



**KAJIAN LAJU EROSI TANAH ANDOSOL,
LATOSOL DAN GRUMOSOL
UNTUK BERBAGAI TINGKAT KEMIRINGAN
DAN INTENSITAS HUJAN DI KABUPATEN SEMARANG**

TESIS

Disusun Dalam Rangka Memenuhi Salah Satu Persyaratan
Program Magister Teknik Sipil

Oleh

**Lusiyani Sri Damayanti
L4A000021**

**PROGRAM PASCASARJANA
UNIVERSITAS DIPONEGORO
SEMARANG
2005**

**KAJIAN LAJU EROSI TANAH ANDOSOL,
LATOSOL DAN GRUMOSOL
UNTUK BERBAGAI TINGKAT KEMIRINGAN
DAN INTENSITAS HUJAN DI KABUPATEN SEMARANG**

Disusun oleh :

**Lusiyani Sri Damayanti
L4A 000 021**

Dipertahankan didepan Tim Penguji pada tanggal:

8 Maret 2005

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

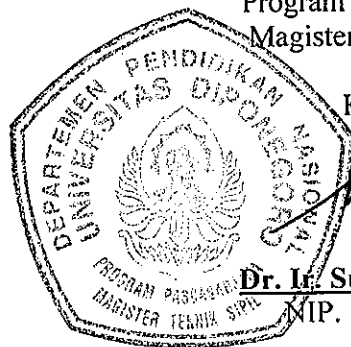
Tim Penguji :

1. Dr.Ir. Suharyanto, MSc
2. Ir. Irawan Wisnu W, MS
3. Dr. Ir. Suripin, M.Eng
4. Ir. Pranoto SA, MT
5. Ir. Sri Sangkawati, MS

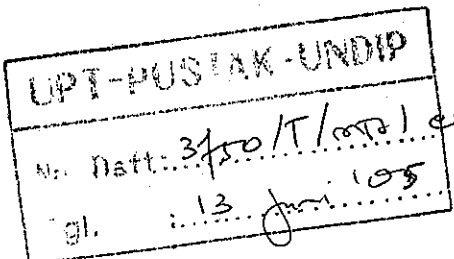
.....
.....
.....
.....
.....

Semarang, 8 Maret 2005
Universitas Diponegoro
Program Pasca Sarjana
Magister Teknik Sipil

Ketua,



Dr. Ir. Suripin, M.Eng
NIP. 131688511



ABSTRAKSI

Penelitian ini dimaksudkan untuk melihat pengaruh berbagai tingkat kemiringan lereng dan intensitas hujan terhadap erosi dari tiga jenis tanah (Andosol, Latosol dan Grumosol) yang mempunyai sifat fisik berbeda. Selain itu untuk memperoleh gambaran dari perlakuan mana yang paling berpengaruh terhadap besarnya erosi tersebut, baik secara terpisah maupun secara berhubungan antara faktor yang satu terhadap lainnya.

Rancangan percobaan yang digunakan 3 x 4 x 4 faktorial dalam rancangan acak lengkap dengan 3 (tiga) kali ulangan, yaitu variasi tanah Andosol, Latosol, dan Grumosol; variasi intensitas hujan 30 mm/jam, 40 mm/jam, 50 mm/jam dan 60 mm/jam; variasi kemiringan lereng 5°, 10°, 15° dan 25°.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa besarnya erosi sangat tergantung pada variasi kemiringan lereng dan intensitas hujan. Pada intensitas hujan 30 mm/jam umumnya memberikan erosi yang rendah, dapat dilihat bahwa kemiringan lereng lebih dominan dibanding intensitas hujan dalam memperbesar laju erosi tanah. Besar intensitas hujan terkecil (30 mm/jam) pada kemiringan lereng tercuram (25°) tingkat kehilangan tanah lebih besar dibandingkan pada intensitas hujan terbesar (60 mm/jam) dengan kemiringan lereng terlandai (5°).

Dari ketiga jenis tanah uji yang paling peka terhadap erosi adalah jenis tanah Latosol. Hal ini dikarenakan nilai kepekaan erosinya paling tinggi dibandingkan dua jenis tanah uji yang lain.

Kata kunci : Intensitas Hujan dan Kemiringan Lereng

ABSTRACT

Land erosion in Kab. Semarang are increasing significantly in the decade. Most of soil in Kab. Semarang comprise of andosol, latosol and grumosol. There are it requires research on " Land Erosion Andosol, Latosol and Grumosol for variation of hill slope and rainfall intensity".

