

551.302
HAD
u e1



TESIS

KAJIAN METODE RUSLE UNTUK MENAKSIR LAJU EROSI DAS EMBUNG BANYUKUWUNG DI KABUPATEN REMBANG

Disusun Dalam Rangka Memenuhi Salah Satu Persyaratan
Program Magister Teknik Sipil

Oleh:

SUMAJI HADIHARYANTO

L-4A 099046

**PROGRAM PASCA SARJANA MAGISTER TEKNIK SIPIL
UNIVERSITAS DIPONEGORO
SEMARANG**

2003

HALAMAN PENGESAHAN

KAJIAN METODE RUSLE UNTUK MENAKSIR LAJU EROSI DAS EMBUNG BANYUKUWUNG DI KABUPATEN REMBANG

Disusun Oleh :

SUMAJI HADIHARYANTO

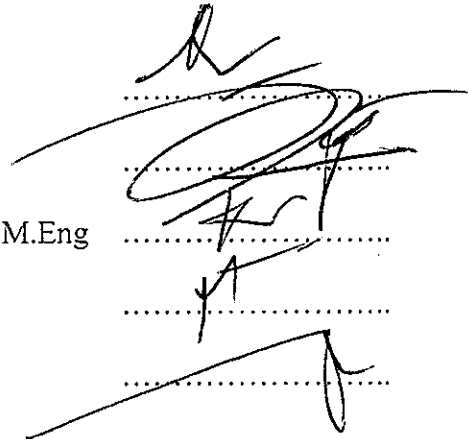
NIM : L4A 099 046

Dipertahankan di depan Tim Penguji pada tanggal :
4 Oktober 2003

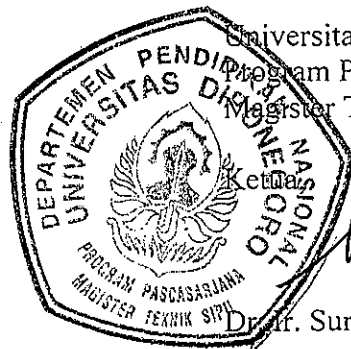
Tesis ini diterima sebagai salah satu persyaratan untuk
Memperoleh gelar Magister Teknik Sipil

Tim Penguji :

- | | |
|---------------|-------------------------------------|
| 1. Ketua | : Dr. Ir. Suripin, M.Eng |
| 2. Sekretaris | : Ir. Agus Suroso, SU |
| 3. Anggota 1 | : Dr. Ir. Robert J. Kodoatie, M.Eng |
| 4. Anggota 2 | : Dr. Ir. Suharyanto, MSc |
| 5. Anggota 3 | : Ir. Endro Sutrisno, MS |



Semarang, Desember 2003



Universitas Diponegoro
Program Pascasarjana
Magister Teknik Sipil,
Ketua

Dr. Ir. Suripin, M.Eng

UPT-PUSTAK-UNDIP
No. Daft: 2444/T/MTS/c.
Tgl. : 9 Maret 2004

KATA PENGANTAR

Puji syukur senantiasa kehadirat Allah Yang Maha Esa karena atas Ridho Nya maka Thesis ini akhirnya dapat diselesaikan untuk dapat diajukan kepada Tim Penguji sebagai persyaratan dalam menyelesaikan Program Magister Teknik Sipil Universitas Diponegoro dengan konsentrasi Sumber Daya Air .

Pada kesempatan ini saya mengucapkan terima kasih kepada Bapak Dr.Ir.Suripin dan Bapak Ir. Agus Suroso, SU selaku Dosen Pembimbing sehingga dapat terselesaikannya Tesis ini.

Ucapan terima kasih juga kami sampaikan kepada Tim pembahas/penguji Tesis yaitu Bapak Dr.Ir. Robert J Kodoatie, Bapak Ir. Endro Sutrisno,MS dan Bapak Dr.Ir. Suharyanto yang telah memberi masukan yang berharga sehingga melengkapi Tesis ini.

Juga tidak lupa ucapan terima kasih kepada Proyek Jratun Seluna, Dinas Kehutanan Jawa Tengah, Dinas Pengelolaan Sumber Daya Propinsi Jawa Tengah, BAPEDA Kabupaten Rembang, Dinas Kimpraswil Kabupaten Rembang, para Dosen serta rekan akademisi Magister Teknik Sipil Universitas Diponegoro.

Semoga Tesis ini bermanfaat untuk menambah khazanah ilmu pengetahuan, khususnya di bidang sumber daya air serta melengkapi informasi untuk penelitian yang terkait.

Semarang, September 2003

Penyusun

ABSTRAKSI

Embung Banyukuwung dibangun yang pada tahun 1995/1996 terletak di Desa Dukuh Banyukuwung, Desa Sukoreja, Kecamatan Sumber, Kabupaten Rembang, Jawa Tengah. Sungai utama mengalir ke Embung Banyukuwung adalah sungai Batok, dengan luas Daerah Aliran Sungai seluas $11,75 \text{ km}^2$:

Embung Banyukuwung berfungsi untuk irigasi Daerah Irigasi Pentil seluas 775 ha, air baku untuk PDAM Rembang sebesar 20 lt/dt dan meningkatkan pola tanam semula padi-palawija-bero menjadi padi-padi-palawija.

Embung Banyukuwung mempunyai kapasitas total sebesar $2.416.000 \text{ m}^3$, termasuk 102.850 m^3 kapasitas mati. Dengan perkiraan laju erosi awal $0,75 \text{ mm/tahun}$, umur teknis waduk rencana 15 tahun. Pengukuran yang dilakukan pada tahun 1999 menunjukkan laju erosi $2,64 \text{ mm/tahun}$ ekuivalen dengan $30.945 \text{ m}^3/\text{tahun}$ atau $123.818 \text{ m}^3/4$ tahun jauh lebih tinggi dari rencana, namun demikian sampai tahun 2002 Embung masih berfungsi.

Studi ini dimaksudkan untuk mengevaluasi laju sedimentasi Embung Banyukuwung dengan menggunakan Revisi Persamaan Umum Kehilangan Tanah (RUSLE)

Hasil studi menunjukkan bahwa harga koefisien RUSLE equation adalah masing-masing $a = 0,42$ dan $b = 0,56$. Dengan koefisien tersebut diperoleh laju sedimentasi sebesar $0,91 \text{ mm/th}$, ekuivalen dengan 10.692 m^3 .

ABSTRACT

Embung Banyukuwung, which was built in 1995/1996 is located in Dukuh Banyukuwung, Desa Sukorejo, Kecamatan Sumber, Kabupaten Rembang, Jawa Tengah. The main river supplying the Embung Banyukuwung is Batok river, with the catchment area of 11,75 km².

The Embung is purposed for irrigation of Pentil Area 775 ha, water supply for PDAM Rembang of 20 lt/sec, and to improve the cropping pattern from paddy – crop in dry season – leave (paddy) fallow temporally (*padi-palawija-bero*) into paddy – paddy – crop in dry season (*padi-padi-palawija*).

Total capacity of Embung Banyukuwung is 2,416,000 m³, including 102,850 m³ dead storage. The original estimated erosion rate is 0.75 mm/year, resulting in the design live time of 15 year. Measurement on 1999 year have resulted the erosion rate is 2.64 mm/year equivalent with 30,945 m³/year or 123,818 m³/4 year which is far higher then the proposed. Meanwhile up to year 2002 the Embung is still in operation.

This study is proposed to evaluate the sedimentation rate in Embung Banyukuwung by using RUSLE.

The result shows that the appropriate coefficient of RUSLE are 0.42 and 0.56 for a and b respectivity. Then sedimentation rate is 0.91/mm/year or equivalent to 10.692 m³/year.

DAFTAR ISI

JUDUL

LEMBAR PENGESAHAN

ABSTRAKSI

DAFTAR ISI	i
DAFTAR TABEL	v
DAFTAR GAMBAR	vi
DAFTAR NOTASI	ix

BAB 1 PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang	1
1.2 Permasalahan	3
1.3 Tujuan Penelitian	4
1.4 Manfaat Penelitian	5
1.5 Metode Pendekatan	5
1.6 Sistematika Penulisan	6

BAB 2 DISKRIPSI DAERAH STUDI

2.1 Embung Banyukuwung	12
2.2 Kondisi Daerah Aliran Sungai Embung Banyukuwung	13
2.2.1 Bentuk Wilayah dan Kemiringan Lahan	13
2.2.2 Jenis Tanah	14
2.2.3 Tata Guna Lahan	14

2.3 Sosial Ekonomi	16
--------------------------	----

BAB 3 KAJIAN TEORI EROSI DAN SEDIMENTASI

3.1 Erosi Tanah	18
3.1.1 Proses Terjadinya Erosi	19
3.1.2 Faktor-faktor yang mempengaruhi Erosi Tanah	20
3.1.3 Bentuk-bentuk Erosi Tanah pada DAS	21
3.1.4 Nisbah Penghantaran Sedimen	23
3.2 Perkiraan Sedimentasi Waduk/Embung	26
3.2.1 Pendekatan Hidrologi Metode USLE	27
3.2.1.1 Penetapan Faktor Erosivitas Hujan (R) USLE	28
3.2.1.2 Penetapan Faktor Erodibilitas Tanah (K)	29
3.2.1.3 Penetapan Faktor Panjang Lereng (LS)	30
3.2.1.4 Penetapan Faktor Tanaman dan Penggunaan Lahan (C)	31
3.2.1.5 Penetapan Faktor Konservasi Tanah (P)	33
3.2.1.6 Erodibilas Tanah	38
3.2.1.7 Proses Erosi Sebagai sumber penghasil bahan Sedimen	39
3.2.2 Pendekatan Hidrologi Metode RUSLE	39
3.2.2.1 Faktor Erosivitas Hujan-Aliran Permukaan (Rm) RUSLE	39
3.2.2.2 Faktor Erodibilitas Tanah (K)	41
3.2.2.3 Faktor Panjang Lereng-Kemiringan (LS)	41
3.2.2.4 Faktor Pengelolaan Tanaman Penutup (C)	42

3.2.2.5 Faktor Tindakan Konservasi Tanah (P)	44
3.2.3 Pendekatan Pengukuran Angkutan Sedimen	44
3.2.3.1. Pergerakan Sedimen Layang	45
3.2.3.2. Pergerakan Sedimen Dasar	45
3.2.3.3. Pengambilan Contoh Air Sedimen Layang dan Pengukuran Debit	45
3.2.4 Pendekatan Survei Hidrografi	47

BAB 4 ANALISIS DAN PEMBAHASAN

4.1 Analisis Sedimen	49
4.1.1 Sedimentasi Embung	49
4.1.2 Pengukuran Masukan Sedimen	49
4.2 Penurunan Koefisien RUSLE	53
4.2.1 Faktor Erodibilitas Tanah (K)	53
4.2.2 Faktor Panjang Lereng - Kemiringan (LS)	55
4.2.3 Faktor Pengelolaan Tanaman Penutup Tanah (C)	55
4.2.4 Faktor Tindakan Konservasi Tanah (P)	56
4.2.5 Hasil Analisis Koefisien RUSLE	56
4.3 Analisis Metode USLE	57
4.4 Analisis Hasil Pengukuran Sedimen pada Genangan Embung	58
4.5 Perbandingan Hasil Laju Sedimen Embung Banyukuwung	59
4.6 Pembahasan Hasil Koefisien RUSLE	60

BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan	61
5.2 Saran	61
DAFTAR PUSTAKA	62
Lampiran A : Hasil Percobaan Infiltrasi Tanah DAS Embung Banyukuwung	64
Lampiran B : Hasil Pengukuran Debit Aliran dan Sedimen Layang Kali Batok DAS Embung Banyukuwung	66
Lampiran C : Grafik hubungan Waktu Pengukuran dengan Debit Aliran Kali Batok DAS Embung Banyukuwung.....	69
Lampiran D : Grafik hubungan Waktu Pengukuran dengan Volume Aliran Kali Batok DAS Embung Banyukuwung	78
Lampiran E : Grafik hubungan Waktu Pengukuran dengan Angkutan Sedimen Kali Batok DAS Embung Banyukuwung	87

Lampiran F : Hasil Analisis Koefisien RUSLE DAS Embung Banyukuwung	96
Lampiran G : Perhitungan Perkiraan Erosi DAS Embung Banyukuwung dengan Metode USLE.....	97
Lampiran H : Laju Sedimentasi Berdasarkan Hasil Survei Hidrografi.....	99
Lampiran I : Kecocokan antara Pengukuran dan Perkiraan Hasil Sedimen Metode RUSLE.....	100
Lampiran J : Perbandingan Laju Erosi Metode RUSLE,USLE dan Hidrografi dengan Feasibility Studi dan Pengukuran Tahun 1999.....	102
Lampiran K : Jenis Tanah,Penggunaan Tanah,Tekstur Tanah,Geologi,Kemampuan Lahan ,Irigasi,Hidrologi dan Kawasan Lindung.....	103
Lampiran L : Foto-foto Pelaksanaan Penelitian.....	120
Lampiran M : Data Penelitian.....	125

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Data Kependudukan dan DAS Embung Banyukuwung 2000	16
Tabel 2.2	Mata Pencarian Penduduk DAS Embung Banyukuwung ...	17
Tabel 3.1	Sediment Delivery Ratio menurut SCS USDA	25
Tabel 3.2	Sediment Delivery Ratio menurut Foster dan Meyer.....	26
Tabel 3.3	Nilai Faktor C	32
Tabel 3.4	Nilai Faktor P	34
Tabel 3.5	Klasifikasi Nilai Kepekaan Erosi Tanah	35
Tabel 3.6	Klasifikasi Nilai Kepekaan Erosi Tanah di Indonesia	36
Tabel 3.7	Klasifikasi Nilai Erodibilitas Tanah	36
Tabel 4.1	Laju Sedimen masing-masing kejadian banjir tahunan	52
Tabel 4.2	Ringkasan Hasil Analisis angkutan Sedimen untuk tiap tiap Kejadian Banjir	52
Tabel 4.3	Perkiraan Tata Guna Lahan dan Nilai C DAS Embung Banyukuwung	52
Tabel A.1	Hasil pengamatan laju Infiltrasi Tanah tanggal 17 – 11- 2001 ..	64
Tabel A.2	Hasil pengamatan laju Infiltrasi Tanah tanggal 17 – 11- 2001...	65
Tabel B.1	Hasil Pengukuran Debit dan Sedimen Layang Kali Batok.....	66
Tabel F.1	Analisis Koefisien RUSLE pada DAS Embung Banyukuwung	96
Tabel G.1	Perhitungan Metode USLE dengan Erosivitas Hujan meng- gunakan Rumus Utomo (1983)	97
Tabel H.1	Laju Sedimentasi berdasarkan hasil Survei Hidrografi	99

Tabel I.1	Kecocokan perkiraan Metode RUSLE berdasarkan Hasil Pengukuran Angkutan Sedimen K.Batok DAS Embung Banyukuwung	100
Tabel I.2	Angka Penyimpangan antara Pengukuran dan Perkiraan Hasil Sedimen Metode RUSLE	101
Tabel G.1	Perbandingan beberapa Hasil Analisis Laju Erosi DAS Embung Banyukuwung	102

