapat konsentrasi sedimen untuk berbagai variasi muka air, maka didapat pula rating sedimen (hubungan antara debit dan sedimen), sehingga jumlah sedimen yang tergantung debit fluktuasinya dapat dihitung besarnya sedimen yang diakibatkan oleh erosi.

Untuk pengelolaan DAS yang menyangkut "life time "

dari suatu waduk, "sediment transport" yang diperhitungkan kedua-duanya yaitu "bed load" dan juga "suspended load" dan fluktuasi debitnya diperhitungkan sepanjang tahun, secara skematis dapat dilhat pada gambar 5.7.

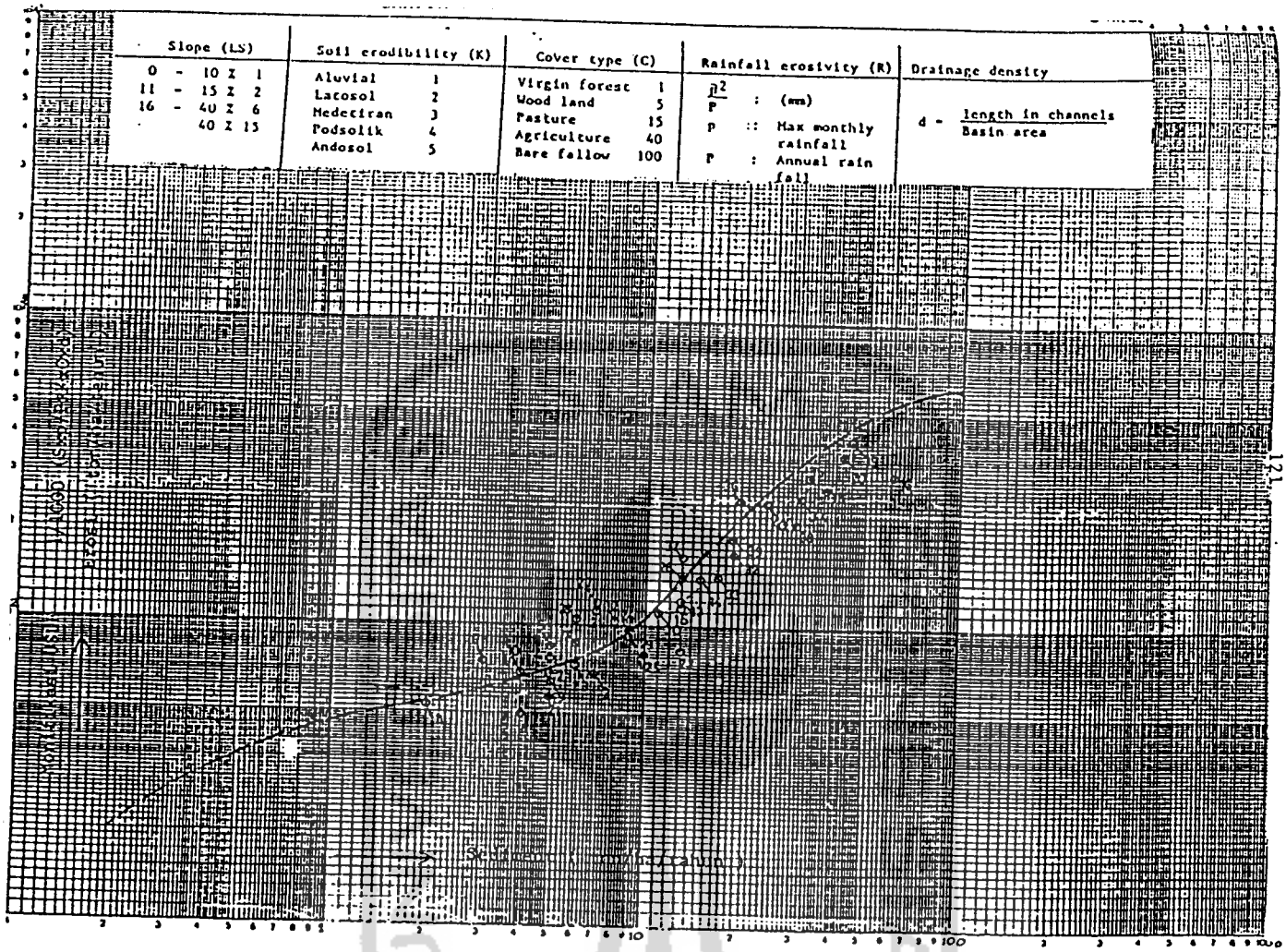


Gambar 5.7 Skema Sediment Transport

Untuk anak-anak sungai yang tidak mempunyai pos duga air ("ungated area"), perhitungan "sediment rate" dihitung dengan erosi yang terjadi berdasarkan Universal Soil Loss Equation (USLE), kemudian diperkirakan besarnya "sediment transport" yang masuk ke anak-anak sungai berdasarkan SDR ("sediment Delivery Ratio"). Model erosi sedimen tersebut dapat dilihat gambar 5.8.