The main objective of this research is to evaluate the effect of hill slope and rainfall intensity on erosion from three types of soil (Andosol, Latosol and Grumosol).

The experimental design used was 3 x 4 x 4 variation and laid out as Completely Randomized Design with three replications, each aplicated to each type of soil andosol, latosol, and grumosol with rainfall intensity use are 30 mm/hour, 40 mm/hour, 50 mm/hour and 60 mm/hour; and variation of hill slope consisting of 5°, 10°, 15°, and 25°.

The result of this research indicate that the level of erosion vary depending on hill slope and rainfall intensity. At 30 mm/hour rainfall intensity erosion occurred very low, increasy the hill slope factor is more dominant compared to rainfall intensity in resulting higher erosion. For intensity of rainfall 30 mm/hour and hill slope 25° gives higher erosion rate intensity of rainfall 60 mm/hour with hill slope 5°.

From three types of soil, most sensitive to erosion Latosol soil, because the index of erodibility of this soil is the highest compared to highest two type soil of other test.

Keyword : Rainfall intensity and land slope

KATA PENGANTAR

Puji syukur senantiasa saya sampaikan kehadiran Allah SWT atas rahmat, taufik dan hidayahnya serta hanya dengan petunjuk-Nya Tesis ini dapat saya selesaikan. Tesis dengan judul “Kajian Laju Erosi Tanah Andosol, Latosol dan Grumosol Untuk Berbagai Tingkat Kemiringan dan Intensitas Hujan di Kabupaten Semarang” disusun sebagai salah satu persyaratan dalam menyelesaikan studi pada Program Magister Teknik Sipil Universitas Diponegoro

Pada kesempatan ini saya sampaikan terimakasih kepada yang terhormat, Bapak Dr. Ir. Suharyanto, Msc dan Bapak Ir. Irawan Wisnu W, MS, selaku dosen pembimbing yang penuh perhatian dan kesabaran sampai Tesis ini selesai. Begitu pula kepada Bapak Dr. Ir. Suripin. M Eng , Bapak Ir. Pranoto SA, MT dan Ibu Sri Sangkawati, MS, selaku pembahas dan penguji yang senantiasa memberikan pengarahan dan masukan – masukan dalam melengkapi isi Tesis ini.

Ucapan terimakasih juga saya sampaikan kepada Pimpro P2KP, Bapak Ir. Ariyanto, Dipl. HE, SE, MT dan Team Leader KMP P2KP Bapak Ir. Kurniawan Zulkarnaen, SE yang telah memberikan ijin dan kesempatan guna menyelesaikan studi pada Program Magister Teknik Sipil Universitas Diponegoro, juga kepada Regional Manager dan seluruh Supporting Staff KMP P2KP Regional Jateng dan DIY yang memberikan dukungan prasarana selama saya menyelesaikan Tesis ini.

Tidak lupa saya ucapkan terimakasih kepada teman seperjuangan Bapak Drs. Martono, MT dan Bapak Drs. Risman, MT yang membantu kelancaran Tesis ini. Kepada segenap pimpinan dan karyawan Laboratorium Mekanika Tanah Universitas 17 Agustus 1945 Semarang dan Laboratorium PAU Universitas Gajah Mada Yogyakarta yang telah banyak membantu kelancaran penelitian selama dilaboratorium. Juga kepada Bapak Kepala Dinas Pertanian dan Kehutanan Pemerintah Daerah Kabupaten Semarang dan staff yang telah banyak memberi referensi yang sangat menunjang penelitian ini.

Terimakasih atas dorongan dan dukungan kepada kedua orang tuaku dan suamiku tercinta yang selama ini telah memberi motivasi dan penuh pengertian selama proses pendidikan. Harapan saya kiranya Allah, SWT berkenan memberikan balasan atas amal dan budi baik yang telah diberikan.

Akhir kata semoga tulisan ini dapat bermanfaat bagi kita semua, Amien ...

Semarang , Maret 2005.