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1	Peta Lokasi Penelitian Embung Banyukuwung Rembang	4
Gambar 3.1	Grafik Nomogram untuk menentukan Erodibilitas Tanah	30
Gambar C.1	Grafik hubungan Waktu Pengukuran dengan Debit Aliran Kali Batok tanggal 4 Pebruari 2002	69
Gambar C.2	Grafik hubungan Waktu Pengukuran dengan Debit Aliran Kali Batok tanggal 5 Pebruari 2002	70
Gambar C.3	Grafik hubungan Waktu Pengukuran dengan Debit Aliran Kali Batok tanggal 6 Pebruari 2002	71
Gambar C.4	Grafik hubungan Waktu Pengukuran dengan Debit Aliran Kali Batok tanggal 7 Pebruari 2002	72
Gambar C.5	Grafik hubungan Waktu Pengukuran dengan Debit Aliran Kali Batok tanggal 12 Pebruari 2002	73
Gambar C.6	Grafik hubungan Waktu Pengukuran dengan Debit Aliran Kali Batok tanggal 13 Pebruari 2002	74
Gambar C.7	Grafik hubungan Waktu Pengukuran dengan Debit Aliran Kali Batok tanggal 16 Pebruari 2002	75
Gambar C.8	Grafik hubungan Waktu Pengukuran dengan Debit Aliran Kali Batok tanggal 17 Pebruari 2002	76
Gambar C.9	Grafik hubungan Waktu Pengukuran dengan Debit Aliran Kali Batok tanggal 20 Pebruari 2002	77
Gambar D.1	Grafik hubungan Waktu Pengukuran dengan Volume Aliran	

	Kali Batok tanggal 4 Pebruari 2002	78
Gambar D.2	Grafik hubungan Waktu Pengukuran dengan Volume Aliran Kali Batok tanggal 5 Pebruari 2002	79
Gambar D.3	Grafik hubungan Waktu Pengukuran dengan Volume Aliran Kali Batok tanggal 6 Pebruari 2002	80
Gambar D.4	Grafik hubungan Waktu Pengukuran dengan Volume Aliran Kali Batok tanggal 7 Pebruari 2002	81
Gambar D.5	Grafik hubungan Waktu Pengukuran dengan Volume Aliran Kali Batok tanggal 12 Pebruari 2002	82
Gambar D.6	Grafik hubungan Waktu Pengukuran dengan Volume Aliran Kali Batok tanggal 13 Pebruari 2002	83
Gambar D.7	Grafik hubungan Waktu Pengukuran dengan Volume Aliran Kali Batok tanggal 16 Pebruari 2002	84
Gambar D.8	Grafik hubungan Waktu Pengukuran dengan Volume Aliran Kali Batok tanggal 17 Pebruari 2002	85
Gambar D.9	Grafik hubungan Waktu Pengukuran dengan Volume Aliran Kali Batok tanggal 20 Pebruari 2002	86
Gambar E.1	Grafik hubungan Waktu Pengukuran dengan Angkutan Sedimen Kali Batok tanggal 4 Pebruari 2002	82
Gambar E.2	Grafik hubungan Waktu Pengukuran dengan Angkutan Sedimen Kali Batok tanggal 5 Pebruari 2002	88
Gambar E.3	Grafik hubungan Waktu Pengukuran dengan Angkutan Sedimen	

	Kali Batok tanggal 6 Pebruari 2002	89
Gambar E.4	Grafik hubungan Waktu Pengukuran dengan Angkutan Sedimen Kali Batok tanggal 7 Pebruari 2002	90
Gambar E.5	Grafik hubungan Waktu Pengukuran dengan Angkutan Sedimen Kali Batok tanggal 12 Pebruari 2002	91
Gambar E.6	Grafik hubungan Waktu Pengukuran dengan Angkutan Sedimen Kali Batok tanggal 13 Pebruari 2002	92
Gambar E.7	Grafik hubungan Waktu Pengukuran dengan Angkutan Sedimen Kali Batok tanggal 16 Pebruari 2002	93
Gambar E.8	Grafik hubungan Waktu Pengukuran dengan Angkutan Sedimen Kali Batok tanggal 17 Pebruari 2002	94
Gambar E.9	Grafik hubungan Waktu Pengukuran dengan Angkutan Sedimen Kali Batok tanggal 20 Pebruari 2002	95

DAFTAR NOTASI

DAS	Daerah Aliran Sungai (km ²)
E	Erosi Tanah (Ton/ha/th)
R	Faktor Erosivitas Hujan, kekuatan hujan yang menyebabkan Erosi
LS	Faktor Panjang Lereng – Kemiringan permukaan tanah
L	Panjang Lereng (m)
S	Kemiringan permukaan tanah (%)
K	Faktor Erodibilitas Tanah, ketahanan tanah terhadap erosi
C	Faktor Pengelolaan Tanaman Penutup Tanah
P	Faktor Tindakan Konservasi Tanah
R _m	Faktor Erosivitas Hujan – Aliran Permukaan
V	Volume Aliran Permukaan (m ³)
Q _p	Puncak Laju Aliran Permukaan (m ³ /dt)
Y	Hasil Sedimen (Ton/ha)
CH	Curah Hujan Bulanan (cm)
D	Jumlah Hari Hujan (hari)
M	Hujan Maksimum selama 24 jam pada bulan tersebut (cm)
A	Jumlah Tanah yang hilang atau tererosi (Ton/ha)
V _{ΔT}	Volume Sedimen dalam selang waktu ΔT (m ³)
V _{T1}	Volume Genangan pada Pengukuran T1 (m ³)
V _{T2}	Volume Genangan pada Pengukuran T2 (m ³)
ΔT	Selang waktu pengukuran T2 – pengukuran T1

T2, T1	Waktu saat dilakukan pengukuran volume genangan
BO	Bahan Organik
Ek	Energi Kinetik Hujan (Joule/m ² /mm)
I	Intensitas Hujan (mm/jam)
I ₃₀	Intensitas Curah Hujan maksimum selama 30 menit
Q	Debit Air (m ³ /dt)
Qs	Debit Sedimen (Ton/hari)

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Embung Banyukuwung terletak pada aliran sungai Batok termasuk bagian hulu dari DAS Capluk, pada ketinggian + 35 m sampai dengan + 55 m di atas muka laut, masuk wilayah Dukuh Banyukuwung, Desa Sukorejo, Kecamatan Sumber, Kabupaten Rembang, Jawa Tengah. Pembangunannya dimulai tahun 1995 sampai dengan tahun 1996 (Bagian Proyek Konservasi Sumber Air Jratun Seluna, 1996).

Konservasi tanah dan air adalah upaya mempertahankan dan meningkatkan kembali manfaat tanah dan air sebagai sumber kehidupan yang harus dipertahankan keberadaannya. Berbagai usaha yang mengarah kepada pengelolaan air dan tanah telah dilakukan oleh berbagai pihak yang berkepentingan. Upaya-upaya konservasi tanah dan air diantaranya dapat dilakukan secara fisik yaitu dengan membangun waduk-waduk lapangan atau embung yang dapat berfungsi sebagai tempat penampungan air, sehingga keberadaan air dapat dipertahankan dan dapat dimanfaatkan untuk waktu yang lebih lama sebagai cadangan air pada musim kemarau.

Berdasarkan data hasil penelitian DAS Embung Banyukuwung didominasi jenis tanah Kompleks Regosol Kelabu dan Grumusol Kelabu Tua yang sangat peka erosi di bagian hilir embung dan Asosiasi Mediteran Merah Kekuningan dan Mediteran Coklat Kekuningan yang agak peka erosi pada bagian hulu DAS. Hasil analisa kepekaan tanah tererosi atau erodibilitas tanah menunjukkan besarnya $K > 0,20$ yaitu $K = 0.20$ yang dikategorikan cukup peka terhadap erosi.

Manfaat yang didapat dari dibangunnya embung Banyukuwung meliputi Daerah Irigasi Pentil seluas 775 ha, Daerah Sekitar Embung dan Daerah Sekitar Kota Rembang. Juga diharapkan dengan dibangunnya Embung Banyukuwung tersebut di atas akan mampu menyediakan cadangan air yang dapat memasok air baku bagi PDAM Rembang sebanyak 20 lt/dtk dan membawa perubahan pada pola tanam yang semula padi-palawija-bero menjadi padi-padi-palawija. Untuk itu keberadaan Embung Banyukuwung perlu mendapat perhatian semua pihak agar manfaat dapat dirasakan masyarakat dalam waktu yang lama sesuai dengan umur manfaat embung yang direncanakan.

Pada saat perencanaan Embung Banyukuwung tidak dilakukan studi penyelidikan sedimentasi maupun tingkat erosi DAS embung Banyukuwung untuk memperhitungkan umur rencana atau besarnya tampungan mati (*dead storage*) yang harus disediakan, tetapi menggunakan data-data yang diambil dari hasil Studi Kelayakan Bendungan Randugunting (PIJT, 1994) yaitu diperkirakan besarnya tingkat erosi lahan (*sheet erosion*) tiap tahun sebesar 0,75 mm/tahun.

Setelah waduk dibangun dan berfungsi selama 4 tahun dilakukan penelitian oleh Bagian Proyek Bimbingan Teknis Keamanan Bendungan yang dilaksanakan oleh konsultan PT. Sanitek Konsultindo pada tahun 1999 yaitu dengan melakukan pengukuran langsung pada genangan waduk didapat laju sedimentasi sebesar 30.955 m³/tahun yang apabila dibagi dengan luas DAS seluas 11.750.000 m² maka besarnya tingkat erosi (*sheet erosion*) tiap tahun adalah sebesar 2,64 mm/tahun. Ini menunjukkan bahwa dalam waktu 4 tahun setelah embung berfungsi terjadi peningkatan besarnya laju erosi pada DAS embung Banyukuwung sebesar 3,5 kali lipat dari perkiraan semula sebesar 0,75 mm/tahun.

Penelitian Tesis ini dimaksudkan untuk mengetahui faktor koefisien RUSLE berdasarkan data pengukuran langsung dilapangan, disamping itu dapat juga untuk mengetahui tingkat erosi yang berlangsung saat ini pada DAS Embung Banyukuwung tersebut.

1.2. Permasalahan

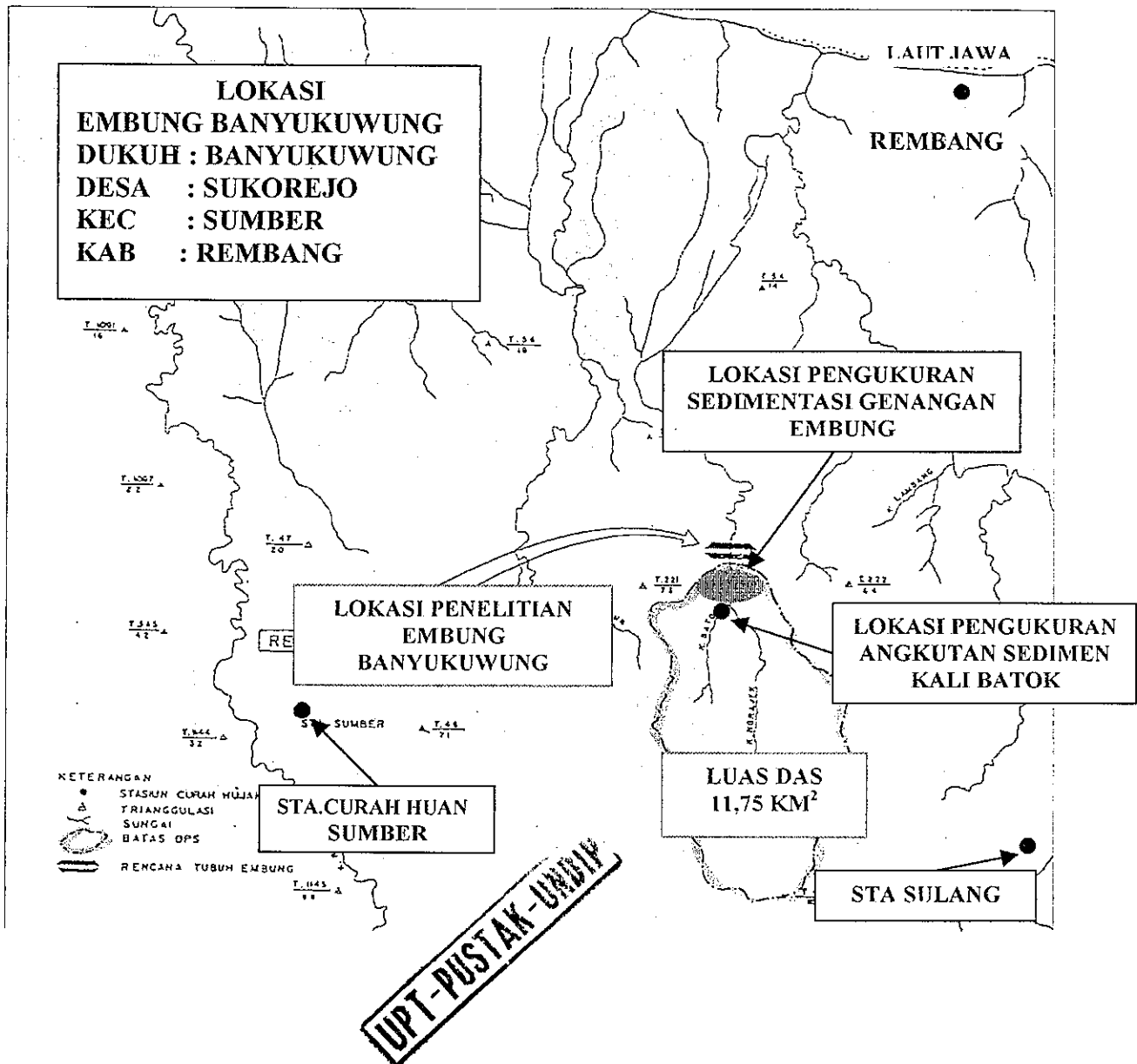
Perkiraan laju erosi menggunakan metode RUSLE belum banyak digunakan, disamping masih perlu diuji kecocokan untuk setiap DAS yang berbeda. Perencanaan Embung Banyukuwung didasarkan pada perkiraan besarnya laju erosi pada Studi Kelayakan Bendungan Randugunting sebesar 0,75 mm/tahun adalah menggunakan metode USLE. Setelah embung berfungsi 4 tahun pada tahun 1999 dilakukan pengukuran didapatkan sebesar 2,64 mm/tahun atau 3,5 kali lipat dari perkiraan semula. Hal ini akan berpengaruh terhadap perkiraan umur rencana embung yang berarti akan habis masa berfungsinya lebih cepat dari yang direncanakan.

Perkiraan besarnya erosi DAS untuk perencanaan Embung ada beberapa metode diantaranya yaitu metode USLE dan metode perkiraan dengan mengukur angkutan sedimen yang masuk embung melalui aliran sungai. Selanjutnya setelah Embung berfungsi dapat dilakukan pengukuran sedimen pada genangan Embung untuk mengetahui perkembangan laju sedimentasi dari tahun ketahun.

Salah satu metode perkiraan yang akan diteliti yaitu metode RUSLE (*Revised Universal Soil Loss Equation*) merupakan pengembangan dari metode USLE, dengan mengambil studi pada lokasi Embung Banyukuwung.