Tabel 5.2 Hasil perhitungan sedimen sungai pada sub-DAS kali Serang waduk Kedung Ombo, tahun 1986 (DPU,Final Report 1987).

No	Nama DAS	Luas DAS (km^2)	Suspended load (mm)	Bed load (mm)	Total (mm)	Tebal total sedimen terhadap seluruh luas Das Serang-Kd. Ombo (614 km^2). (mm)
1	Serang-Guwo	190,0	5,164	0,477	5,641	1,746
2	Laban-Jengglong	71,0	0,941	0,253	1,194	0,138
3	Kr.Boyo-Kr.Boyo	56,0	0,152	0,015	0,167	0,015
4	Wonosari-Kd.Kancil	95,0	2,232	0,223	0,450	0,380
5	Guwo - Guwo I	15,0	4,604	0,210	4,814	0,118
6	Klampok - Guwo III	12,0	5,992	0,200	6,192	0,121
7	Daerah diluar pos pengukuran	129,0				0,018
	Jumlah					2,536



Gambar 5.8
Model erosi sedimen pada perhitungan sedimen diluar AWLR
(Sumber DPU, Final Report,1987)

Tabel 5.3 Hasil perhitungan sedimen pada luar pos pengukuran dengan menggunakan model erosi sedimen (DPU, Final Report,1987)

No	Nama DAS	Luas DAS (km^2)	Erosi (ton/ha/th)	Sedimen (ton/ha/th	δ dry	Sedimen (mm)	Tebal total sedimen terhadap seluruh luas Das Serang-Kd.
1	Monosari - Banjar	23,45	50,6	1,400	0,54	0,259	0,010
2	Serang - Guwo	34,50	20,8	0,150	0,54	0,027	0,002
3	Laban - Jengglong	41,60	37,4	0,330	0,54	0,061	0,004
4	Luar genangan	29,60	21,5	0,200	0,54	0,037	0,002

5.5 ANALISIS DATA EROSI LAHAN DENGAN ANGKUTAN SEDIMEN MELAYANG YANG MASUK SUNGAI SERANG HULU

Dalam melihat keseluruhan basin yang terdiri dari proses erosi dan "sediment transport", diperlukan perpaduan (kombinasi) teori dan praktisnya terhadap distribusi erosi dari "upland" hingga menjadi "sediment yield" disungai.

Formula USLE dalam memprediksi besarnya erosi yang terjadi tidak menghitung besarnya "sediment yield", karena itu dibutuhkan suatu metode dari data-data yang ada untuk dapat dibuat hubungannya, sehingga metode tersebut merupakan kaitan ("link") terhadap perkiraan besarnya "sediment yield" yang terjadi.

Dengan menggunakan SDR ("Sediment Deliveri Ratio"), yakni perbandingan "sediment yield" dengan total erosi ("gross erotion"), maka hubungan dari data tersebut dapat dirumuskan. Dari penelitian-penelitian terdahulu yang dilakukan dept.P.U., diketahui rata-rata untuk daerah aliran sungai di Indonesia, nilai SDR berkisar 10 - 25 % , dengan kata lain nilai ini merupakan keadaan yang sedang (umumnya). Nilai SDR yang tinggi (SDR > 25 %), menunjukkan bahwa kerusakan DAS berlangsung secara cepat dimana tingkat "sediment yield" yang cukup tinggi terhadap erosi yang sama. Nilai lainnya (SDR < 10 %), dapat diartikan sebagai kondisi DAS dengan kerusakan berjalan lambat (ada konservasi),(Sugiyanto,UNDIP,1995).

Untuk daerah aliran sungai kali Serang hulu, nilai SDR yang terjadi dihitung berdasarkan data-data berikut ;

Telah didapat nilai Total erosi = 1799901,3 ton/th

Erosi rata-rata per Ha : $\frac{1799901,3}{22450}$ = 80,17 ton/ha/th

= 80 ton/ha/th

Suspended load : 5,164 mm (resume perhitungan Dept.PU)

Catatan : Dry density (k) dalam T/M^3

Luas DAS = 190,00 Km^2

5,164 : 1000 = 0,005164 m/th

0,005164(m/th) X [190,00 X 10^6](m^2) = 981160 m^3/th

981160 (m^3/th) X (k) T/m^3 =

981160 (m^3/th) X 0,54 (T/m^3) = 529826,4 (T/th)

529826,4 (T/th) : [190,00 X 100] = 27,8856 (T/ha/th)

atau = 27,89 ton/ha/th

Dalam dimensi tebal = $\frac{0,529 \times 10^6 \text{ (ton/th)}}{0,54 \text{ Ton/th X } [190 \times 10^6]}$

= 0,0051 (m/th)

= 5,15 (mm/th)

Untuk ketebalan Sedimen terhadap seluruh DAS Waduk Kedung Ombo (614,00 Km^2)

$\frac{190,00 \text{ Km}^2}{614,00 \text{ Km}^2}$ X 5,15 mm/th = 1,59 mm/th

SDR : $\frac{27,89}{80}$ = 0,349

= 34 %

Nilainya (SDR > 25 %)

Nilai ini memberi gambaran bahwa kerusakan DAS berlangsung secara cepat, dimana nilai tersebut menunjukan sedimen luruhnya ("sediment yield") yang cukup tinggi terhadap erosi yang sama. Dengan kata lain, lahan/tanah yang tererosi akibat limpasan hujan efektif masuk kesungai, dan secara berkelanjutan akan terangkut kewaduk.