Penyusun

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
ABSTRAKSI.....	iii
ABSTRACT.....	iv
KATA PENGANTAR.....	v
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR TABEL.....	ix
DAFTAR GAMBAR.....	xii
BAB 1 PENDAHULUAN	
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Pokok Permasalahan.....	9
1.3. Tujuan dan Sasaran Penelitian.....	9
1.3.1. Tujuan Penelitian.....	9
1.3.2. Sasaran Penelitian.....	9
1.4. Batasan Masalah.....	9
1.5. Hipotesa.....	10
1.6. Manfaat Penelitian.....	10
1.7. Sistematika Penulisan.....	10
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	
2.1. Erosi dan Kerusakan Tanah.....	13
2.2. Faktor-faktor Yang Mempengaruhi Erosi.....	16
2.2.1. Faktor Erosivitas Hujan (R).....	17
2.2.2. Faktor Erodibilitas Tanah (K).....	21
2.2.3. Faktor Panjang & Kemiringan Lereng.....	25
2.3. Laju Erosi Yang Diperbolehkan.....	29
2.4. Uji Statistik.....	30
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN.....	32
BAB 4 PELAKSANAAN PENELITIAN	
4.1. Kegiatan Lapangan.....	43
4.1.1. Uji Karakteristik Tanah.....	43
4.1.2. Pengambilan Tanah Uji.....	44
4.2. Kegiatan Laboratorium.....	44
4.2.1. Persiapan Bahan dan Alat.....	44
4.2.2. Pengujian dan Pengambilan Data.....	49
4.2.2.1. Pengukuran Berat Isi Tanah.....	49
4.2.2.2. Pengukuran Kadar Air.....	50
4.2.2.3. Pengukuran Berat Jenis Butiran Tanah.....	51
4.2.2.4. Pengukuran Analisa Saringan.....	52

4.2.2.5. Pengukuran Permeabilitas.....	59
4.2.2.6. Pengukuran Intensitas Hujan.....	61
4.2.2.7. Menentukan Distribusi Ukuran Butiran Hujan.....	62
4.2.2.8. Pengukuran Laju Tanah Tererosi.....	65
4.3. Besar Nilai Parameter USLE.....	68
4.3.1. Erosivitas.....	68
4.3.2. Erodibilitas.....	68
4.3.3. Panjang dan Kemiringan Lereng.....	72
BAB 5 ANALISA DAN PEMBAHASAN	
5.1. Besar Intensitas Hujan Terhadap Energi Kinetik.....	73
5.2. Pengaruh Intensitas Hujan dan kemiringan Lereng Terhadap Laju Kehilangan Tanah.....	73
5.3. Pengaruh Intensitas Hujan Terhadap Laju Erosi.....	75
5.4. Pengaruh Kemiringan Lereng Terhadap Laju Erosi.....	76
5.5. Laju Erosi Tanah Andosol, Latosol dan Grumosol.....	80
BAB 6 KESIMPULAN DAN SARAN	
6.1. Kesimpulan.....	83
6.2. Saran.....	84
DAFTAR PUSTAKA	xiii
LAMPIRAN	

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 1-1 : Hasil Evaluasi Tata Air DAS pada SPAS Sub DAS Garang Hulu Tahun 1995-2000.....	2
Tabel 1-2 : Perhitungan Volume Waduk Rawapening	6
Tabel 1-3 : Padanan Nama Tanah Menurut Berbagai Sistem Klasifikasi.....	8
Tabel 1-4 : Karakteristik Tanah di Lokasi Penelitian.....	8
Tabel 2-1 : Kode Struktur Tanah (b) Untuk Menghitung Nilai K.....	23
Tabel 2-2 : Kode Permeabilitas Tanah (c) Untuk Menghitung Nilai K.....	23
Tabel 2-3 : Nilai M Untuk Beberapa Tekstur Tanah.....	24
Tabel 2-4 : Faktor Koreksi a Untuk $m = 0,5$	27
Tabel 2-5 : Batas Maksimum Laju Erosi Yang Dapat Diterima Untuk Berbagai Macam Kondisi Tanah.....	30
Tabel 4-1 : Hasil Pengukuran Berat Isi Tanah (γ_b).....	49
Tabel 4-2 : Hasil Pengukuran Kadar Air (K_a).....	50
Tabel 4-3 : Hasil Pengukuran Berat Jenis Butiran Tanah.....	51
Tabel 4-4 : Hasil Analisa Saringan Tanah Latosol.....	52
Tabel 4-5 : Hasil Analisa Saringan Tanah Grumosol.....	53
Tabel 4-6 : Hasil Analisa Saringan Tanah Andosol.....	53
Tabel 4-7 : Hasil Pengukuran Hidrometer Tanah Latosol.....	54
Tabel 4-8 : Hasil Pengukuran Hidrometer Tanah Grumosol.....	55
Tabel 4-9 : Hasil Pengukuran Hidrometer Tanah Andosol.....	55
Tabel 4-10 : Koefisien Permeabilitas (k) Tanah Latosol.....	60