1.3. Tujuan Penelitian

Penerapan metode RUSLE untuk memprediksi laju sedimen pada genangan Embung Banyukuwung.



Gambar 1.1. Peta Lokasi Penelitian yaitu Embung Banyukuwung Rembang

1.4. Manfaat Penelitian

1. Uji kecocokan metode RUSLE dengan melakukan pengukuran angkutan sedimen dalam memprediksi laju erosi DAS Embung Banyukuwung.
2. Melengkapi data teknis yang pernah dilakukan pengukuran tahun 1999, pada perencanaan Embung Banyukuwung yaitu besarnya laju erosi DAS yang harus diperhitungkan, baik dalam perencanaan maupun pemeliharaan.
3. Data laju erosi DAS yang didapat dari penelitian dapat digunakan sebagai pembandingan terhadap data-data sedimentasi pada embung.
4. Kontrol terhadap laju sedimentasi yang terjadi pada embung dapat dilakukan dengan mengontrol besarnya laju erosi DAS itu sendiri sebagai sumber penghasil bahan sedimen.

1.5. Metode Pendekatan

Besar sedimen yang masuk ke Embung diperkirakan dengan menggunakan pendekatan RUSLE, $E_a = a (V Q_p)^b K L S C P$. Koefisien a dan b ditentukan berdasarkan hasil pengukuran langsung.

Pengukuran dilakukan beberapa kali kejadian, meliputi debit, dan konsentrasi sedimen layang, yang dilakukan secara terus menerus dengan selang waktu 30 menit sampai 1 jam. Hasil prediksi dengan RUSLE kemudian dievaluasi dengan data hasil pengukuran.

1.6. Sistematika Penulisan

Sistematika Penulisan Tesis ini terbagi dalam 5 bab dengan isi ringkasan masing masing Bab antara lain sebagai berikut :

- BAB. 1 PENDAHULUAN, meliputi :

1.1. Latar Belakang

Menjelaskan letak Embung Banyukuwung pada aliran sungai Batok pada ketinggian + 35 m sampai dengan + 55 m di atas muka laut.

Manfaat untuk Irigasi Pentil seluas 775 ha, air baku bagi PDAM Rembang sebanyak 20 lt/dtk dan perubahan pada pola tanam yang semula padi-palawija-bero menjadi padi-padi-palawija.

Penelitian Tesis ini dimaksudkan untuk mengetahui faktor koefisien RUSLE pada DAS Embung Banyukuwung tersebut.

1.2. Permasalahan

Salah satu metode yang akan diteliti yaitu metode RUSLE (*Revised Universal Soil Loss Equation*) merupakan pengembangan dari metode USLE, dengan mengambil studi pada lokasi Embung Banyukuwung.

1.3. Tujuan Penelitian

Penerapan metode RUSLE untuk memprediksi laju sedimen pada genangan Embung Banyukuwung.

1.4. Manfaat Penelitian

- a. Uji kecocokan metode RUSLE
- b. Melengkapi data teknis yang belum ada.

- c. Data laju erosi DAS yang didapat dari penelitian dapat digunakan sebagai pembanding terhadap data-data sedimentasi pada embung.
- d. Kontrol terhadap laju sedimentasi yang terjadi pada embung.

1.5. Metode Pendekatan

Besar sedimen yang masuk ke Embung diperkirakan dengan menggunakan pendekatan RUSLE, $Ea = a (V Qp)^b K LS C P$. Koefisien a dan b ditentukan berdasarkan hasil pengukuran langsung.

1.6 Sistematika Penulisan

1.7 Metode Pengumpulan Data, pengumpulan data terdiri dari data primer dan data sekundair serta pengamatan lapangan.

- **Bab. 2 DISKRIPSI DAERAH STUDI, meliputi :**

2.1. Embung Banyukuwung

Secara teknis dapat diuraikan sebagai berikut :

- a. Tubuh Embung:
- b. Bangunan Pelimpah (*Spill way*)
- c. Bangunan Keluaran (*Outlet Structure*)

2.2. Kondisi Daerah Aliran Sungai Embung Banyukuwung

Saat ini banyak mengalami kerusakan akibat penjarahan hutan tetapi sudah banyak yang mulai ditanami pohon jati yang usianya masih muda, sehingga sumur-sumur yang ada di desa Sudo masih mengalami penurunan 0,50 s/d 1,00 m (Undip, 2002).

2.2.1. Bentuk Wilayah dan Kemiringan Lahan, perbukitan landai dengan kemiringan 5-3 derajat, ketinggian + 39 sampai dengan +55 m, luas DAS 11,75 km².

2.2.2. Jenis Tanah, tanah Kompleks Regosol Kelabu dan Grumusol Kelabu Tua yang peka terhadap erosi di bagian hilir embung, sedangkan jenis tanah Asosiasi Mediteran Merah Kekuningan dan Mediteran Coklat Kekuningan yang agak peka erosi pada bagian hulu DAS

2.2.3. Tata Guna Lahan

1. Kecamatan Sulang

- a. Desa Sudo yang masuk DAS Embung Banyukuwung seluas 941,77 ha (61,03 % luas DAS)
- b. Desa Sudo yang masuk DAS Embung Banyukuwung seluas 25,23 ha (3,61 % luas DAS)

2. Kecamatan Sumber

- a. Desa Sukorejo yang masuk DAS Embung Banyukuwung seluas 98,00 ha (21,53 % luas DAS)

2.3 Sosial Ekonomi

Keadaan DAS Embung Banyukuwung yang meliputi 3 desa di 2 kecamatan berjumlah 4.566 jiwa dengan tingkat kepadatan penduduk 168 jiwa per km² (Undip, 2002). Mata Pencaharian Penduduk DAS Embung Banyukuwung, adalah 3.693 jiwa dengan mata pencaharian sebesar 2.034 jiwa (55,08 %) usaha pertanian, 914 jiwa (24,75 %) sebagai buruh tani, sedangkan yang lain adalah Pedagang, Buruh Bangunan, PNS/TNI-POLRI, Nelayan dan lainnya (Undip, 2002).

- BAB 3 KAJIAN TEORI EROSI DAN SEDIMENTASI, meliputi :

3.1. Erosi Tanah

Erosi Tanah adalah proses perataan kulit bumi yang meliputi proses penghancuran, pengangkutan dan pengendapan butir-butir tanah.

3.1.1 Proses terjadinya Erosi Tanah, dibedakan menjadi dua bagian sebagai berikut :

- a. Proses erosi tanah akibat pelapukan atau secara geologi.
- b. Proses erosi tanah dipercepat akibat tindakan manusia.

3.1.2. Faktor-faktor yang mempengaruhi erosi tanah, yaitu erosivitas hujan (R), panjang lereng (LS) dan faktor erodibilitas terdiri dari sifat ketahanan tanah (K) dan faktor yang memodifikasi erodibilitas tanah yaitu faktor tanaman (C) dan faktor pengawetan tanah atau konservasi tanah atau pengelolaan tanah (P).

2.1.3. Bentuk-bentuk erosi tanah pada DAS, bermacam-macam bentuk erosi tanah sebagai berikut :

1. Erosi percikan
2. Erosi permukaan
3. Erosi alur
4. Erosi selokan atau parit
5. Erosi tanah longsor

2.1.4. Nisbah Penghantaran Sedimen (*Sediment Delivery Ratio/SDR*), yaitu hasil sedimen yang terangkut dibagi erosi tanah pada lahan (*riil* dan *interrill erosion*) dikalikan 100 %. Nilai nisbah penghantaran sedimen berdasarkan sebagai berikut :

1. Tabel menurut Soil Conservation Service – USDA (Tabel. 3.1)
2. Tabel menurut Foster dan Meyer (Tabel. 3.2)

3.2. Perkiraan Sedimentasi Waduk /Embung

Ada beberapa cara untuk menghitung pengendapan sedimen didalam waduk/embung dengan pendekatan-pendekatan sebagai berikut :

3.2.1 Pendekatan Hidrologi Metode USLE

3.2.2 Pendekatan Hidrologi Metode RUSLE

3.2.3 Pendekatan Pengukuran Angkutan Sedimen

3.2.3 Pendekatan Survey Hidrografi

- **BAB 4 ANALISIS DAN PEMBAHASAN, meliputi :**

4.1. Analisis Sedimen

4.1.1. Sedimentasi Embung.

4.1.2. Pengukuran Masukan Sedimen.

4.2. Penurunan Koefisien RUSLE

4.2.1 Faktor Erodibilitas Tanah (K)

4.2.2. Faktor Panjang Lereng – Kemiringan (LS)

4.2.3. Faktor Pengelolaan Tanaman Penutup Tanah (C)

Penetapan faktor C = 0,35 (80 %) dan sebagai faktor keamanan diambil 10%

(perladangan /tegalan /permukiman dli), maka besarnya faktor C = 0,40.

4.2.4 Faktor tindakan konservasi tanah (P)

Penetapan faktor P diambil = $(0,15 + 0,35 + 0,50)/3 = 0,35$

4.2.5. Hasil analisis koefisien RUSLE

- Koefisien b besarnya ditetapkan = 0,56

- Koefisien a dari persamaan 2.5 selama penelitian didapat rata-rata = 0,42

4.3. Analisis Metode USLE.

Hasil analisis perkiraan besarnya Erosi Lahan DAS Embung Banyukuwung berdasarkan metode USLE didapat Laju Erosi sebesar 1,37 mm/tahun.

4.4. Analisis Hasil Pengukuran Sedimen pada Genangan Embung.

Berdasarkan perbedaan volume awal dengan hasil pengukuran sedimen pada genangan maka besarnya laju sedimen didapat 1,42 mm/tahun.

- Bab 5 KESIMPULAN DAN SARAN, meliputi :

5.1. Kesimpulan.

Berdasarkan hasil analisis diperoleh koefisien RUSLE untuk Embung Banyukuwung dengan nilai $a = 0,42$ dan $b = 0,58$ sehingga tingkat sedimentasi Embung Banyukuwung sebesar 1,42 mm/tahun.

5.2. Saran.

1. Pemakaian metode RUSLE sangat tergantung dengan keadaan lokasi tertentu, apabila digunakan pada lokasi yang berbeda atau jauh jaraknya, perlu diverifikasi/validasi.
2. Diperlukan data yang lebih lengkap baik waktu maupun jumlah pengukuran, semakin banyak jumlah pengukuran akan didapat hasil yang lebih teruji.

BAB 2

DISKRIPSI DAERAH STUDI

2.1. Embung Banyukuwung.

Embung Banyukuwung terletak di desa Sukorejo, Kecamatan Sulang, Kabupaten Rembang. Dalam struktur Dinas Pengairan di wilayah Ranting DPU Pengairan Karanggeneng, Cabang DPU Pengairan Serang-Lusi.

Secara teknis dapat diuraikan sebagai berikut :

1. Tubuh Embung:

- a. Kemiringan hulu : 1 vertikal : 3,0 horisontal
- b. Kemiringan hilir : 1 vertikal : 2,5 horisontal
- c. Lebar Puncak : 7,0 meter
- d. Tinggi maksimum : 18,63 meter
- e. Panjang puncak : 420 meter

2. Bangunan Pelimpah (*Spill way*)

- a. Lokasi bangunan pelimpah : sebelah kiri bentang tubuh embang
- b. Bahan konstruksi : pasangan batu kali 1:3 dilapis beton bertulang K 225
- c. Tipe dan elevasi mercu : tipe Ogee pada elevasi + 49.00
- d. Panjang mercu : 13 meter
- e. Kolam olak : Tipe I
- f. *Escape canal* : Saluran tanah yang kemudian akan menyatu dengan saluran dari *out let* ke sungai Batok

3. Bangunan Keluaran (*Outlet Structure*)

- a. Menara sadap : pasangan batu kali 1:3.
- b. Pintu sadap : 2 pintu baja ukuran 1,20 x 1,40 meter.
- c. Terowongan : 2 gorong-gorong kotak beton bertulang K 225 ukuran 1,00 x 1,00.
- d. Kolam olak : modifikasi tipe “ plunge basin “ dari pasangan batu kali 1 : 3 dihilir embung.

2.2. Kondisi Daerah Aliran Sungai Embung Banyukuwung

Pada saat pembebasan tanah yang diperkirakan terkena genangan embung meliputi 68,75 ha terkena genangan, 87,80 ha untuk daerah sabuk hijau (*green belt*) 5 m dan 106,85 ha untuk daerah sabuk hijau 10 m (Gracia,1994). Kondisi saat ini daerah sabuk hijau sudah banyak ditanami pohon jati dan pohon mangga. Masyarakat yang mempunyai lahan tegalan pada DAS Embung Banyukuwung menanami dengan pohon jati dan rencananya di daerah sekitar waduk yang masih kosong akan ditanami jati rakyat. Kondisi hutan yang masuk DAS Embung saat ini banyak mengalami kerusakan akibat penjarahan tetapi sudah banyak yang mulai ditanami pohon jati yang usianya masih muda, sehingga sumur-sumur yang ada di desa Sudo masih mengalami penurunan 0,50 s/d 1,00 m (Undip, 2002).

2.2.1. Bentuk Wilayah dan Kemiringan Lahan

Keadaan topografi pada Daerah Aliran Sungai Embung Banyukuwung secara umum terdiri dari perbukitan landai dengan kemiringan lereng antara 5 sampai dengan 3 derajat, sedangkan pada daerah persawahan mempunyai kemiringan berkisar 0 sampai

dengan 7 derajat dengan ketinggian bervariasi antara elevasi + 39 sampai dengan + 55 m di atas permukaan laut, yang mempunyai iklim tropis dengan curah hujan tahunan berkisar ± 1300 mm. Sebagian kecil areal digunakan untuk tempat tinggal penduduk dan daerah dataran lainnya digunakan sebagai areal persawahan.

Sungai utama adalah sungai Batok yang bermuara di laut Jawa, di bagian hulu sungai ini mempunyai anak sungai yaitu K. Ngrajek sedangkan disebelah hilir bertemu dengan K. Sulang sebelum masuk ke laut.

DAS K.Batok diukur dari lokasi Embung Banyukuwung seluas 11,75 km² dengan panjang sungai utama 4,10 km.

2.2.2. Jenis Tanah

Jenis tanah yang terdapat pada DAS Embung Banyukuwung terdiri dari batu liat dan lanau dengan tekstur lempung berliat (Undip, 2002). Yang penyebarannya pada DAS Embung Banyukuwung didominasi jenis tanah Kompleks Regosol Kelabu dan Grumusol Kelabu Tua yang peka terhadap di bagian hilir embung, sedangkan jenis tanah Asosiasi Mediteran Merah Kekuningan dan Mediteran Coklat Kekuningan yang agak peka erosi pada bagian hulu DAS (*Sumber: Peta Jenis Tanah Rencana Tata Ruang Wilayah Kabupaten Rembang, 1995 ; lihat Lampiran Gambar K.1*)

2.2.3. Tata Guna Lahan

Luas DAS Embung Banyukuwung (11,75 ha) meliputi beberapa Kecamatan dan Desa diantaranya Desa Sukoreja (Kecamatan Sumber), Desa Sudo dan Desa Seren (Kecamatan Sulang), menurut Studi Undip tahun 2002 yang terdiri dari :

3. Kecamatan Sulang.

a. Desa Sudo yang masuk DAS Embung Banyukuwung seluas 941,77 ha
(61,03 % luas DAS)

- Tanaman Keras (Jati) : 75 %
- Tanaman Padi : 10 %
- Tanaman Palawija : 13 %
- Permukiman Penduduk : 2 %

b. Desa Sudo yang masuk DAS Embung Banyukuwung seluas 25,23 ha
(3,61 % luas DAS)

- Tanaman Keras (Jati dan Mangga) : 80 %
- Tanaman Padi : 3 %
- Tanaman Palawija : 13 %
- Permukiman Penduduk : 2 %

4. Kecamatan Sumber

a. Desa Sukorejo yang masuk DAS Embung Banyukuwung seluas 98,00 ha
(21,53 % luas DAS)

- Tanaman Keras (Jati) : 79 %
- Tanaman Padi : 4 %
- Tanaman Palawija : 15 %
- Permukiman Penduduk : 2 %

2.3. Sosial Ekonomi

1. Kepadatan dan Jumlah Penduduk DAS Embung Banyukuwung.

Jumlah dan kepadatan penduduk pada DAS Embung Banyukuwung yang meliputi 3 desa di 2 kecamatan berjumlah 4.566 jiwa dengan tingkat kepadatan penduduk 168 jiwa per km² (Undip, 2002).