BAB VI
PENGENDALIAN SEDIMEN

6.1 UMUM

Sedimentasi adalah merupakan suatu gejala alam yang tidak dapat dihindarkan/dihentikan. Oleh karena itu untuk mengatasi hal tersebut, tindakan yang dapat dilakukan hanya berupa tindakan penanggulangan, yang bertujuan mengurangi besarnya angkutan sedimen yang masuk sungai. Untuk mengendalikan sedimentasi yang terjadi pada sungai dan waduk harus dipandang dahulu proses dan faktor-faktor yang mempengaruhi.

Pengendalian sedimentasi waduk dapat dilaksanakan dengan cara :

a. perhitungan/prediksi terhadap erosi dan sedimentasi yang terjadi/timbul pada daerah aliran sungai
b. pembuatan bangunan pengendali yang disesuaikan dengan laju erosi dan sedimentasi pada daerah aliran sungai serta bentuk bangunan pengendali yang akan dibangun
c. perencanaan terhadap penggunaan air untuk penggelontoran sedimen yang akan terendapkan (adanya saluran pengelak) tersendiri, dengan cara memanfaatkan adanya aliran berat jenis yang diseimbangkan dengan air yang diperlukan sesuai dengan fungsi waduk.

6.2 PENCEGAHAN SEDIMENTASI dan EROSI PADA WADUK

Permasalahan sedimentasi pada waduk tidak dapat terlepas dari pengaruh erosi daerah tangkapannya, oleh sebab itu penanggulangan terhadap erosi sangat penting untuk seluruh wilayah/daerah aliran sungai. Dalam banyak hal penggunaan yang salah dari tanah untuk keperluan pertanian adalah sebab utama kerusakan kondisi sungai. Usaha untuk memperbaiki sungai yang telah rusak adalah tidak mungkin, yang dapat dilakukan adalah mengurangi kerusakan-kerusakan selanjutnya yang akan terjadi. Prinsip dalam perbaikan sungai adalah pencegahan dan penanggulangan erosi dan sedimentasi.

Pencegahan dan penanggulangan erosi dan sedimentasi pada waduk Kedung Ombo dapat kita masukan ke dalam kegiatan rehabilitasi lahan dan konservasi tanah untuk seluruh daerah tangkapan aliran sungai, hal ini dapat dilaksanakan melalui :

1. kegiatan dengan metode vegetatif
2. kegiatan dengan metode penyuluhan dan informasi kehutanan (non teknis)
3. kegiatan dengan metode teknik sipil

6.2.1 Kegiatan dengan metode vegetatif

Metode vegetatif amat baik diterapkan sebagai penunjang mengurangi pengaruh erosi pada daerah hulu-hulu sungai. Yang termasuk dalam metode vegetatif, antara lain adalah pembuatan hutan/kebun rakyat.

Pembuatan Hutan/Kebun Rakyat merupakan upaya menanam tanaman tahunan, antara lain jenis kayu-kayuan, buah-buahan dan tanaman industri di lahan kritis sebagai upaya untuk perbaikan, perlindungan dan pemanfaatan lahan tersebut. Sedangkan tujuan pembuatan hutan/kebun rakyat adalah :

a. untuk memperbaiki penutupan tanah dan membantu peresapan air ke dalam tanah hingga dapat mencegah erosi.
b. meningkatkan produktivitas lahan dengan berbagai hasil dari tanaman hutan rakyat.
c. menciptakan iklim mikro sehingga dapat memperbaiki keadaan lingkungan hidup hidup dan melindungi keadaan tata air.

Disamping itu pula ada beberapa penunjang secara teknis yang lain, yang dapat dilaksanakan dalam rangka pencegahan erosi pada daerah tangkapan air sungai adalah :

1. mencegah pembukaan tanah di daerah yang keadaanya dapat menjadi berbahaya
2. mengusahakan tanah rumput dan mencegah dibukanya tanah pertanian di daerah berbahaya
3. membajak menurut kontur untuk menambah tahanan terhadap aliran permukaan
4. menanam tanaman pada musim hujan agar hujan tidak membawa butir tanah pada aliran permukaannya
5. penggunaan rotasi tanaman yang membuat variasi akar dalam tanah

6. "strip cropping" yaitu menanam tanaman yang berbeda-beda misalnya,tanaman rapat dengan tanaman yang terbuka ditanam sepanjang garis kontur secara selang-seling
7. dipakai sistem terasering pada tanaman keras/industri untuk tanah dengan kemiringan yang besar.

Sedang untuk erosi pada "gully erosion" dicegah dengan menanami rumput pada hulu parit yang terbentuk agar tidak berlanjut menggerus ke hulu, dan masih banyak cara lain yang prinsipnya adalah mencegah terjadinya pertemuan langsung antara butir air hujan yang jatuh dengan permukaan tanah, dan apabila sudah terjadi erosi yang berat harus dilakukan penanganan yang disesuaikan dengan sebab dan akibat yang akan terjadi selanjutnya.