Tabel 4-11	: Koefisien Permeabilitas (k) Tanah Grumosol.....	60
Tabel 4-12	: Koefisien Permeabilitas (k) Tanah Andosol.....	61
Tabel 4-13	: Hasil Pengukuran Intensitas Curah Hujan (I).....	62
Tabel 4-14	: Hasil Pengukuran Jumlah Butiran Hujan.....	63
Tabel 4-15	: Energi Kinetik Untuk I_{30}	63
Tabel 4-16	: Energi Kinetik Untuk I_{40}	64
Tabel 4-17	: Energi Kinetik Untuk I_{50}	64
Tabel 4-18	: Energi Kinetik Untuk I_{60}	64
Tabel 4-19	: Hasil Pengukuran Laju Tanah Tererosi.....	67
Tabel 4-20	: Hasil Perhitungan Erosivitas (R).....	68
Tabel 4-21	: Data Erodibilitas (K).....	68
Tabel 4-22	: Faktor Panjang Kemiringan Lereng.....	72
Tabel 5-1	: Hasil Pengukuran Energi Kinetik (E_k).....	73
Tabel 5-2	: Laju Kehilangan Tanah.....	73
Tabel 5-3	: Pengaruh Intensitas Hujan Terhadap Laju Erosi Pada Tanah Latosol.....	76
Tabel 5-4	: Pengaruh Intensitas Hujan Terhadap Laju Erosi Pada Tanah Andosol.....	76
Tabel 5-5	: Pengaruh Intensitas Hujan Terhadap Laju Erosi Pada Tanah Grumosol.....	76
Tabel 5-6	: Pengaruh Kemiringan Lereng (L_s) Terhadap Laju Erosi Pada Tanah Latosol.....	77
Tabel 5-7	: Pengaruh Kemiringan Lereng (L_s) Terhadap Laju Erosi Pada Tanah Andosol.....	78
Tabel 5-8	: Pengaruh Kemiringan Lereng (L_s) Terhadap Laju Erosi Pada Tanah Grumosol.....	79
Tabel 5-9	: Analisa Laju Erosi Tanah Latosol di Gunungpati.....	80

Tabel 5-10 : Analisa Laju Erosi Tanah Andosol di Getasan.....	80
Tabel 5-11 : Analisa Laju Erosi Tanah Grumosol di Sruwen.....	80
Tabel 5-12 : Perbandingan Laju Erosi Tanah Latosol di Gunungpati.....	81
Tabel 5-13 : Perbandingan Laju Erosi Tanah Andosol di Getasan.....	81
Tabel 5-14 : Perbandingan Laju Erosi Tanah Grumosol di Sruwen.....	81
Tabel 5-15 : Perbandingan Antara Uji Laboratorium Terhadap Perhitungan USLE.....	82

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1-1 : Pembagian DAS Garang dan sekitarnya.....	3
Gambar 1-2 : Potensi Sedimentasi di Sub DAS Rawapening.....	7
Gambar 1-3 : Jenis Tanah di Kabupaten Semarang.....	12
Gambar 2-1 : Nomograf Erodibilitas Tanah.....	24
Gambar 2-2 : Faktor Panjang Dan Kemiringan Lereng.....	25
Gambar 3-1 : Diagram Alir Pelaksanaan Penelitian.....	34
Gambar 3-2 : Skenario Pengukuran Intensitas Hujan.....	36
Gambar 3-3 : Skenario Menentukan Distribusi Ukuran Butiran Hujan	37
Gambar 3-4 : Grafik Hubungan antara garis tengah tetesan dan Kecepatan jatuh butir pada berbagai ketinggian jatuhnya	38
Gambar 3-5 : Skenario Kegiatan Lapangan.....	41
Gambar 3-6 : Skenario Pengukuran Jumlah Tanah Tererosi.....	42
Gambar 4-1 : Rainfall Simulator.....	47
Gambar 4-2 : Meja Pengetesan.....	47
Gambar 4-3 : Kontrol Panel.....	48
Gambar 4-4 : Spray Head.....	48
Gambar 4-5 : Grafik Analisa Saringan Tanah Latosol.....	56
Gambar 4-6 : Grafik Analisa Saringan Tanah Grumosol.....	57
Gambar 4-7 : Grafik Analisa Saringan Tanah Andosol.....	58
Gambar 4-8 : Grafik Hubungan Erosi dengan Waktu Pada Tanah Latosol untuk $I=30$ mm/jam dan kemiringan 5°	66
Gambar 4-9 : Nomograf Erodibilitas Tanah Latosol (Gunungpati)...	69
Gambar 4-10: Nomograf Erodibilitas Tanah Andosol (Getasan).....	70