Perincian mengenai jumlah dan kepadatan masing-masing desa seperti disajikan pada Tabel. 2.1

Tabel. 2.1 Data Kependudukan dan DAS Embung Banyukuwung tahun 2000

Penggunaan	Kec Sulang		Kec Sumber	Total
	Seren	Sudo	Sukorejo	
Jumlah Penduduk (jiwa)	2.376	1.160	1.030	4.566
Luas Wilayah (ha)	698,07	1.543,22	455,20	2.696,00
Kepadatan Penduduk (jiwa/km ²)	340	75	226	169
Luas Wilayah DAS	25,23	941,77	98,00	1.065,00
Prosentase Luasan DAS	3,61	61,03	21,53	39,50

Sumber : BPS Kabupaten Rembang Tahun 2000

2. Mata Pencaharian Penduduk DAS Embung Banyukuwung.

Angkatan kerja penduduk pada daerah penelitian adalah 3.693 jiwa dengan mata pencaharian sebesar 2.034 jiwa (55,08 %) usaha pertanian, 914 jiwa (24,75 %) sebagai buruh tani, sedangkan yang lain adalah Pedagang, Buruh Bangunan, PNS/TNI-POLRI, Nelayan dan lainnya (Undip,2002). Secara terinci mata pencaharian penduduk dari

bermacam-macam kegiatan usaha dan pekerjaan seperti disajikan pada Tabel. 2.2 dibawah ini.

Tabel 2.2 Mata pencaharian penduduk DAS Embung Banyukuwung

Uraian Pekerjaan	Kec Sulang		Kec Sumber	Total (%)
	Seren	Sudo	Sukorejo	
Petani	1.121	574	366	2.034 (55,08)
Buruh Tani	442	210	262	914 (24,75)
Nelayan	24		-	24 (0,65)
Pengusaha Industri/kerajinan	5	2	1	8 (0,22)
Buruh Industri	6	-	3	9 (0,24)
Buruh Bangunan	1	11	20	32 (0,87)
Pedagang	22	13	30	65 (1,76)
Pengangkutan	3	3	2	8 (0,22)
PNS/TNI-POLRI	21	3	8	32 (0,87)
Pensiunan	4	-	1	5 (0,14)
Lain-lain	28	14	520	562 (15,22)
Jumlah	1.677	803	1.213	3.693 (100,00)

Sumber : BPS Kabupaten Rembang Tahun 2000

BAB 3

KAJIAN TEORI EROSI DAN SEDIMENTASI

3.1. Erosi Tanah

Menurut Utomo (1987), erosi tanah pada dasarnya adalah proses perataan kulit bumi yang meliputi proses penghancuran, pengangkutan dan pengendapan butir-butir tanah. Dalam hal ini Ellison (1974), dalam Morgan (1986), mengemukakan bahwa erosi tanah yaitu proses pelepasan butir-butir tanah dan proses pemindahan atau pengangkutan tanah oleh air atau angin. Untuk di Indonesia yang beriklim tropis basah maka proses erosi tanah lebih banyak disebabkan oleh air, akibat hujan yang turun di atas permukaan.

Menurut Arsyad (1976) dalam Utomo (1987), yang dimaksudkan erosi oleh air adalah merupakan kombinasi dua sub proses yaitu :

1. Penghancuran struktur tanah menjadi butur-butir primer oleh energi tumbuk butir-butir hujan yang jatuh menimpa tanah dan perendaman oleh air yang tergenang (proses dispersi).
2. Pengangkutan butir-butir primer tanah tersebut oleh air yang mengalir di atas permukaan tanah.

Sedangkan Foster et al. (1977), dalam Lane & Shirley (1982), mengemukakan bahwa proses erosi tanah yaitu meliputi pelepasan butir-butir tanah akibat pukulan jatuhnya butir hujan dan kemudian proses terjadinya pengangkutan serta pelepasan butir-butir tanah oleh aliran permukaan dan pelepasan serta pengangkutan butir-butir tanah oleh air dalam alur.

Erosi tanah dan timbulnya sedimen adalah masalah yang tidak dapat dipisahkan satu sama lain yang dapat berakibat menurunnya tingkat produktifitas tanah (*loss of*

production), kehilangan penyimpanan air (*loss of water storage*) pada lokasi terjadinya erosi tanah di bagian hulu DAS, sedangkan pada hilir DAS yaitu menurunnya kapasitas embung atau bendung dan sungai serta polusi (*pollution*) akibat timbulnya masalah sedimentasi.

3.1.1 Proses terjadinya Erosi Tanah

Berdasarkan proses terjadinya erosi tanah dapat dibedakan menjadi dua bagian sebagai berikut :

1. Proses erosi tanah akibat pelapukan atau secara geologi yaitu proses pelapukan batuan-batuan padat atau bahan induk tanah yang dilapuk oleh cuaca menjadi bagian-bagian besar dan kecil, selanjutnya melalui proses-proses secara fisik (mekanik), biologi (aktivitas organik) dan kimia, batuan akan terurai dan lebih lanjut akan terjadi retakan-retakan, keadaan ini lebih diperhebat lagi dengan adanya ayunan perubahan suhu tinggi dan suhu rendah. Melalui retakan-retakan ini air dapat masuk kedalam batuan maka lebih lanjut batuan akan pecah menjadi bagian-bagian yang lebih kecil lagi, ini akan lebih mempercepat proses penghancuran. Namun demikian dalam kondisi proses erosi tanah akibat pelapukan atau secara geologi, perubahan bentuk masih merupakan proses keseimbangan alam, artinya kecepatan kerusakan tanah atau erosi tanah masih sama atau lebih kecil dari kecepatan proses pembentukan tanah.
2. Proses erosi tanah dipercepat akibat kegiatan manusia yaitu proses erosi tanah yang diakibatkan kegiatan manusia dalam melakukan pengolahan tanah (*soil tillage*). Pengelolaan tanah untuk tujuan meningkatkan produktivitas tanah, dilain pihak

menyebabkan terjadinya pemecahan agregat-agregat tanah meliputi mengangkat dan memindahkan tanah pada saat pengolahan tanah. Ini dapat menyebabkan meningkatnya laju erosi tanah yang disebut “erosi dipercepat“ (*accelerated erosion*) artinya kecepatan kerusakan tanah atau erosi tanah sudah lebih besar atau melebihi kecepatan proses pembentukan tanah. Melalui usaha-usaha konservasi tanah dan air diharapkan kegiatan manusia dapat menekan atau mengurangi kerusakan tanah, dan bukan sebaliknya meningkatkan kecepatan erosi tanah akibat pengolahan tanah, sedemikian rupa sehingga kecepatan erosi tanah atau kerusakan tanah dapat diperlambat semaksimal mungkin. Pengolahan tanah yang tepat disamping dapat meningkatkan produktivitas tanah, juga tanah tidak cepat rusak.

3.1.2. Faktor-faktor Yang Mempengaruhi Erosi Tanah

Menurut Hudson (1976), ada dua faktor yang menyebabkan proses erosi tanah yaitu faktor penyebab terjadinya erosi yang dinyatakan dalam erosivitas dan faktor tanah yang dinyatakan dalam erodibilitas. Jadi proses erosi tanah merupakan fungsi erosivitas dan erodibilitas :

$$E = f(\text{Erosivitas, Erodibilitas}) \dots\dots\dots(3.1)$$

$$E = \text{Erosi tanah (ton/ha/tahun)}$$

Jika faktor erosivitas terdiri dari tiga faktor yang menentukan energi yaitu erosivitas hujan (R) dan faktor yang mempengaruhi besarnya energi yaitu kemiringan permukaan tanah dan panjang lereng (LS) dan faktor erodibilitas terdiri dari sifat ketahanan tanah (

K) dan faktor yang memodifikasi erodibilitas tanah yaitu faktor tanaman (C) dan faktor pengawetan tanah atau konservasi tanah atau pengelolaan tanah (P), maka fungsi dapat dinyatakan dengan persamaan sebagai berikut :

$$E = R \times K \times (LS) \times C \times P \dots\dots\dots(3.2)$$

Persamaan untuk menaksir kehilangan tanah ini dikenal sebagai Persamaan Umum Kehilangan Tanah (PUKT) atau *Universal Soil Loss Equation* (USLE) yang dikembangkan oleh Wischmeir dan Smith (1960). Sedangkan menurut Morgan (1986), terjadinya proses erosi tanah pada dasarnya dipengaruhi oleh faktor energi, faktor ketahanan tanah dan faktor pelindung tanah. Faktor energi yaitu pukulan jatuhnya air hujan, aliran permukaan atau limpasan permukaan, kemiringan dan panjang lereng, faktor ketahanan tanah yaitu erodibilitas tanah, kapasitas infiltrasi dan pengelolaan tanah, dan faktor pelindung tanah yaitu tanaman yang menutup tanah, tekanan penduduk akan lahan terhadap penggunaan dan pengelolaan tanah dalam upaya intensifikasi pemanfaatan lahan untuk usaha pertanian.

3.1.3. Bentuk-bentuk Erosi Tanah pada DAS

Berdasarkan proses terjadinya erosi tanah pada suatu DAS dapat dibedakan kedalam bermacam-macam bentuk erosi tanah sebagai berikut :

1. Erosi percikan, yaitu proses erosi tanah akibat pukulan jatuhnya air hujan di atas permukaan tanah, yang meliputi proses penghancuran atau pelepasan butir-butir tanah dan proses pemindahan tanah oleh percikan air hujan. Kemampuan air hujan

melepaskan butir-butir tanah dan memindahkannya tergantung dari ukuran besar butir hujan, kecepatan dan arah atau sudut jatuhnya serta distribusi hujan. Sifat hujan yang penting hubungannya dengan proses erosi tanah tersebut di atas yaitu energi kinetik hujan yang dapat menghancurkan agregat tanah dan memindahkan atau mengangkut butir-butir tanah yang terlepas.

2. Erosi permukaan, yaitu proses erosi tanah yang terjadi pada permukaan tanah yang disebabkan oleh kikisan aliran permukaan atau limpasan permukaan. Daya rusak limpasan permukaan ini terutama dipengaruhi oleh kecepatan limpasan permukaan yang dapat mengangkat butir-butir tanah hasil erosi percikan. Limpasan permukaan juga dapat menyebabkan erosi tanah pada permukaan tanah, karena daya rusak limpasan permukaan mampu melepaskan butir-butir tanah tersebut.
3. Erosi alur, yaitu proses erosi tanah yang terjadi pada alur-alur akibat terkikisnya permukaan tanah oleh aliran air yang terkumpul dalam alur tersebut.
4. Erosi selokan atau parit, yaitu proses erosi tanah yang merupakan proses lanjutan dari erosi alur, akibat konsentrasi air yang terus menerus baik debit aliran maupun kecepatan aliran yang besar menyebabkan alur-alur yang terkikis berkembang menjadi selokan-selokan atau parit.
5. Erosi tanah longsor, yaitu proses erosi akibat terjadinya pergerakan masa tanah. Kikisan air tidak saja mengikis permukaan tanah, dalam alur maupun erosi parit, tetapi volume dan kecepatan air yang besar dapat mengikis dasar aliran dan tebing, sehingga terjadi lereng-lereng tebing yang curam atau yang melewati batas kelerengan yang diperkenankan sehingga dapat menyebabkan pergerakan masa tanah secara gravitasi ke bawah atau tanah longsor. Juga lereng-lereng bekas galian

pembuatan jalan-jalan atau tebing-tebing yang gundul akan mudah runtuh atau longsor, ini dikarenakan faktor ketahanan tanah atau kestabilan tanahnya kecil. Untuk meningkatkan ketahanan tanah terhadap bahaya erosi tanah longsor dapat dilakukan dengan penanaman rumput, bangunan-bangunan pelindung lereng baik secara sederhana dibuat dari bambu dan kayu maupun konstruksi pasangan batu kali, konstruksi beton, dan konstruksi baja tergantung tingkat penanggulangan bahaya longsor yang bersangkutan.

3.1.4 Nisbah Penghantaran Sedimen (*Sediment Delivery Ratio/SDR*)

Pendugaan sedimentasi yang terangkut akibat erosi tanah sebagai penghasil bahan sedimen pada DAS diketahui bahwa tidak semua hasil erosi dapat dipindahkan atau terangkut oleh aliran permukaan yang kemudian masuk kesungai atau embung. Penggunaan dan pengelolaan tanah dapat mempengaruhi proses pengaliran dan pengangkutan butir-butir tanah yang tererosi.

Nisbah penghantaran sedimen atau Sediment Delivery Ratio (SDR) yaitu hasil sedimen yang terangkut dibagi erosi tanah pada lahan (*riil* dan *interrill erosion*) dikalikan 100 %. Pendugaan hasil sedimen terangkut akibat erosi sudah dipelajari oleh para ahli, diantaranya Wischmeir dan Smith (1978), menganjurkan penggunaan persamaan yang dikembangkan oleh Neibling dan Foster (1977) dalam Anonim (1985), berdasarkan fungsi di atas dapat ditulis sebagai berikut :

$$S_y = E (SDR) / A \dots\dots\dots(3.3)$$

Disini : S_y = Laju hasil sedimentasi (*Sediment Yield Rate*)

E = Erosi total (metode USLE)

SDR = Nisbah pengantaran sedimen (*Sediment Delivery Ratio*)

A = Luas daerah pengaliran sungai (DAS)

Hasil sedimen berdasarkan rumus diatas yaitu didasarkan pada hasil erosi tanah menurut metode USLE yang merupakan pengukuran langsung hasil erosi permukaan pada plot standar percobaan erosi, maka untuk skala DAS yang lebih luas Williams dan Berndt (1972) dalam Suripin (1998) mengembangkan bahwa hasil sedimen pada keluaran DAS dipengaruhi oleh proses pengangkutan sedimen (*Delivery Ratio / DR*). Berdasarkan pada anggapan diatas para ahli telah banyak melakukan penelitian-penelitian untuk mengetahui atau menetapkan besarnya nilai SDR pada beberapa DAS yang menghasilkan pendapat-pendapat para ahli baik dalam bentuk tabel-tabel maupun rumus-rumus SDR .