6.2.2 Kegiatan dengan Metode Penyuluhan dan Informasi Kehutanan (Non Teknis)

Permasalahan rehabilitasi lahan dan konservasi tanah menyangkut petani sebagai sumber daya manusia, sehingga upaya tersebut harus melibatkan mereka. Keberhasilan upaya ini sedikit banyak dipengaruhi dan ditentukan oleh sumber daya manusia itu. Untuk dapat merubah sikap perilaku para petani perlu dilakukan pendekatan dengan metode penyuluhan sistem "Latihan dan Kunjungan" (LAKU). Dalam hal ini petugas penyuluh sebagai motivator merupakan jembatan antara sumber teknologi dengan petani sasaran teknologi. Petugas tersebut harus bekerja sama dengan kontak tani atau petani maju dalam menyampaikan teknik-

teknik rehabilitasi lahan dan konservasi tanah.
Disamping itu ada metode penyuluhan dalam bentuk Unit Percontohan Usaha Pelestarian Sumber Daya Alam (UP-UPSA). Unit Percontohan Usaha Pelestarian Sumber Daya Alam tersebut merupakan sarana penyuluhan yang memperagakan tentang teknik-teknik konservasi tanah dan produktivitas lahan yang dilakukan di Unit Percontohan UPSA dengan luas kira-kira 10 Ha, diharapkan mempunyai dampak positif bagi perbaikan lahan dan peningkatan peran serta petani di sekitarnya.

6.2.3 Kegiatan Dengan Metode Teknik Sipil

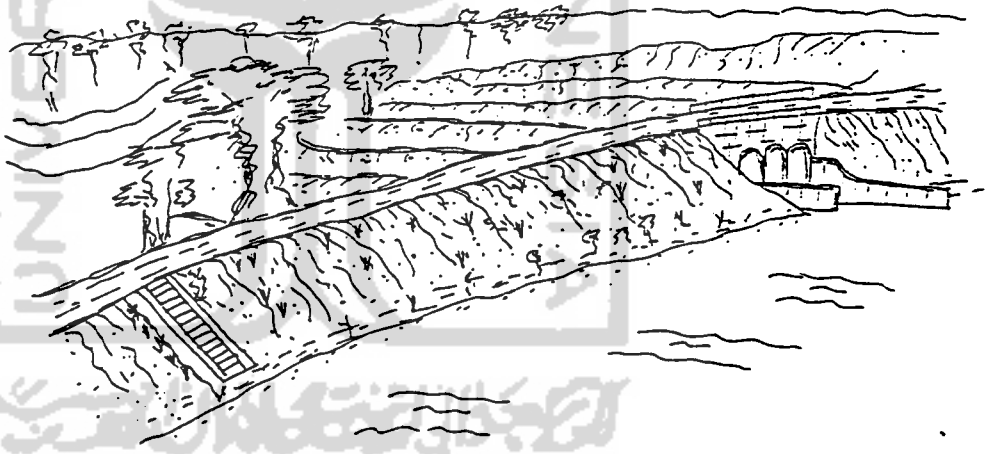
Kegiatan ini dimaksudkan untuk pencegahan terhadap sedimen yang akan masuk waduk yakni dengan membuat bangunan-bangunan pengendali/penahan erosi pada hulu-hulu sungai setiap sub DAS waduk Kedung Ombo.

6.2.3.1 Pembuatan dam pengendalian

Dam pengendali adalah bendungan kecil dengan konstruksi sederhana (urugan tanah) yang dibuat pada alur jurang atau sungai kecil. Dam pengendali tersebut merupakan bangunan pengawetan tanah dan air dengan fungsi utama untuk mengendalikan sedimen dan aliran permukaan yang berasal dari daerah tangkapan air di sebelah atasnya, yang mempunyai luas antara 100 sampai dengan 250 Ha tergantung pada besarnya curah hujan.

Selain mempunyai manfaat utama sebagai penampung sedimen, dam pengendali mempunyai manfaat tambahan, antara lain untuk:

a. tempat penyediaan air untuk masyarakat dan ternak
b. tempat pengembangan perikanan dan peternakan
c. tempat rekreasi dan olah raga
d. meningkatkan permukaan air tanah
e. memperbaiki iklim mikro
e. irigasi bagi sawah baru yang selesai dicetak



Gambar 6.1 Skets Dam Pengendali

(sumber Dept.PU, Final Report waduk Wonogiri)

6.2.3.2 Pembuatan bangunan dam penahan

Dam penahan adalah bangunan bendung sederhana yang terdiri dari bronjong kawat berisi batu yang dipasang melintang pada alur/jurang. Fungsinya adalah untuk menampung lumpur yang terbawa oleh aliran air (hasil erosi). Sesuai dengan bentuknya yang kecil dan sederhana ini, maka luas daerah tangkapan airnya juga lebih kecil yaitu berkisar antara 20 sampai dengan 30 Ha.