Gambar 4-11: Nomograf Erodibilitas Tanah Grumosol (Sruwen).....	71
Gambar 4-12: Grafik Nomograf faktor Panjang-Kemiringan Lereng	72
Gambar 5-1 : Grafik Pengaruh Intensitas Hujan dan Kemiringan Lereng Terhadap Laju Kehilangan Tanah di Gunungpati.....	74
Gambar 5-2 : Grafik Pengaruh Intensitas Hujan dan Kemiringan Lereng Terhadap Laju Kehilangan Tanah di Getasan.....	74
Gambar 5-3 : Grafik Pengaruh Intensitas Hujan dan Kemiringan Lereng Terhadap Laju Kehilangan Tanah di Sruwen.....	75
Gambar 5-4 : Grafik Pengaruh Intensitas Hujan Terhadap Laju Erosi	75
Gambar 5-5 : Grafik Pengaruh Kemiringan Lereng Terhadap Laju Erosi di Gunungpati.....	77
Gambar 5-6 : Grafik Pengaruh Kemiringan Lereng Terhadap Laju Erosi di Getasan.....	78
Gambar 5-7 : Grafik Pengaruh Kemiringan Lereng Terhadap Laju Erosi di Sruwen.....	79

BAB 1 PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Diberbagai media lokal akhir-akhir ini, banyak diberitakan tentang banjir sungai Banjir Kanal Barat (sub DAS Garang Hilir) maupun sungai Banjir Kanal Timur (Das Kanal Timur Hilir) yang disebabkan oleh pendangkalan yang terjadi di sungai banjir kanal tersebut. Banjir bandang yang pernah menerjang kawasan Sampangan dan Simongan, disebabkan karena didaerah DAS Garang hulu terjadi hujan 3 (tiga) hari berturut-turut dengan intensitas hujan yang cukup tinggi, sehingga kebanyakan orang menyebutnya dengan banjir kiriman. Hal ini karena berubahnya fungsi zona resapan di hulu sungai Garang menjadi pemukiman.

Bentuk permukaan wilayah sub DAS Garang Hulu bervariasi dari datar, bergelombang, berbukit sampai bergunung dengan titik tertinggi mencapai 900m dari permukaan air laut, berada dipuncak Gunung Ungaran. Sub DAS Garang Hulu yang memiliki kemiringan lahan cukup terjal (25%– 45%) ini menyebabkan terjadinya limpasan yang cukup tinggi, kondisi ini potensial sebagai penyebab tingginya erosi.

Berdasarkan hasil penelitian Pusat Penelitian Tanah Bogor, jenis tanah hulu sub DAS Garang adalah Latosol yang mempunyai sifat kemantapan agregat tinggi, struktur remah sampai gumpal, tekstur lempung sampai geluh dengan kadar SiO₂ fraksi lempung rendah. Jenis tanah ini banyak dimanfaatkan untuk usaha pembuatan batu bata merah dan bahan galian berupa pasir dan batu.

Penambangan di daerah hulu dan tengah sub DAS Garang yang tidak dikelola secara benar dan tidak disertai upaya pemulihan daerah bekas penambangan ini menimbulkan peningkatan erosi lahan dan sedimentasi pada sungai-sungai di Sub DAS Garang.

Selain itu berubahnya tata guna lahan yang seharusnya sebagai zona penyangga menjadi pemukiman juga sebagai salah satu penyebab tingginya erosi di hulu sub DAS Garang. Seperti daerah Gunungpati dan Mijen telah berubah fungsi dari kawasan resapan hujan berkembang menjadi daerah perumahan dan

industri. Pesatnya pembangunan pemukiman dikawasan penyangga dan maraknya penanaman tanaman semusim dikawasan pelindung menimbulkan dampak meluasnya lapisan yang relatif lebih kedap air, memperbesar aliran permukaan, dan menurunkan infiltrasi air hujan.