Dari fungsi di atas terlihat bahwa hasil sedimen disamping dipengaruhi oleh erosi juga dipengaruhi oleh faktor proses pengangkutan bahan sedimen hasil erosi yang dinyatakan sebagai Nisbah Pengantaran Sedimen atau "*Sediment Delivery Ratio*" (SDR) dan luas daerah alirannya. Nilai SDR ini menunjukkan bahwa tidak semua hasil erosi pada lahan dapat mencapai sungai atau embung, sebagian tertahan pada tempat-tempat tertentu yang memungkinkan terjadinya pengendapan, baik dilahan-lahan atas maupun disepanjang sungai. Berdasarkan hasil-hasil perhitungan menunjukkan hubungan antara nilai SDR dengan hasil sedimen, semakin besar nilai SDR, makin besar hasil sedimen yang terangkut , atau dalam keadaan sebaliknya .

Pada penetapan besarnya nilai SDR ada bermacam-macam cara menentukan nilai SDR yaitu berdasarkan tabel – tabel maupun rumus-rumus, dalam penelitian ini dengan menggunakan tabel sebagai berikut :

3. Tabel menurut Soil Conservation Service – USDA (Tabel. 3.1)
4. Tabel menurut Foster dan Meyer (Tabel. 3.2)

Tabel. 3.1 “ Sediment Delivery Ratio “ menurut Soil Conservation Service-USDA

Luas		SDR (%)
km ²	ha	
0,05	5	58
0,10	10	52
0.50	50	39
1	100	35
5	500	25
10	1000	22
50	5000	15,3
100	10000	12,7
500	50000	7,9
1000	100000	5,9

UPT-PUSTAK-UNDIP

Tabel .3.2 Sediment Delivery Ratio : (SDR) menurut Foster dan Meyer dalam Rosadi (1984)

Luas		SDR (%)
km ²	ha	
0,1	10	52
0,5	50	39
1	100	35
5	500	27
10	1000	24
50	5000	15
100	10000	13
200	20000	11
500	50000	8,5
26000	2600000	4,9

3.2. Perkiraan Sedimentasi Waduk /Embung

Sedimentasi yang terjadi pada genangan embung adalah secara langsung sebagai akibat sedimen yang terbawa masuk kedalam Embung melalui sungai-sungai utama maupun anak-anak sungai dari DAS Embung. Sedangkan material sedimen berasal dari hasil erosi lahan, semakin besar laju erosi lahan maka akan berpengaruh langsung terhadap sedimentasi embung yang juga akan lebih cepat. Ada beberapa cara untuk menghitung pengendapan sedimen didalam waduk/embung dengan pendekatan-pendekatan sebagai berikut :

3.2.1. Pendekatan Hidrologi metode USLE

Perkiraan besarnya masukan sedimen kedalam embung melalui pendekatan hidrologi yaitu dengan memperhitungkan faktor-faktor hidrologi DAS yang mengakibatkan erosi lahan sebagai penghasil bahan sedimen. Metoda dalam memperkirakan besarnya erosi lahan yaitu dengan pendekatan metode RUSLE (*Revised Universal Soil Loss Equation*).

Metode RUSLE merupakan pengembangan metode penaksiran erosi tanah dari metode USLE (*Universal Soil Loss Equation*) yang diperkenalkan oleh Wischmeier dan Smith (1978), yaitu dengan mengganti faktor energi pukulan air hujan (*rainfall energy factor*) diganti dengan faktor aliran permukaan (*runoff factor*) yang merupakan fungsi dari hasil volume aliran permukaan dan puncak laju aliran permukaan (*peak runoff rate*)(Williams,1975; Onstad dan Foster ,1975; Foster et al,1977; Foster et al,1980). Berikut di bawah ini persamaan RUSLE yang dikembangkan dari persamaan USLE yaitu dengan mengganti faktor indeks erosivitas hujan (R) , diganti dengan faktor indeks erosivitas hujan - aliran permukaan ($R_m / \text{rainfall} - \text{runoff erosivity}$) sebagai berikut (Williams,1975):

$$R_m = a (V Q_p)^b \dots\dots\dots(3.4)$$

dimana : R_m = Erosivitas hujan - aliran permukaan

V = Volume aliran permukaan dalam m^3

Q_p = Puncak laju aliran permukaan dalam m^3/dt

$a = 11,80$

$b = 0,56$

(Catatan : nilai a dan b perlu dikalibrasi dengan penerapan ditempat berbeda)

Metode RUSLE selengkapnya dapat ditulis persamaan yang dikembangkan berdasarkan dari metode USLE yaitu dengan mengganti faktor R dengan Rm sebagai berikut :

$$Y = a (V Q_p)^b K L S C P \dots\dots\dots(3.5)$$

dimana : Y = Hasil sedimen (sediment yield) dalam ton/ha

3.2.1.1. Penetapan faktor erosivitas hujan (R) USLE

Nilai index erosivitas hujan menunjukkan kemampuan curah hujan mengerosi tanah. Sifat hujan yang penting hubungannya dengan erosi tanah yaitu energi kinetik hujan yang dapat menghancurkan agregat tanah, memindahkan dan mengangkut butir-butir tanah yang terlepas. Untuk mengetahui parameter hujan yang dapat digunakan untuk menduga erosi tanah dilakukan analisa korelasi antara sifat-sifat hujan dan proses erosi tanah. Dalam penetapan besarnya index erosivitas hujan menggunakan rumus yang dikembangkan oleh Utomo (1983) sebagai berikut :

$$R = 10,80 + 4,15 CH \dots\dots\dots(3.6)$$

R = Index erosivitas hujan

CH = Curah hujan bulanan (cm)

3.2.1.2. Penetapan faktor erodibilitas tanah (K)

Indek kepekaan tanah terhadap erosi yaitu nilai faktor kepekaan erosi tanah atau erodibilitas tanah mudah tidaknya tanah tererosi. Nilai erodibilitas tanah (K) ditetapkan dengan menggunakan nomograph pendugaan erodibilitas tanah yang dikembangkan oleh Wischmeir (1971), berdasarkan data sifat-sifat tanah sebagai berikut :

a. Struktur tanah :

1. granular sangat halus
2. granular halus
3. granular sedang sampai kasar
4. berkubus (*blocky*), lempeng (*plenty*) atau pejal (*massive*)

b. Tekstur tanah :

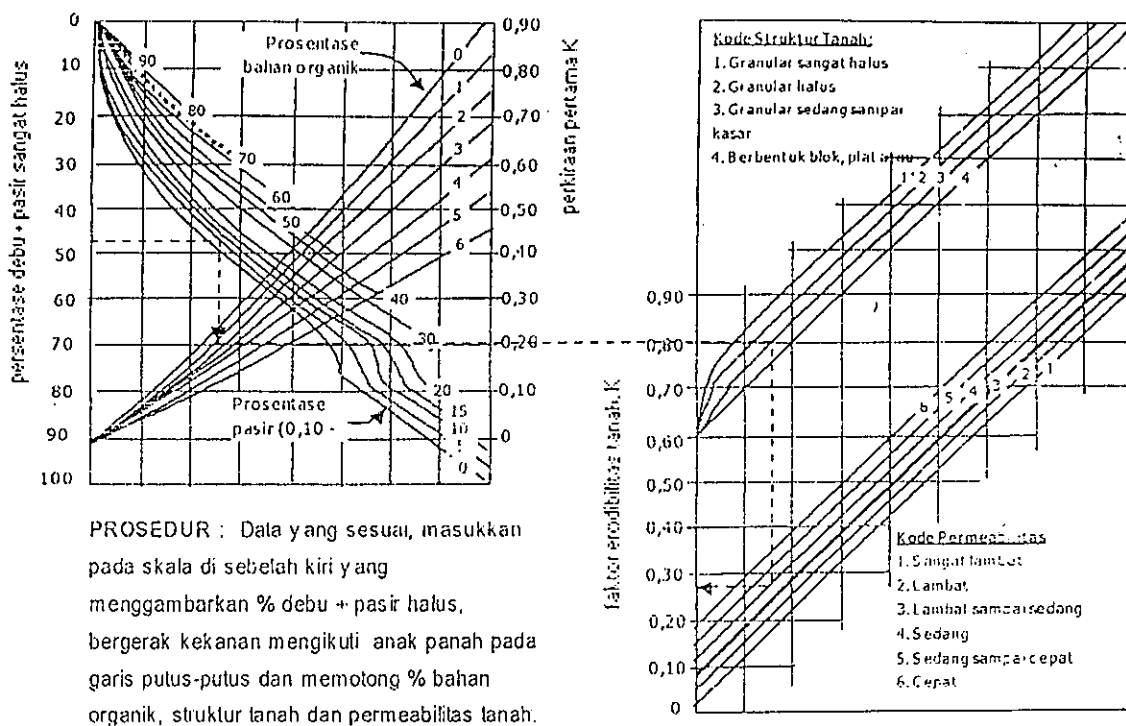
1. fraksi debu (2 – 50 mikron)
2. fraksi pasir sangat halus (50 – 100 mikron)
3. fraksi pasir (100 – 2000 mikron)

c. Bahan organik dinyatakan dalam persen (% BO)

d. Permeabilitas tanah :

1. cepat	> 12,5	cm/jam
2. agak cepat	6,25 – 12,5	cm/jam
3. sedang	2,00 – 6,25	cm/jam
4. agak lambat	0,50 – 2,00	cm/jam
5. lambat	0,125 – 0,50	cm/jam
6. sangat lambat	< 0,125	cm/jam

Nomogram Erodibilitas Tanah dapat dilihat pada Gambar 3.1 dibawah ini :



Gambar 3.1. Grafik Nomogram untuk menentukan Erodibilitas Tanah (Wieschmeier, 1975)

3.2.1.3 Penetapan faktor panjang lereng dan kemiringan (LS)

Faktor panjang lereng maupun curamnya atau kemiringan (topografi) pada keadaan sebenarnya di lapangan sangat beragam, sedangkan faktor LS pada rumus USLE adalah berdasarkan pada keadaan standar/baku yaitu panjang 22 meter dan kemiringan 9 %, maka dari itu perlu diadakan klasifikasi panjang dan kemiringan berdasarkan peta topografi yang tersedia. Beberapa rumus pendekatan untuk menghitung faktor LS telah dikemukakan oleh para ahli, tetapi dalam perhitungan ini digunakan rumus yang dikemukakan oleh Wischmeier dan Smith (1978) sebagai berikut :

$$LS = (L / 22,1)^a (0,065 + 0,045 S + 0,0065 S^2) \dots \dots \dots (3.7).$$

dimana : a = 0,2 untuk S = 1 %

a = 0,3 untuk S = 1 – 3 %

a = 0,4 untuk S = 3,5 – 4,5 %

a = 0,5 untuk S = 5 %

l = panjang lereng (m)

S = kemiringan lereng (%)

3.2.1.4 Penetapan faktor tanaman dan penggunaan lahan (C)

Nilai faktor tanaman yaitu nisbah antara besarnya tanah yang tererosi dari lahan yang ditanami dengan tanaman tertentu dengan besarnya erosi yang terjadi pada lahan tanpa ditanami (bera), faktor tanaman ini merupakan pengaruh gabungan dari jenis tanaman, tingkat kesuburan, pengelolaan sisa-sisa tanaman dan waktu serta cara pengolahan tanah. Sehingga faktor tanaman dan penggunaan tanah mempunyai peranan yang penting hubungannya dengan proses erosi tanah.

Faktor tanaman mempengaruhi erosi melalui proses sebagai berikut :

1. melindungi tanah dari curah hujan secara langsung dan intersepsi curah hujan oleh tajuk tanaman.
2. pengaruh akar dalam meningkatkan proses granulasi dan porositas tanah.
3. aktivitas biologi bersama-sama dengan pertumbuhan tanaman dan pengaruhnya terhadap porositas tanah.
4. transpirasi air melalui tanaman (Bayer,1961).

Juga pengendalian erosi tanah dengan tanaman disamping secara fisik dapat meningkatkan ketahanan tanah, pengelolaan tanaman yang baik dapat meningkatkan produktivitas tanah.

Berdasarkan dari hasil-hasil penelitian, berikut di bawah ini disajikan tabel faktor tanaman (C) dari LPT Bogor dalam Sarief,ES (1987).

Tabel. 3.3 Nilai faktor C

No.	Macam penggunaan tanah	Nilai faktor C
1.	Tanpa tanaman	1,00
2.	Sawah irigasi	0,01
3.	Sawah tadah hujan	0,05
4.	Tegalan tidak dispesifikasi	0,70
5.	Ubi kayu	0,80
6.	Jagung	0,70
7.	Kacang-kacangan	0,60
8.	Kentang	0,40
9.	Kacang tanah	0,40
10.	Padi	0,20
11.	Tabeu	0,50
12.	Pisang	0,20
13.	Akar wangi (sereh wangi)	0,60
14.	Kopi dengan penutup tanah	0,60
15.	Talas	0,40
16.	Kebun campuran : - Kerapatan tinggi	0,20
	- Kerapatan sedang	0,85
	- Kerapatan rendah	0,10
	Perladangan	

	Hutan alam : - Serasah banyak	0,20
	- Serasah kurang	0,50
17.	Hutan produksi : - Tebang habis	0,40
18.	- Tebang pilih	0,001
	Semak belukar/padang rumput	0,005
19.	Ubi kayu + kedele	0,50
	Ubi kayu + kacang tanah	0,20
20.	Padi shorgum	0,30
21.	Padi + kedele	0,181
22.	Kacang tanah + gude	0,195
23.	Kacang tanah + kacang tunggak	0,345
24.	Kacang tanah + mulsa jerami 4 ton/ha	0,417
25.	Padi + mulsa jerami 4 ton/ha	0,495
26.	Kacang tanah + mulsa jerami 4 ton/ha	0,571
27.	Kacang tanah + mulsa crotalaria 3 ton/ha	0,049
28.	Kacang tanah + mulsa kacang tunggak	0,096
29.	Kacang tanah + mulsa jerami 2 ton/ha	0,128
30.	Padi + mulsa crotalaria 3 ton/ha	0,136
31.	Pola tanam tumpang gilir** + mulsa jerami 6 ton/ha/tahun	0,259
32.	Pola tanam berurutan*** + mulsa sisa tanaman	0,377
33.		0,387
34.		0,079
35.		0,347

Keterangan

* Pola tanam gilir = jagung + padi + ubi kayu, setelah panen ditanami kacang tanah

** Pola tanam berurutan = padi + jagung + kacang tanah

3.2.1.5 Penetapan faktor konservasi tanah (P)

Nilai faktor tindakan manusia dalam konservasi tanah yaitu nisbah antara banyaknya tanah yang tererosi pada lahan dengan tindakan konservasi tanah tertentu terhadap besarnya erosi pada lahan tanpa tindakan konservasi tanah dari lahan yang sama. Tindakan pengelolaan tanah ini dalam menentukan nilai faktor P yaitu dengan menggunakan table faktor P yang didapat berdasarkan hasil-hasil penelitian di lapangan. Table 3.4 di bawah ini menunjukkan beberapa harga faktor P dari bermacam-macam perlakuan tindakan konservasi oleh LPT Bogor dalam Seto,AK (1991)

Tabel. 3.4 Nilai faktor P

No	Tindakan konservasi tanah	Nilai faktor P
1.	Teras bangku : - Konstruksi baik	0,04
	- Konstruksi sedang	0,15
	- Konstruksi kurang baik	0,35
2.	Teras tradisional	0,40
3.	Permanent Grass strips (Bahlia Grass)	
	- Desain baik	0,04
	- Desain kurang baik	0,40
4.	Penanaman menurut garis kontour :	
	- kemiringan 0 – 8 %	0,50
	- kemiringan 9 – 20 %	0,75
	- kemiringan 20 %	0,90
5.	Tanah tindakan/perlakuan konservasi tanah	1,00

Pusat Penelitian Tanah (LPT), Bogor

3.2.1.6 Penetapan faktor erodibilitas tanah.

Erodibilitas tanah adalah kemudahan tanah tererosi, yang dalam Persamaan Umum Kehilangan Tanah disimbolkan sebagai K dan diartikan dengan rata-rata kehilangan tanah dalam satuan ton/Ha dibagi faktor erosivitas hujan (R).