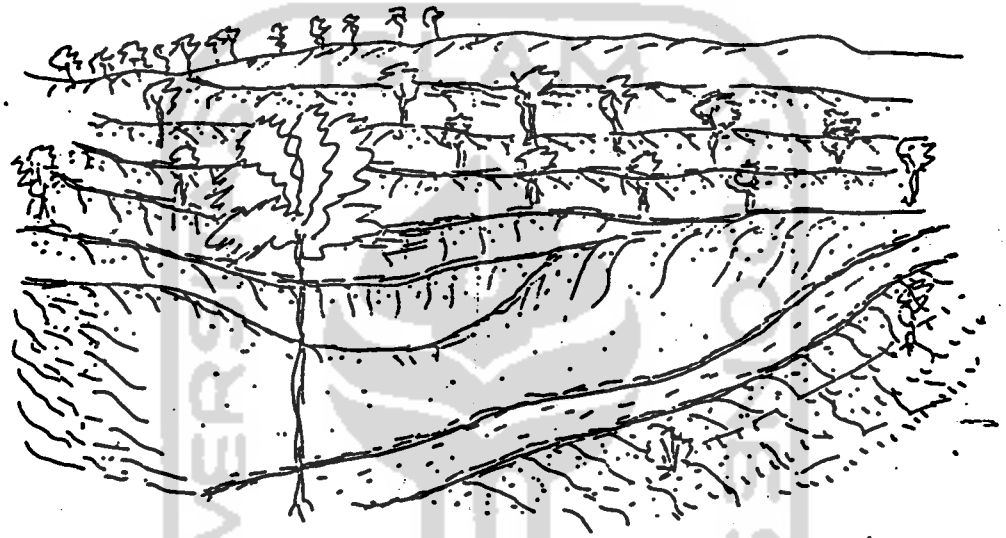
Gambar/sketsa dari bangunan Dam Penahan sama seperti gambar 6.1 (dam pengendali), hanya dimensinya yang lebih kecil.

6.2.3.3 Pembuatan bangunan pengendali jurang

Jurang dapat terbentuk karena terjadinya proses erosi permukaan, erosi alur, dan akhirnya menjadi erosi jurang.

Upaya pencegahan dilakukan dengan:

a. pembuatan "gully plug" atau bangunan pengendali jurang yang berbentuk seperti bendung dari urugan tanah melintang jurang, yang berfungsi sebagai kantong penahan sedimen
b. pembuatan "gully drop" atau bangunan pengendali jurang seperti "gully plug", hanya saja pada talud badan bendung dibagian hilir dan disekitar tempat terjunan dibagian tengah badan bendung diperkuat dengan pasangan batu kosong.



Gambar 6.2 Skets "Gully Plug"

(sumber Dept.PU, Final Report waduk Wonogiri)

6.2.3.4 Pembuatan teras

Teras adalah bangunan pencegah erosi yang dibuat dengan cara memotong/mengurangi panjang lereng dan membuat anggelan/guludan serta saluran air pada lahan miring. Pembuatan Teras bertujuan untuk mengurangi kecepatan air permukaan sehingga daya kikisnya terhadap tanah

berkurang, memperbesar peresapan air serta mengendalikan arah dan kecepatan aliran permukaan menuju ke tempat tertentu dengan aman.

Teras yang dibuat disesuaikan dengan kemiringan lereng, keadaan fisik tanah dan jenis usaha tani/komoditi yang diusahakan.



Gambar 6.3 Skets sistem Teras

(sumber Dept.PU, Final Report waduk Wonogiri)

6.3 REKOMENDASI

Dari peta bahaya erosi yang didesain dari formula USLE, kondisi masing-masing peruntukan tanah/lahan dapat

dinilai. Dengan demikian karateristik permasalahan daerah aliran sungai sudah terungkap. Untuk itu perlu disusun seperangkat usulan guna mengatasinya, yang terangkum dalam matriks rekomendasi (tabel 6.1).

Tabel 6.1 Matriks Rekomendasi

Keadaan Erosi	Kawasan	Alternatif Kegiatan	
		Vegetatif	Teknik Sipil
I. EROSI BERAT pada dan SANGAT BERAT pada	Kawasan Lindung (tidak diperkenankan adanya budidaya Pertanian)	- Reboisasi (penanaman suksesi alami) - Hutan rakyat - Perlindungan mata air, sungai, jurang - Hutan campuran dll	- Dam pengendalian/ penahanan erosi/ sedimen - Gully plug - Gully drop
II. EROSI BERAT dan SANGAT BERAT Pada	Kawasan Penyangga	- Reboisasi (penanaman suksesi, perkayaan tanaman) - Hutan campuran/ agroforestry - Hutan rakyat/perkebunan - Hutan kemasyarakatan - Cover crop	- Dam pengendalian/ penahan erosi/ sedimen - Gully plug - Gully drop - Teras - Saluran pembuangan air (SPA)
III. EROSI SEDANG dan EROSI BERAT KECIL pada	Kawasan budidaya tanaman tahunan	- Reboisasi (penanaman) - Perkebunan - Hutan rakyat/kebun rakyat - Agroforestry - Hutan kemasyarakatan - Cover crop	- Dam pengendali/ penahan erosi/ sedimen - Gully plug - Gully drop - Teras
IV. EROSI SEDANG dan EROSI BERAT KECIL pada	Kawasan budidaya tanaman setahun	- Strip Cropping - Contour - Multiple crooping - Rotasi tanaman	- Dam pengendali/ penahan erosi dan sedimen - Gully plug - Gully drop - Teras