Tanah yang mempunyai erodibilitas tinggi dengan curah hujan yang sama akan mengakibatkan erosi yang lebih besar dibandingkan dengan tanah yang mempunyai erodibilitas rendah kemudahan tanah erosi sangat bervariasi, untuk daerah tropis EL

Swafy, 1975 (dalam Utomo, 1983) menyatakan bahwa erosi yang terjadi sekitar 10 - 75 ton/ha-tahun. Sedang Wichmeir dan Smith (1965) menyatakan bahwa erosi yang terjadi di Amerika sekitar 4,4 – 110 ton/ha-tahun.

Nilai erodibilitas tanah dapat diklasifikasikan dalam beberapa klas nilai K yang dihubungkan dengan mudah tidaknya tanah tererosi seperti yang tertera dalam Tabel 3.5 dibawah ini :

Tabel. 3.5 Klasifikasi Nilai Kepekaan Erosi Tanah

Klas	Nilai K	Tingkat Erodibilitas
1.	0,00 – 0,10	amat 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	amat tinggi

Sumber : Dangler dan El Swafy, 1976 (dalam Utomo, 1983)

Tetapi klasifikasi diatas kurang sesuai bila digunakan di Indonesia karena adanya perbedaan kondisi curah hujan, dimana Indonesia mempunyai curah hujan yang lebih tinggi. Berdasarkan kondisi perbedaan diatas maka untuk Indonesia diusulkan pembagian klas yang lebih banyak atau berbeda beda seperti yang dapat dilihat pada Tabel 3.6 .

Selain klasifikasi berdasarkan kepekaan erosi tanah diatas erodibilitas tanah juga dapat dinyatakan berdasarkan kehilangan tanah dalam ton/Ha/tahun, seperti yang tertera pada Tabel. 3.7 .

Tabel 3.6 Klasifikasi Nilai Kepekaan Erosi Tanah di Indonesia

Klas	Nilai K	Tingkat Erodibilitas
1.	0,00 – 0,10	sangat rendah
2.	0,11 – 0,15	rendah
3.	0,16 – 0,20	agak rendah
4.	0,21 – 0,25	sedang
5.	0,26 – 0,30	agak tinggi
6.	0,31 – 0,35	tinggi
7.	> 0,35	sangat tinggi

Tabel .3.7 Klasifikasi Erodibilitas Tanah
(berdasarkan besar kehilangan tanah)

Kehilangan tanah (ton/Ha/tahun)	Tingkat Erodibilitas
0,00 – 14,6	amat rendah
14,7 – 29,2	rendah
29,3 – 46, 9	sedang
47,0 – 63,0	agak tinggi
63,1 – 80,6	tinggi
> 80,6	amat tinggi

Sumber : Dangler et al, 1975 (dalam Utomo, 1983)

Penetapan erodibilitas tanah dapat dilakukan dengan beberapa cara berdasarkan pendekatan-pendekatan yang berbeda. Erodibilitas tanah dipengaruhi oleh kandungan liat, maka Bouyoucus, 1935 (dalam utomo,1983) menggunakan nisbah pasir, debu dan liat sebagai indek erodibilitas tanah, dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$K = \frac{\% \text{ pasir} + \% \text{ debu}}{\% \text{ liat}} \dots\dots\dots (3.8)$$

Penggunaan nisbah liat, debu dan pasir sebagai penilaian erodibilitas memberikan hasil yang cukup baik dan banyak digunakan karena lebih sederhana.

Tetapi untuk memperoleh hasil yang lebih baik yaitu yang lebih mendekati keadaan yang sebenarnya tentu saja harus diketahui kehilangan tanah karena erosi di lapangan pada plot standart percobaan erosi tanah yang telah tertentu yaitu lebar 2 m dengan panjang lereng 22,6 meter, kemiringan 9 % dan tanah dalam keadaan terbuka.

Disini K ditentukan dengan menggunakan rumus :

$$K = \frac{A}{R} \dots\dots\dots (3.9)$$

Dimana : A = Jumlah tanah yang hilang atau tererosi (ton/Ha)

R = Index erosivitas hujan yang menyebabkan kehilangan tanah A

Jika pada pengukuran A (jumlah tanah yang hilang) keadaan lokasi mempunyai panjang lereng dan kemiringan yang tidak standart maka faktor panjang lereng dan kemiringan tersebut dihitung berdasarkan Persamaan 3.7.

Oleh karena itu pada penelitian yang akan dilakukan guna menetapkan nilai K tanah-tanah pada DAS Embung Banyukuwung yaitu melakukan pengukuran laju infiltrasi tanah dan pengambilan contoh tanah untuk dilakukan pengujian dilaboratorium untuk menetapkan prosentase pasir, debu dan liat serta kandungan bahan organik yang selanjutnya berguna untuk menetapkan nilai erodibilitas tanah pada DAS Embung Banyukuwung dengan menggunakan “Nomograph Erodibilitas Tanah” seperti telah dijelaskan pada bab sebelumnya.

3.2.1.7 Proses erosi sebagai sumber penghasil bahan sedimen DAS

Sebagaimana diketahui bahwa akibat erosi tanah yang meliputi proses pelepasan butir-butir tanah dan proses pemindahan atau pengangkutan tanah oleh air atau angin Ellison (1977), dalam Morgan (1986) akan menyebabkan timbulnya bahan endapan ditempat lain. Bersama-sama air mengalir, butir-butir tanah yang lepas akibat proses erosi tanah akan diangkut yang kemudian akan diendapkan pada tempat-tempat tertentu berupa pengendapan atau sedimentasi, baik untuk sementara maupun tetap. Banyaknya angkutan bahan endapan tergantung dari besarnya erosi tanah yang terjadi, makin banyak jumlah bahan endapan (sedimen) terangkut menunjukkan makin besar tingkat erosi tanah yang terjadi dalam wilayah cakupan atau daerah pengaliran sungai yang bersangkutan.

Foster & Meyer (1977), dalam Lane & Shirley (1982), mengemukakan bahwa erosi dan sedimentasi yang disebabkan oleh air terutama meliputi proses pelepasan butir-butir tanah, penghanyutan dan sedimentasi akibat pukulan jatuhnya air hujan dan aliran air. Curah hujan yang tinggi dapat meningkatkan laju erosi tanah, maka angkutan bahan

sedimen juga meningkat. Tumbukan air hujan tersebut merupakan penghasil utama butir-butir tanah yang terlepas dalam proses erosi tanah.

Dalam suatu siklus hidrologi, secara karakteristik curah hujan yang jatuh diatas permukaan tanah dan limpasan permukaan yang timbul adalah variabel yang ekstrim yang menyebabkan erosi tanah dan bahaya banjir dengan segala kerusakan yang terjadi, diantaranya seperti timbulnya pengendapan baik dilahan-lahan pertanian, dasar sungai, waduk dan lain sebagainya.

Sedimentasi yang tertampung di cekdam, pada dasarnya merupakan akibat dari proses erosi yang terjadi pada daerah alirannya. Telah dibahas dimuka, bahwa proses erosi meliputi proses-proses pelepasan, pengangkutan dan sedimentasi.

3.2.2. Pendekatan Hidrologi metode RUSLE

Dalam upaya memperkirakan besarnya tingkat erosi pada DAS dilakukan pendekatan dengan persamaan RUSLE (Williams, 1975) seperti telah dijelaskan pada Bab. 3 terdahulu (lihat Persamaan 3.4). Pada penggunaan persamaan RUSLE terlebih dahulu dilakukan penetapan faktor-faktor RUSLE yang sesuai dengan persyaratan penggunaan RUSLE, diantaranya sebagai berikut :

3.2.2.1 Faktor erosivitas hujan – aliran permukaan (R_m / *rainfall-runoff erosivity*)

Faktor R_m dihitung berdasarkan besarnya curah hujan tahunan rata-rata dari hujan normal tahunan. Seperti diketahui hujan yang mampu menyebabkan erosi (*rainfall detachment*) yaitu total energi kinetik (E) dan intensitas curah hujan maksimum selama

30 menit (I_{30}), yang kemudian dikenal sebagai faktor erosivitas hujan ($E I_{30}$). Hudson (1965) mengemukakan bahwa penggunaan $E I_{30}$ masih mempunyai beberapa kelemahan diantaranya :

1. Energi kinetik (E_k) yang dihitung berdasarkan persamaan dibawah ini adalah kurang cocok untuk daerah tropis.

$$E_k = 13,32 + 9,78 \text{ Log } I \dots\dots\dots (3.10)$$

E_k = energi kinetik (Joule/m²/mm)

I = intensitas hujan (mm/jam)

$$E I_{30} = E_k \times I_{30} \dots\dots\dots (3.11)$$

I_{30} = intensitas curah hujan maksimum selama 30 menit.

2. Pemakaian $E I_{30}$ berarti menganggap bahwa erosi dapat terjadi pada setiap kejadian hujan, sekalipun hujan yang sangat kecil. Hudson (1965) telah membuktikan bahwa erosi terjadi jika intensitas hujan lebih besar dari 25 mm/jam.

Pada pendekatan RUSLE , menurut Da Ouyang (Michigan State University , 2001) dalam menetapkan erosivitas hujan-aliran permukaan (R_m) yang dapat menyebabkan erosi tanah adalah volume aliran permukaan lebih besar dari 15 mm, sebab

kalau lebih kecil dari 15 mm kurang berpengaruh terhadap total erosivitas hujan-aliran permukaan (R_m) yang mampu mengerosi tanah.

3.2.2.2 Faktor Erodibilitas Tanah (K / *soil-erodibility factor*)

Pada penetapan besarnya nilai faktor erodibilitas tanah telah diuraikan dalam Bab.II yaitu dengan mencari sifat-sifat fisik tanah dan struktur tanah serta prosentase kandungan bahan organik, selanjutnya dilakukan penetapan nilai faktor erodibilitas tanah dengan menggunakan Nomograph Erodibilitas yang dikembangkan oleh Wischmeier et al (1971).

Berdasarkan hasil penelitian menunjukkan tanah-tanah lempung ternyata mempunyai nilai K rendah (0,05 s/d 0,15) oleh karenanya lebih tahan terhadap pelepasan butir-butir tanah (*soil detachment*), tanah-tanah berpasir kasar nilai K (0,05 s/d 0,20) juga tahan terhadap pelepasan butir tanah, sedangkan tanah-tanah yang berlumpur nilai K (0,25 s/d 0,40) mudah terlepas dan terangkut oleh aliran permukaan.

Tanah-tanah yang mengandung bahan organik cukup tinggi, disamping dapat meningkatkan ketahanan tanah terhadap pelepasan butir-butir tanah (*soil detachment*) juga dapat meningkatkan infiltrasi tanah sehingga mengurangi aliran permukaan (*runoff*) yang pada akhirnya dapat mengurangi erosi. Tanah- tanah yang mengandung bahan organik > 4 % tidak direkomendasikan pemakaian pendekatan RUSLE . Pemakaian RUSLE lebih cocok untuk tanah-tanah berbutir halus < 2,00 mm, namun demikian untuk tanah pada umumnya nilai erodibilitas USLE dapat dipakai untuk RUSLE .

3.2.2.3 Faktor panjang lereng – kemiringan (LS / *slope length-steepness*)

Para ahli berpendapat pada umumnya panjang lereng (L / *slope length*) biasanya tidak melebihi 130 m (400 ft), untuk panjang lereng > 330 m (1000 ft) tidak cocok untuk dipakai pendekatan RUSLE, hal ini disebabkan aliran permukaan akan terkonsentrasi pada cekungan-cekungan lahan sebelum mengalir melewati sepanjang lereng tersebut . Pengendapan diperkirakan mulai terjadi pada tempat-tempat cekungan yang mempunyai kemiringan $\frac{1}{2}$ dari kemiringan rata-rata panjang lereng lahan yang bersangkutan.

Kemiringan lereng (S) sangat besar pengaruhnya terhadap erosi, semakin curam semakin besar kemungkinan terjadinya erosi, karena faktor kemiringan berpengaruh terhadap energi aliran permukaan. Pengaruh kemiringan (S) ditetapkan bersama-sama dengan panjang lereng (L) menjadi faktor panjang lereng-kemiringan (LS), dalam penetapan nilai faktor LS dihitung menggunakan persamaan 3.7. (lihat Bab.3 pasal 3.2.1.3).

Pada plot standart penelitian erosi panjang lereng (L) = 22,10 m dan kemiringan (S) = 9 % nilai $LS = 1$, pada keadaan panjang lereng (L) dan kemiringan (S) yang bervariasi nilai LS juga bervariasi, dapat lebih besar atau lebih kecil 1 (satu), sedangkan pada lahan yang menerapkan sistim penanaman tanaman secara baris sejajar kontur tidak mempengaruhi nilai LS .

3.2.2.4 Faktor pengelolaan tanaman penutup tanah (C / *cover management*)

Faktor tanaman (C) dipengaruhi oleh cara pengelolaan tanaman penutup tanah termasuk pengolahan tanah dan aktivitas selama pertumbuhan yang menyebabkan

kehilangan tanah . Jadi faktor tanaman ini merupakan pengaruh gabungan dari jenis tanaman, tingkat kesuburan, pengelolaan sisa-sisa tanaman, dan waktu serta cara pengelolaan tanah .

Besarnya nilai faktor C menunjukkan nisbah antara besarnya tanah yang hilang ($SLR / Soil Loss Ratio$) dari lahan yang ditanami dengan tanaman tertentu dengan besarnya kehilangan tanah yang terjadi pada lahan yang sama tapi tanpa tanaman (bera). Jadi besarnya nilai faktor C juga dapat menunjukkan besarnya pengaruh faktor C dalam mengurangi besarnya kehilangan tanah.

Pada pemakaian persamaan RUSLE disamping faktor-faktor tanaman diatas masih ditambah subfaktor yang harus dipertimbangkan yaitu tanaman penutup (*canopy*), penutup permukaan tanah (*surface cover*), kekasaran permukaan tanah (*surface roughness*), macam penggunaan lahan dan kelembaban tanah.

Apabila faktor-faktor lainnya yaitu erosi (E), erosivitas hujan (R_m), erodibilitas tanah (K), kemiringan dan panjang lereng (LS) dan tindakan konservasi (P) sudah diketahui, maka nilai faktor pengelolaan tanaman (C) dapat dihitung dengan persamaan RUSLE sebagai berikut :

$$C = E / R_m K LS P \dots\dots\dots (3.12)$$

Beberapa hasil penelitian menunjukkan besarnya nilai faktor tanaman dari bermacam-macam jenis tanaman penutup tanah telah dilakukan baik diluar negeri maupun didalam negeri .Untuk di Indonesia telah dilakukan penelitian oleh Lembaga

Penelitian Tanah (LPT) Bogor dan hasilnya sampai dengan saat ini masih dapat digunakan untuk menetapkan nilai faktor tanaman seperti disajikan pada Tabel 3.3.

3.2.2.5 Faktor tindakan konservasi tanah (P)

Nilai faktor kegiatan manusia dalam konservasi tanah menunjukkan nisbah antara banyaknya kehilangan tanah (*soil loss*) pada lahan dengan tindakan konservasi tanah tertentu terhadap besarnya erosi pada lahan tanpa tindakan konservasi tanah pada lahan yang sama.

Apabila semua faktor-faktor RUSLE lainnya sudah diketahui maka besarnya nilai faktor tindakan konservasi (P) dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut :

$$P = E / R_m K L S C \dots\dots\dots(3.13)$$

Pada penetapan besarnya nilai faktor tindakan konservasi adalah berdasarkan tabel yang telah disusun berdasarkan hasil-hasil penelitian erosi yang dilakukan oleh LPT Bogor seperti dapat dilihat pada Tabel 3.4.

3.2.3. Pendekatan Pengukuran Angkutan Sedimen (*Sediment Transport*)

Pengukuran sedimen layang (*suspended load*) dan sedimen dasar (*bed load*) yang dilakukan pada sungai yang dicari debit sedimennya. Mekanisme pengangkutan sedimen yang terbawa dalam aliran air pada suatu sungai umumnya dipandang ada 2 cara pengangkutan sebagai berikut :

3.2.3.1 Pergerakan Sedimen Layang (*Suspended Load Movement*)

Partikel-partikel tanah atau sedimen yang bergerak melayang dalam aliran air dimana partikel terus-menerus dikompensir oleh gerak turbulensi aliran sehingga sedimen layang bergerak diatas dasar saluran atau sungai.

Bahan sedimen layang terdiri dari pasir halus yang bergerak disamping dipengaruhi oleh turbulensi aliran juga kecepatan aliran. Sedimen layang diangkut bersama dengan debit aliran sungai berupa konsentrasi sedimen layang yang terbawa aliran air. Untuk mendapatkan debit sedimen pada suatu aliran maka diperlukan pengukuran debit sungai dan konsentrasi sedimen yang dikandung aliran pada debit tersebut.

3.2.3.2. Pergerakan Sedimen Dasar (*Bed Load Movement*).

Merupakan partikel tanah atau sedimen paling besar/kasar berupa pasir/kerikil yang bergerak secara menggelinding (*rolling*), mendorong dan menggeser/meloncat (*pushing and sliding/jumping*) terus menerus kontak dengan dasar saluran atau sungai. Dalam pergerakannya ditentukan adanya gaya seret (*drag force*) dari pada aliran diatas partikel-partikel tanah/kerikil yang terbawa aliran tersebut.

3.2.3.3. Pengambilan Contoh Air Sedimen Melayang dan Pengukuran Debit.

a. Pengambilan Contoh Air Sedimen Melayang.

Konsentrasi sedimen diperoleh dengan mengambil sampel air sungai kemudian di test di laboratorium konsentrasi sedimennya, adapun metode pengukuran debit sedimen melayang sebagai berikut :

1. Pelaksanaan pengukuran debit sedimen melayang dilakukan bersama-sama sesaat setelah pengukuran debit dengan cara mengambil contoh air menggunakan alat pengambilan contoh air (*suspended sediment sampler*).
2. Pengambilan contoh air dilakukan pada beberapa tempat pada suatu penampang melintang pengukuran debit pada titik pengambilan yang mewakili (*one point measurement method*) yaitu pada 0,60 tinggi aliran (H) diukur dari permukaan air.
3. Contoh air, dari alat pengambilan contoh air dimasukkan kedalam botol-botol bekas Aqua kapasitas 1,00 liter, yang terlebih dahulu sudah dipersiapkan, kemudian botol contoh air dibawa ke laboratorium untuk dianalisis konsentrasi sedimennya.

b. Pengukuran Debit Aliran.

Debit aliran sungai diperoleh dengan melakukan pengukuran pada suatu penampang sungai dan tinggi permukaan air pada lokasi pengukuran yang telah ditetapkan sebelumnya.

1. Data tinggi permukaan air dicatat secara manual dengan memasang alat ukur duga berskala untuk mencatat ketinggian
2. Data kecepatan aliran digunakan alat pengukur kecepatan aliran air (*current meter*). Prinsip pengukuran alat ini adalah menghitung putaran dalam waktu tertentu, kemudian dilihat dalam tabel kecepatan
3. Pengukuran dilakukan pada penampang melintang yang dibagi menjadi beberapa bagian penampang pengukuran, metoda pengukuran pada 3 titik (*three point measurement*) distribusi kecepatan aliran vertikal pada 0,20 H, 0,60 H dan 0,80 H diukur dari permukaan air.

4. Hasil pengukuran tinggi muka air dan kecepatan aliran air kemudian dianalisis untuk mendabatkan debit aliran air dalam m³/detik.

2.2.4. Pendekatan Survei Hidrografi.

Pengukuran sedimentasi embung yaitu langsung di genangan waduk, dalam penelitian ini dilakukan dengan pengukuran langsung dengan alat duga elevasi sedimen yang terbuat dari bambu. Pada penelitian ini dilakukan pengukuran sederhana yaitu pengukuran langsung dengan alat duga elevasi dasar sedimen menggunakan bambu yang diberi skala meter pengukur untuk mengetahui kedalaman dasar waduk sampai permukaan air.

Daerah genangan waduk dibagi menjadi beberapa penampang lintang pada lokasi yang sesuai kondisi lapangan dan dianggap dapat mewakili yang sudah ditetapkan titik-titik atau lokasi rencana pengukuran pada peta genangan Embung Banyukuwung.

Dengan menggunakan perahu dilakukan pengukuran kedalaman genangan dengan mencolok dasar embung menggunakan bambu sesuai pada lokasi atau titik pengukuran kemudian dicatat pada peta genangan. Selanjutnya hasil pengukuran dianalisa untuk mengetahui sedimen yang terjadi pada genangan.

Perhitungan volume sedimen yaitu didapat dengan selisih volume genangan pada saat waduk sebelum dan sesudah dioperasikan atau setelah waduk mengalami sedimentasi, misalnya volume genangan setelah selang waktu ΔT adalah V_{T2}

sedangkan volume genangan sebelum sedimentasi adalah V_{T1} maka volume sedimennya adalah $V_{T2} - V_{T1}$

$$V_{\Delta T} = V_{T1} - V_{T2} \dots\dots\dots(2.10)$$

$V_{\Delta T}$ = Volume sedimen dalam selang waktu ΔT (m^3)

V_{T1} = Volume genangan pada pengukuran $T1$ (m^3)

V_{T2} = Volume genangan pada pengukuran $T2$ (m^3)

$$\Delta T = T2 - T1$$

$T2, T1$ = Waktu saat dilakukan pengukuran volume genangan.

BAB 4

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

4.1. Analisis Sedimen

4.1.1. Sedimentasi Embung.

Hasil sedimen pada Embung adalah sebagai akibat dari proses erosi tanah yang terjadi pada DAS Embung , selanjutnya mengalami proses pengangkutan sedimen dan berakhir masuk kedalam genangan embung. Tingginya sedimentasi embung sangat tergantung oleh sumber bahan sedimentasi yang dihasilkan oleh proses erosi yang terjadi pada daerah hulu embung. Semakin banyak bahan sedimen dihasilkan akibat erosi maka semakin tinggi sedimentasi pada genangan embung.

Oleh karena itu hubungan erosi dan sedimentasi dapat digunakan untuk memperkirakan besarnya sedimentasi pada Embung dan atau sebaliknya. Penelitian ini dilakukan untuk melihat kejadian erosi dan sedimentasi embung Banyukuwung.

4.1.2. Pengukuran Masukan Sedimen.

Masukan sedimen kedalam genangan embung Banyukuwung adalah merupakan hasil proses transportasi bahan sedimen berupa sedimen layang dan sedimen dasar bersama – sama dengan aliran sungai masuk kedalam embung melalui suatu penampang sungai.

Besarnya aliran sungai adalah volume air yang mengalir melalui penampang sungai pada satuan waktu tertentu. Pengukuran volume air sungai yang mengalir di daerah penelitian meliputi pengukuran lebar dari penampang basah sungai, pengukuran kedalaman dan kecepatan aliran pada setiap vertikal penampang sungai. Pengukuran kecepatan aliran dengan menggunakan alat "current meter".

Sedangkan pengukuran angkutan sedimen seperti juga pengukuran kecepatan aliran sungai yaitu dilakukan dengan cara mengambil contoh air dari mekanisme angkutan sedimen. Angkutan sedimen yang terangkut ke dalam aliran sungai dapat dibedakan menjadi dua jenis, yaitu angkutan sedimen layang (*suspended load*) dan sedimen dasar (*bed load*). Dalam penelitian ini pengukuran angkutan sedimen hanya dilakukan untuk pengukuran angkutan sedimen layang. Dalam perhitungan, besarnya sedimen dasar (*bed load*) diperkirakan sebesar 10% dari sedimen total. Pengukuran sedimen layang dilakukan pada tempat yang sama dengan pengukuran kecepatan aliran dan pada saat yang bersamaan dengan pengukuran kecepatan aliran.

Pengukuran sedimen layang dan sedimen dasar yang dilakukan pada sungai yang dicari debit sedimennya seperti dijelaskan pada Bab. 3 pasal 3.2.3, data-data yang diperlukan sebagai berikut :

- Konsentrasi sedimen diperoleh dengan mengambil sampel air sungai, kemudian di test banyaknya konsentrasi sedimen di laboratorium Balai Pengujian dan Peralatan PU Dinas Permukiman dan Tata Ruang Jawa Tengah.
- Debit aliran sungai diperoleh dengan melakukan pengukuran dilapangan yaitu pada suatu penampang sungai K.Batok pada Bulan Pebruari 2002. Data dicatat secara

manual, dimana data kecepatan aliran dapat dibaca dan dicatat dari alat pengukur kecepatan aliran air. Pengukuran dilakukan mulai tanggal 29 Januari 2002 sampai dengan 20 Pebruari 2002.

Pengukuran angkutan sedimen dimaksudkan untuk mengetahui banyaknya sedimen yang dibawa aliran sungai sebagai debit sedimen, kemudian masuk embung menjadi sedimentasi pada genangan embung.

Tahap-tahap penelitian untuk mendapatkan data debit sungai dan debit sedimen adalah merupakan hasil dari kegiatan lapangan dan laboratorium. Kegiatan lapangan yaitu pengukuran langsung debit sungai dan pengambilan contoh air dan kegiatan laboratorium yaitu pemeriksaan contoh air untuk mengetahui konsentrasi sedimen.

Hasil lengkap pengukuran debit dan sedimen layang Kali Batok Embung Banyukuwung Kabupaten Rembang disajikan dalam Lampiran B.1 sedangkan ringkasan hasil perhitungan debit sedimen dalam laju sedimen per tahun disajikan dalam Tabel 4.1. sedangkan ringkasan data debit sedimen rata rata harian disajikan dalam Tabel 4.2.

Berdasarkan hasil ringkasan angkutan sedimen terlihat pada kejadian hujan selama bulan Pebruari terjadi 2 hari kejadian banjir besar (> 52,52 ton/hari ; merupakan harga tengah dari nilai terkecil dan terbesar) yang menghasilkan angkutan sedimen cukup nyata yaitu :

- Tanggal 04 Pebruari 2002 sebesar 76,08 ton/hari
- Tanggal 20 Pebruari 2002 sebesar 99,90 ton/hari

Jadi rata rata tiga hari kejadian banjir besar (76,08+99,90)/2 = 87,99 ton/hari.

Sedangkan rata rata kejadian banjir lainnya terkecil (4,21+7,63+22,17+5,32+3,56 +12,25+5,14)/7 = 8,61 ton/hari.

Sedangkan rata rata kejadian banjir besar dan kecil selama penelitian = 26,25 ton/hari.

Tabel.4.1 Laju sedimen masing masing kejadian banjir tahunan.

Uraian kejadian banjir	Harian	Tahunan	Bed Load	Total sedimen dgn	Laju Sed
Uraian kejadian banjir	ton/hari	ton/tahun	10%	BJ 0.988ton/m3	mm/th
Rata rata kejadian banjir besar	87.99	32116.35	35327.985	35,757.070	3.04
Rata rata kejadian banjir kecil	8.61	3142.65	3456.915	3,498.902	0.30
Rata rata banjir besar kecil	26.25	9581.25	10539.375	10,667.384	0.91

Tabel 4.2. Ringkasan hasil analisis angkutan sedimen untuk tiap tiap kejadian banjir.

Tanggal	Qs(ton/hari)
04/02/02	76,08
05/02/02	4,21
06/02/02	7,63
07/02/02	22,17
12/02/02	5,32
13/02/02	3,56
16/02/02	12,24
17/02/02	5,14
20/02/02	99,90
Total	236,27
Rata-rata	26,25

$$\begin{aligned}\text{Jumlah Qs muatan suspensi tiap tahun} &= 365 \times 26,25 \text{ ton/th} \\ &= 9731,26 \text{ ton/th}\end{aligned}$$

$$\text{Bed load diperkirakan 10 \%} = 973,12 \text{ ton/th}$$

$$\text{Total sedimen terangkut setiap tahun} = 10.704,39 \text{ ton/th}$$

$$\text{Berat jenis sedimen diambil} = 0,988 \text{ ton/m}^3 \text{ (Undip,2002)}$$

$$\text{Total sedimen} = 10.704,391 : 0,988 = 10.834,40 \text{ m}^3/\text{tahun}$$

Laju sedimen lahan (*sheet erosion*) yaitu dibagi dengan luas DAS Embung Banyukuwung seluas 11.750.000 m² didapatkan sebesar 0,91 mm/tahun.

4.2. Penurunan Koefisien RUSLE

4.2.1 Faktor Erodibilitas Tanah (K)

Faktor-faktor Erodibilitas yang didapat dari Pengumpulan Data Primer sebagai berikut :

1. Data infiltrasi tanah.

Data infiltrasi tanah diukur dengan menggunakan alat cincin ganda infiltrometer.

Pengukuran dilakukan pada dua titik yaitu untuk jenis tanah Kompleks Regosol Kelabu dan Grumusol Kelabu Tua yang peka erosi dibagian hilir embung, dan Asosiasi Mediteran Merah Kekuningan dan Mediteran Coklat Kekuningan yang agak peka erosi pada bagian hulu DAS

Data hasil pengukuran ditampilkan dalam Lampiran A.1 dan A.2

2. Data sifat tekstur, kimia tanah dan struktur tanah.

Berdasarkan data hasil penelitian dan pengamatan di lapangan serta analisa laboratorium terhadap sifat tanah DAS Embung Banyukuwung tersebut di atas, diperoleh hasil sebagai berikut :

a. Data sifat tekstur tanah;

- 1) Nilai % debu + % pasir halus = 65 %

Data lengkap di Lampiran M.2 dan Lampiran M.3

- 2) Nilai % pasir kasar = 7,50 %

Data lengkap di Lampiran M.2 dan Lampiran M.3

- 3) Bahan organik = 1.85 %

Data lengkap di Lampiran M.1

- 4) Struktur tanah = berkubus, lempeng dan pejal

Data lengkap di Lampiran K.3

Berdasarkan data hasil penelitian faktor-faktor erodibilitas tanah tersebut diatas selanjutnya ditetapkan dengan menggunakan Nomogram Erodibilitas Tanah.