Sumber dan rujukan : Pola RLKT DAS CITARUM

BAB VII
KESIMPULAN DAN SARAN

7.1 KESIMPULAN

7.1.1 Dari resume sedimen (Final Report, Dept.P.U, 87) sebelum diadakan evaluasi terhadap DAS kali Serang, didapat rata-rata sedimen sebesar 2,30 mm/tahun (monitoring untuk periode tahun 1979-1984). Untuk evaluasi data tahun 1986, total sedimen ("suspended load" + "bed load"), didapat tingkat sedimennya sebesar 2,536 mm/tahun. Dari indikasi sedimen tersebut sebesar 2,53 mm/tahun menunjukan adanya erosi yang cukup berbahaya pada Daerah Aliran Sungai (DAS) tersebut (umumnya angka 1 mm/tahun, merupakan batas maksimum yang ditolerir). Dari data yang diperoleh didaerah penelitian ini dapat disimpulkan bahwa DAS kali Serang merupakan sub-DAS Kedung Ombo yang paling besar dalam hal menyumbang muatan sedimen rata tahunan terhadap waduk Kedung Ombo. Dan usaha konservasi tanah di DAS selama ini, dalam rangka mencegah adanya erosi yang berlebihan belum berhasil. Pada perhitungan "bed load" yang terjadi hanya berkisar 3,3 % sampai dengan 26 % dari "suspended load". Hal tersebut menunjukkan dari bagian "sediment transport" yang paling besar adalah : "wash load" (erosi). Karena itu perbaikan lahan yang merupakan sumber erosi.

PERPUSTAKAAN

7.1.2 Dari perhitungan SDR ("Sediment Deliveri Ratio") terhadap "suspended load" dan total erosi, didapat angka sebesar 34 % (SDR > 25 %). Hal ini menunjukan bahwa kerusakan daerah aliran sungai kali Serang berlangsung secara cepat, berakibat erosi yang terjadi pada lahan tidak mengalami hambatan, erosi langsung terdistribusi kesungai bersama limpasan air hujan. Dengan kata lain sedimen luruhnya ("sediment yield") cukup tinggi terhadap erosi yang sama.

7.1.3 Sebagai indikasi kerusakan DAS dapat diketahui dari tingkat erosi dan tingkat sedimennya ("rate sedimen") dan dari kedua faktor tadi cara yang lebih baik dewasa ini masih dengan memantau tingkat sedimennya, karena sedimen yang dipantau merupakan proses erosi yang terjadi pada saat kejadian tersebut. Sedangkan dengan mengevaluasi dari faktor-faktor terjadinya erosi, kesulitannya ialah mendapatkan peta tata guna lahan ("land used") yang akurat, dan umumnya peta-peta tersebut diperbaharui dalam jangka periode 5 (lima) tahun sekali, sehingga perubahan-perubahan yang terjadi dalam waktu singkat tidak dapat dideteksi.

7.2 SARAN

7.2.1 Untuk pemantauan erosi-sedimentasi, terlihat bahwa lokasi sub-sub-DAS (kotak unit map/pias) yang mengalami tingkat erosi yang tertinggi hingga terendah sangat bervariasi. Maka prioritas penanggulangan pengendalian disarankan menurut tingkat erosi yang terjadi. Dan peta lokasi bahaya erosi pada daerah aliran sungai tersebut dapat dipakai sebagai arahan.

7.2.2 Dalam hal penanggulangan erosi-sedimentasi secara Teknik Sipil, maka pembuatan check dam (baik berupa dam pengendali ataupun dam penahan) sangat disarankan, mengingat usaha tersebut dapat berfungsi dalam waktu singkat. Dan diusulkan lokasi check dam tersebut mencakup daerah yang mempunyai klasifikasi erosi sangat berat dan erosi berat. Sehingga diharapkan bisa menahan dan mengendalikan sedimen luruh ("sediment yield") secara efisien dan efektif.

7.2.3 Perlu adanya studi pengukuran debit dan pengukuran sedimentasi yang berkesinambungan untuk memantau keberhasilan tindakan pengelolaan DAS. Untuk mendapatkan gambaran yang lebih jelas mengenai penyebaran (distribusi) sedimen pada waduk Kedung Ombo, maka disarankan supaya diadakannya pengukuran langsung secara ("echo sounding") setiap lima tahun.

7.2.4 Dari data departemen P.U. diketahui bahwa penanggulangan dengan penterasan, umumnya dapat mengurangi erosi antara 30-50%, sedangkan dengan cara menghutankan kembali diduga akan lebih efektif (hutan mampu mengurangi erosi antara 0,001-0,0001 kali erosi yang terjadi), karena terhadap lahan-lahan yang tererosi sangat besar, aplikasi penterasan akan kurang memadai.

7.2.5 Untuk memperkecil erosi-sedimen dapat juga dengan memprioritaskan dengan urutan dalam mempengaruhinya yaitu sebagai berikut :

a. memperluas liputan sawah yang dilengkapi dengan teras-teras
b. memperluas liputan hutan, agar permukaan tanah tertutup terus menerus sepanjang tahun
c. mengurangi luas liputan tegalan, dengan dijadikan lahan persawahan atau hutan rakyat
d. mengurangi luas liputan pekarangan, dengan dijadikan lahan persawahan

7.2.6 Penanggulangan erosi dan sedimentasi di sub-DAS kali Serang waduk serbaguna Kedung Ombo diharapkan dilaksanakan secara terpadu oleh instansi terkait dan masyarakat, baik fisik (secara langsung mengadakan perbaikan-perbaikan terhadap karakteristik DAS), maupun secara tidak langsung/non fisik yang menyangkut aspek sosial ekonomi.

DAFTAR PUSTAKA

Departemen Pekerjaan Umum, *Final Report, Monitoring erosi/Sedimentasi Berupa Pengukuran, Perencanaan dan Penelitian Erosi/Sedimentasi di Catchment Area Waduk Wonogiri*, 1986

Departemen Pekerjaan Umum, *Penelitian Sedimentasi di daerah pengaliran Waduk Kedung Ombo*, 1987

Departemen Pekerjaan Umum,*Final Report,Studi operasional Kedung ombo,Serang dan Lusi System*, 1986

Departemen Pekerjaan Umum, *Rencana Pembangunan Bendungan Serba Guna Kedung Ombo di Kabupaten Grobogan Propinsi Jateng, Vol.1*, Juli 1984

Departemen Pekerjaan Umum, *Laporan Perencanaan, Detail Design Bangunan Pengendali Sedimen/Checkdam Waduk Kedung Ombo dan Studi Lokasi Waduk-Waduk Lapangan*, Juli 1992

Departemen Pekerjaan Umum, *Final Laporan Utama, Detail Desigh Bangunan Pengendali Sedimen/Checkdam Waduk Kedung Ombo dan Studi Lokasi Waduk-Waduk Lapangan*, Juli 1992

Departemen Pekerjaan Umum, *Pola Pengendalian Banjir Sungai Kali Serang*, November 1977

Departemen Pekerjaan Umum, *Penelitian dan Perencanaan River Improvement Kali Serang*, 1973

Departemen Pekerjaan Umum, *Proyek Perbaikan Drainasi Kali Serang Bawah*, Oktober 1983

Departemen Pekerjaan Umum, *Laporan Triwulan I, Detail Desigh Bangunan Pengendali Sedimen/Checkdam Waduk Kedung Ombo dan Studi Lokasi Waduk-Waduk Lapangan*, Juli 1992

Departemen Pendidikan dan Kebudayaan, *Kamus Besar Bahasa Indonesia*, Balai Pustaka 1988

Keluarga Mahasiswa Teknik sipil UGM, *Transportasi Sedimen*

Rukminingsih, *Konservasi Tanah dan Air*, Pilar, Edisi 4 Tahun # Juli, P15 - 18

Sarwoko, *Metode Analisis Transport Sedimen sebagai tolak ukur biaya eksploitasi di suatu jaringan irigasi*

Sujarwadi, Dr.Ir.MEng, *Teknik Sumber Daya Air*, FT Sipil UGM, Yogyakarta .

Sudarminto, *Cekdam dan Bendung Serba Guna Pengembangan dan Perencanaannya*.

Utomo Hadi Wani, Ir.Dr, *Erosi dan Konservasi Tanah*, IKIP Malang 1994

Vanoni A. Vito, *Sedimentation Engineering*, 1977

Yuwono dan Widijantoro, *Tugas Akhir, Studi Analisa Sedimentasi dan Pengendalian pada Waduk Wonogiri*, Universitas Islam Indonesia, 1990

LAMPIRAN – LAMPIRAN

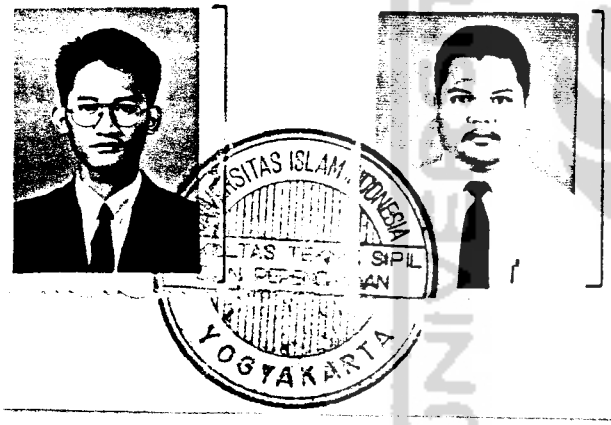
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
JURUSAN TEKNIK SIPIL
Jl. Kaliurang Km. 14,4 Telp. 95330 Yogyakarta

KARTU PESERTA TUGAS AKHIR

No.	Nama	No. Mhs.	N.I.R.M.	Bidang Studi
1.	UMARSOKO	86310254		H I D R O
2.	RASIANTO D.A	89310098		H I D R O

Dosen Pembimbing I : IR. ENDANG TANTRAWATI, MS.
Dosen Pembimbing II : IR. RUZARDI, MS.