Prosedur menggunakan nomograph yaitu dengan memasukkan data-data tersebut di atas, yang dimulai dengan harga % debu + % pasir halus sebesar 65 %. Kemudian berturut-turut sesuai dengan arah panah yaitu % pasir kasar sebesar 7,50 %, bahan organik 1,85 %, struktur tanah klas 4 dan permeabilitas tanah klas 3, sehingga dari data tanah tersebut diperoleh nilai erodibilitas tanah (K) sebesar 0,20 seperti terlihat pada Gambar 3.1 Nomogram penetapan Erodibilitas Tanah.

4.2.2. Faktor Panjang Lereng – Kemiringan (LS)

Berdasarkan hasil analisis peta Hidrologi seperti disajikan pada Lampiran K.6 didapatkan kemiringan lereng rata-rata > 5% dengan panjang lereng rata-rata 150 m sampai dengan 300 m. Sehingga dengan menggunakan Persamaan 3.7 didapat faktor panjang lereng dan kemiringan (LS) sebesar 3.20.

4.2.3. Faktor Pengelolaan Tanaman Penutup Tanah (C)

Penetapan faktor tanaman (C) berdasarkan pada cara pengelolaan tanaman penutup tanah atau penggunaan tanah, termasuk pengolahan tanah dan aktivitas selama pertumbuhan yang menyebabkan kehilangan tanah . Jadi faktor tanaman ini merupakan pengaruh gabungan dari jenis tanaman, tingkat kesuburan, pengelolaan sisa-sisa tanaman, dan waktu serta cara pengelolaan tanah . Berdasarkan penelitian terdahulu macam tanaman telah dapat diperkirakan pengaruhnya terhadap erosi seperti terlihat pada Tabel 3.3. Penggunaan tanah pada umumnya di DAS Embung seperti dijelaskan Bab. 2 pasal 2.3.3, maka perkiraan nilai C diperlihatkan Tabel 4.3

Tabel 4.3 Perkiraan Tata Guna Lahan dan Nilai C DAS Embung Banyukuwung.

Macam Penggunaan Lahan	Perkiraan Prosentase Luas terhadap Luas DAS	Perkiraan Nilai C
Tanaman keras/ hutan poduksi(jati dll)	80 %	0,20 s/d 0,50
Padi (sawah tadah hujan)	8 %	0,05
Tanaman Palawija (ubi kayu,jagung/tegalan/ perladangan)	10 %	0,70
Permukiman dll	2%	-

Penetapan nilai C apabila sawah diabaikan kemudian diambil rata-rata penggunaan lahan hutan produksi dan tegalan/perladangan maka diperkirakan nilai sebagai berikut :

- Tanaman keras/hutan produksi = $(0,20 + 0,50) / 2 = 0,35$ (80%)
- Perladangan/ tegalan = $(0,40 + 0,70) / 2 = 0,55$ (10%)

Penetapan faktor C = 0,35 (80 %) dan sebagai faktor keamanan diambil 10% (perladangan/tegalan/permukiman dll), maka besarnya faktor C = 0,40.

4.2.4 Faktor tindakan konservasi tanah (P)

Pada penetapan besarnya nilai faktor tindakan konservasi adalah berdasarkan tabel yang telah disusun berdasarkan hasil-hasil penelitian erosi yang dilakukan oleh LPT Bogor seperti dapat dilihat pada Tabel 3.4. Dari hasil pengamatan dilapangan terhadap tindakan pengolahan tanah sehubungan dengan pengelolaan tanaman dapat ditetapkan berdasarkan faktor tanaman keras (80%):

1. Teras konstruksi sedang s/d jelek , P = 0,15 s/d 0,35
2. Penanaman menurut kontur pada kemiringan 0-8% , P = 0,50

Penetapan faktor P diambil = $(0,15 + 0,35 + 0,50) / 3 = 0,35$

4.2.5. Hasil analisis koefisien RUSLE

Metode RUSLE selengkapnya dapat ditulis persamaan yang dikembangkan berdasarkan dari metode USLE sebagai berikut :

$$Y = a (V Q_p)^b K L S C P \dots\dots\dots(4.1)$$

- Koefisien b besarnya ditetapkan = 0,56
- Koefisien a dari persamaan 3.4 dan 3.5 selama penelitian didapat rata-rata = 0,42
(Lampiran F.1)

4.3. Analisis Erosi DAS Embung Banyukuwung dengan Metode USLE.

Dalam penetapan besarnya index erosivitas hujan menggunakan rumus yang dikembangkan oleh Utomo et al (1983) sebagai berikut :

$$R = 10,80 + 4,15 CH \dots\dots\dots(4.2)$$

R = Index erosivitas hujan

CH = Curah hujan bulanan (cm)

Dari analisis data curah hujan bulanan dalam setahun didapat erosivitas hujan rata-rata ; $R = 656,223 \text{ Joule/m}^2/\text{mm}$ (Lihat Lampiran G.1)

Hasil analisis perkiraan besarnya Erosi Lahan DAS Embung Banyukuwung berdasarkan metode USLE didapat Laju Erosi sebesar 5,95 mm/th (Lampiran G.1)

Selanjutnya perkiraan sedimen yang masuk Embung Banyukuwung sesuai dengan nisbah penghantaran sedimen (*sediment delivery ratio*) DAS Embung yang

ditetapkan berdasarkan Tabel 3.1 dan Tabel 3.2 berdasarkan luas DAS 11,75 km² maka SDR diperkirakan sebesar $(24 + 22) / 2 = 23 \%$.

$$\text{Jadi laju sedimen} = 0,23 \times 5,95 \text{ mm/th} = 1,37 \text{ mm/th}$$

4.4. Analisis Hasil Pengukuran Sedimen pada Genangan Embung.

Pada penelitian ini dilakukan pengukuran sederhana yaitu pengukuran langsung dengan alat duga elevasi dasar sedimen menggunakan alat penduga dasar menggunakan bambu dengan skala meter pengukur untuk mengetahui kedalaman dasar waduk sampai permukaan air.

Daerah genangan waduk dibagi menjadi beberapa penampang lintang pada lokasi yang sesuai kondisi lapangan dan dianggap dapat mewakili untuk perhitungan volume genangan.

Hasil analisis pengukuran genangan yang dilakukan pada bulan Nopember 2001 disajikan pada Lampiran H. Berdasarkan perbedaan antara volume hasil pengukuran awal dengan hasil pengukuran sedimen pada genangan, terlihat perbedaan elevasi dasar embung akibat sedimentasi. Elevasi awal sebelum sedimentasi yaitu + 39 m dan setelah embung berfungsi selama 5 tahun menjadi + 40 m, dengan kata lain sudah terjadi sedimentasi setinggi 1,00 m atau sebesar 83.560 m³ / 5 tahun (16.712 m³ / 1 tahun) dan dibagi dengan luas DAS 11.750.000 m² maka besarnya laju sedimen didapat 1,42 mm/th.

4.5. Perbandingan Hasil Laju Sedimen Embung Banyukuwung

Berdasarkan analisis data hasil penelitian terhadap laju sedimen dengan tiga alternatif perkiraan besarnya laju sedimen tahunan yang masuk Embung Banyukuwung sebagai berikut :

- Pengukuran Masukan Sedimen pada K.Batok dengan 3 alternatif kejadian Banjir.
- Perkiraan Masukan Sedimen metode USLE.
- Perkiraan Masukan Sedimen hasil pengukuran sedimen di genangan Embung.

Hasil laju sedimen dari masing masing metode disajikan dalam Tabel 4.4.

Tabel 4.4 Laju Sedimen Embung Banyukuwung berbagai Metode

Macam Metoda	Pengukuran Debit Sedimen	Metode USLE	Pengukuran Genangan	Keterangan
Laju Sedimen mm/th	3,04 0,30 0,91	1,37	1,42	Hasil pengukuran sedimen 0,91 mm/th lebih cocok dengan hasil dari metode lainnya.

Berdasarkan Tabel 4.4. dapat dilihat bahwa hasil perkiraan laju sedimen dari masing-masing metode maka metode USLE (1,37 mm th) dan Pengukuran Genangan (1,42 mm/th) mendekati hasil yang hampir sama (berbeda sedikit). Sedangkan hasil Pengukuran Debit Sedimen dengan tiga alternatif rata rata kejadian banjir yaitu banjir kecil, banjir besar dan total besar kecil, maka Laju Sedimen (0,91

mm/th) lebih mendekati hasil Laju Sedimen metode USLE maupun Pengukuran Genangan.

Adapun rata rata Laju Sedimen dari tiga metode seperti disajikan pada Lampiran J yaitu pada Tabel J.1.

Nilai rata rata Laju Sedimen sebesar 1,23 mm/th merupakan hasil penelitian Tesis sebagai perkiraan Laju Sedimen Embung Banyukuwung akibat erosi DAS Embung tahun penelitian 2002.

4.6 Pembahasan hasil koefisien RUSLE.

Berdasarkan perbandingan hasil hasil Laju Sedimen dari masing masing metode pada pasal 4.5 diatas, dapat disimpulkan untuk penurunan koefisien RUSLE berdasarkan hasil Pengukuran Debit Sedimen diambil nilai Laju Sedimen rata rata total kejadian banjir besar kecil yaitu 0,91 mm/th.

Adapun hasil penurunan koefisien RUSLE disajikan dalam Lampiran F yaitu seperti terlihat pada Tabel F.1.

Sesuai dengan Rumus penurunan RUSLE untuk mencari koefisien a dan b, maka terlebih dahulu ditetapkan salah satu koefisien. Dalam hal ini ditetapkan besarnya koefisien $b = 0,56$, maka hasil analisis dengan Rumus RUSLE didapatkan nilai besarnya $a = 0,42$.

Besarnya a dan b adalah hasil koefisien RUSLE sesuai pengukuran debit sedimen DAS Embung Banyukuwung dengan laju sedimen sebesar 0,91 mm/th.

Memperhatikan besarnya nilai laju sedimen maka dapat disimpulkan bahwa Metode RUSLE menunjukkan hasil lebih kecil dibandingkan USLE maupun Pengukuran Genangan. Atau dengan kata lain laju sedimen dari hasil Pengukuran Genangan sebesar 1,42 mm/th adalah paling besar dari metode lainnya, yaitu RUSLE sebesar 0.91 mm/th dan USLE sebesar 1,37 mm/th.

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan.

Berdasarkan hasil analisis diperoleh koefisien RUSLE untuk DAS Embung Banyukuwung dengan nilai $a = 0,42$ dan $b = 0,58$.

Hasil analisis tersebut adalah sesuai dengan metode RUSLE yang mempunyai laju sedimentasi Embung Banyukuwung adalah sebesar 0,91 mm/tahun, merupakan perkiraan laju sedimentasi paling kecil jika dibandingkan dengan hasil perkiraan laju sedimentasi metode USLE sebesar 1,37 mm/tahun dan Pengukuran Genangan sebesar 1,42 mm/tahun.

5.2. Saran.

1. Pemakaian metode RUSLE sangat tergantung dengan keadaan lokasi tertentu, apabila digunakan pada lokasi yang berbeda atau jauh jaraknya, perlu diverifikasi/validasi.
2. Diperlukan data yang lebih lengkap baik waktu maupun jumlah pengukuran, semakin banyak jumlah pengukuran akan didapat hasil yang lebih teruji.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim, 1982. Pengukuran, Perencanaan dan Penelitian Erosi/Sedimentasi di Catchment Area Waduk Wonogiri. DPMA, Bandung.
- Aninom, 1995. Laporan Akhir Perencanaan Embung Banyukuwung Rembang, PIJT, Semarang.
- Aninom, 1999. Laporan Akhir Dam & Structures Survey, Bagian Proyek Bimbingan Teknis Keamanan Bendungan, Jakarta.
- Anonim,1986. Konservasi Tanah dan Air, Direktorat Jenderal Pertanian Tanaman Pangan,Direktorat Perluasan Areal Pertanian, Jakarta
- Julien.P.Y, 1995. Erosion and Sedimentation, Cambridge University Press, New York.
- Hardjowigeno S,1987. Ilmu Tanah , Medyatama Sarana Perkasa, Jakarta.
- Hudson, N. 1976. Soil Conservation. Cornell University Press, Ithaca, New York.
- Kartasapoetra,G ,1985. Teknologi Konservasi Tanah dan Air ,Rineka Cipta, Jakarta.
- Lane, L.J. and E.D. Shirley. 1982. Modelling Erosion in Overland Flow. Proceeding of the Workshop on Estimating Erosion and Sediment Yield on Rangeland, USDA Reviews and Manual, ARM.W-26 June.1982.
- Morgan, R.P.C. 1986. Soil Erosion and Conservation. Longman Group Limited, Hongkong.
- Rosadi,BRA.1984. Hubungan antara Erosi dan Karakteristik Sungai dengan Sedimentasi dibagian Hulu Waduk Wonogiri,Tesis S2,UNPAD,Bandung.
- Sarief, E.S. 1985. Konservasi Tanah dan Air. Pustaka Buana, Bandung.
- Seta A. K. 1987. Konservasi Sumber Daya Tanah dan Air, Kalam Mulia, Jakarta.
- Swab, G.O., Frevert, R.K., Edminster, T.W. And Barnes, K.K. 1981. Soil and Water Conservation Engineering. Willey and Sons. New York.
- Sitorus Santun,RP.1985. Evaluasi Sumber Daya Lahan, Tarsito, Bandung.

- Suripin , 2000. Konservasi Tanah dan Air. Magister Teknik Sipil Universitas Diponegoro, Semarang.
- Suripin,1998. The effects of land use alteration and soil conservation measures on sediment yield with reference to reservoirs in tropical areas, Ph.D Dissertation.Leopold-Franzens-Universitat,Innsbruck.
- Susilo Edy, 2001. Kajian Efisiensi Tangkapan Sedimen pada beberapa Waduk di Jawa, Tesis S2, UNDIP, Semarang.
- Sosrodarsono , S. dan K. Takeda. 1977. Hidrologi untuk Pengairan. PT. Dainipon Gitakarya Printing, Jakarta.
- Utomo, W.H. 1983. Pengawetan Tanah. Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya, Malang.
- Utomo, W.H. 1987. Erosi dan Konservasi Tanah. Universitas Brawijaya, Malang.
- Yang C.T. , 1996. Sediment Transport Theory and Practice. Mc Graw – Hill. Singapore.
- Wischmeier, W.H. dan D.D. Smith, 1960. A Universal Soil Loss Estimating Equation to Guide Conservation Farm Planning. Trans. 7th Congress International Soil Sci. I : p. 418 – 425.
- Wudianto Rini,1989. Mencegah Erosi, Penebar Swadaya, Jakarta.