1 2



Yogyakarta, 16 JUNI 1995
Dekan,
AN. KETUA JURUSAN TEKNIK SIPIL,

(IR.BAMBANG SULISTIONO, MSCE).

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
Jl. Kaliurang Km. 14,4 Telp. 95330 Yogyakarta 68554

Nomor : ..69./A.I/FTSP/V/1995 8 Mei 1995
Lamp. : -
Hal : **TUGAS AKHIR**

Kepada Yth.
Bpk. **IR.SUGIYANTO M.Eng.**
Ketua Tim Peneliti Korelasi Antara Lahan
Dan Angkutan Sedimen Melayang/Suspended
Sungai Yang Masuk Ke Waduk
di
SEMARANG.

Assalamu'alaikum wr.wb.

Berkenaan dengan bimbingan tugas akhir bagi mahasiswa Jurusan Teknik Sipil FTSP-UII tersebut dibawah ini :

1. Nama : UMAR SOKO
   No.Mhs. : 86 310 254
   Bid.Studi : Teknik Sipil Hidro
2. Nama : Rasianto DA
   No.Mhs. : 89 310 098
   Bid.Studi : Teknik Sipil Hidro

untuk mendapatkan data dalam penyusunan tugas akhir sebagai rangkaian untuk menyelesaikan studi, maka kami mohon bantuan kiranya kedua mahasiswa tersebut diatas dapat diikutsertakan pada penelitian yang Bapak pimpin.

Untuk waktu pelaksanaannya kami serahkan sepenuhnya kepada Bapak.

Demikian permohonan kami dan atas bantuan serta kerjasama yang baik diucapkan terima kasih.

Wassalamu'alaikum wr.wb.
Dekan,

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN YOGYAKARTA

IR. SUSASTRAWAN,MS.

Tembusan kepada Yth.
- Bpk.Prof.dr.E.Boedhi Darmojo
  Ketua Kelembagaan Penelitian UNDIP di Semarang
- Bpk.Ir.Suryono,Dipl.HE, Pemb.Dekan II FT-UNDIP di Semarang.
- Arsip.

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
Jl. Kaliurang Km 14,4 Telp. 95330 Yogyakarta 68554

Nomor : .11../A.I/FTSP/VII/1995 17 Juli 1995
Lamp. : 1 lembar
Hal : **Tugas Akhir**

Kepada Yth.
Bpk/Ibu Pimpro Jratunseluna
di
SEMARANG

Assalamu'alaikum wr.wb.

Berkenaan dengan bimbingan tugas akhir bagi mahasiswa Jurusan Teknik Sipil FTSP-UII tersebut dibawah ini:

1. Nama : UMAR SOKO
   No.Mhs. : 86 310 254
   Bid.Studi : Teknik Sipil Hidro

2. Nama : Rasianto DA
   No.Mhs. : 89 310 098
   Bid.Studi : Teknik Sipil Hidro

untuk mendapatkan data dalam penyusunan tugas akhir sebagai rangkaian untuk menyelesaikan studi, maka kami mohon bantuan bisa mendapatkan data pada proyek yang Bapak/Ibu pimpin.

Kebijaksanaannya kami serahkan sepenuhnya kepada Bapak.

Demikian permohonan kami dan atas bantuan serta kerjasama yang baik diucapkan terima kasih.

Wassalamu'alaikum wr.wb.
Dekan,

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
YOGYAKARTA

IR. SUSASTRAWAN,MS.

→ Bab I diperiksa pembimbing

CATATAN - KONSULTASI

No.	Tanggal	Konsultasi ke:	KETERANGAN →	Paraf
1	09-09-95	ke . . .	- Bapsan masalah. - S/2. 2.2.2	
2	16-09-95	ke	- Perbaiki gbr 2.2, batas ruang. - S/2. ruang 2.7	
3	11-10-95		- Utk lebih singkat, tulisan mengenai SDA di hilangkan saja dan alinea lain yg tdk berhubungan	
4	13-10-95		- kelihatan mereka belum di perbaiki	
5	24-10-95		lanjut ke.	
6	25-10-95		- perbaiki bab IV di ringkas.	
7			- yang yang. dipertanyakan dilengkapi	
8	15-10-95		- bab 5.4 di perbaiki. - plotkan pengertian arsi pd gambar	
9	16-10-95		- kesimpulan & saran - kesimpulan & saran di perbaiki	
10	17-10-95		- Silahkan maju ke Pembimbing I	
11	20-11-95		- Istilah asing supaya diberi tanda petik atau dibuat dg huruf miring tanpa tanda kurung ( )	
12	14-11-95		- memunculkan gambar harus dg nomor gambar - ACC untuk di jilid.	