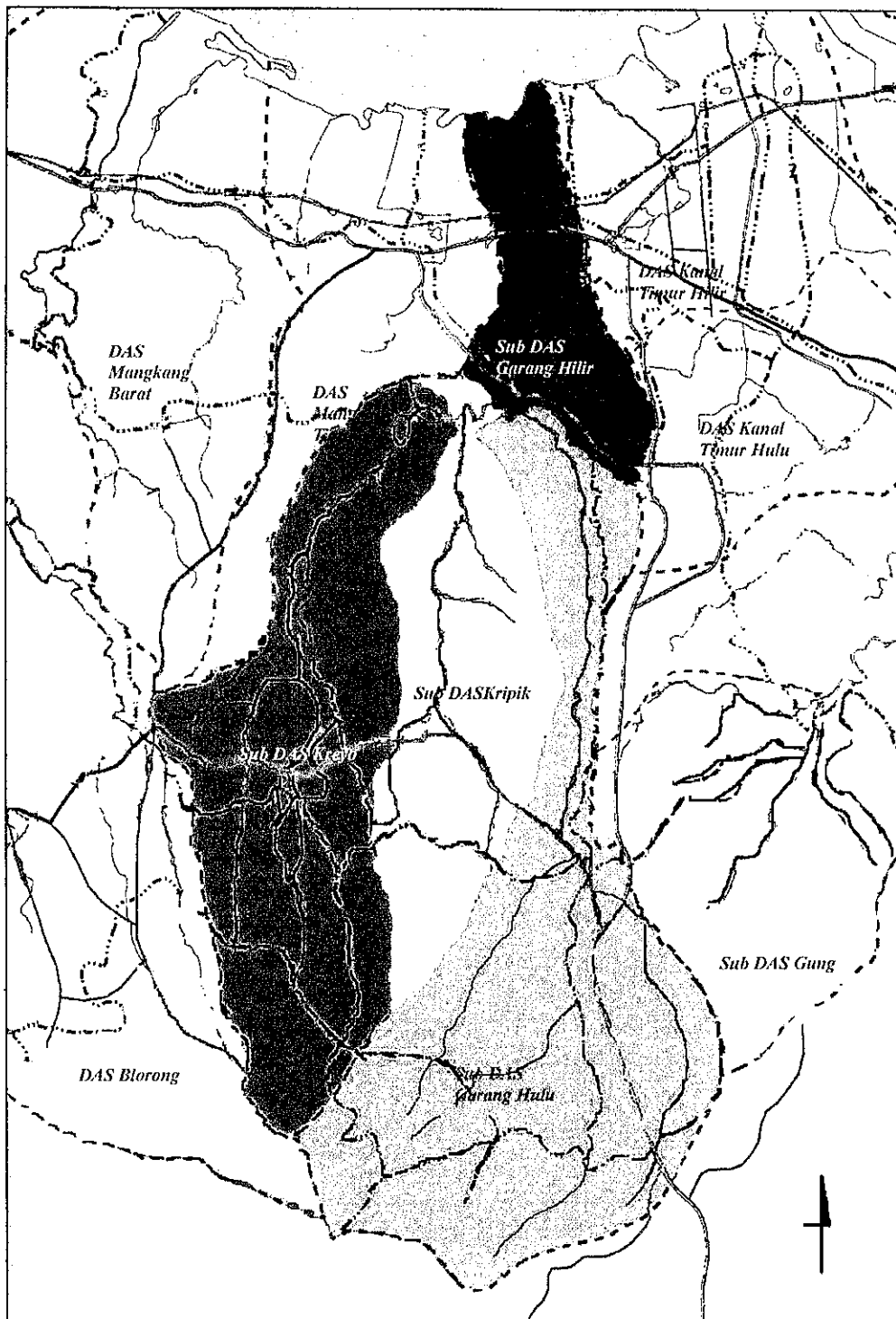
Karakteristik dan morfometri sub DAS Garang Hulu mempengaruhi kemampuan sub DAS Garang dalam mengelola air hujan yang jatuh menjadi air yang meresap ketanah (infiltrasi), mengisi cekungan-cekungan lahan ataupun menjadi air aliran permukaan (run off). Hujan sebagai input akan diproses oleh tanah menjadi debit aliran sungai yang mengandung butiran partikel tanah halus yang terbawa oleh air.

Untuk memantau tata air wilayah sub DAS Garang digunakan Stasiun Pengamat Arus Sungai (SPAS) di Ungaran dengan catchment area 1754,26 Ha. Sehingga diperoleh data pengamatan run-off pertahun, seperti pada Tabel 1-1.

Tabel 1-1. Hasil Evaluasi Tata Air DAS pada SPAS Sub DAS Garang Hulu Tahun 1995-2000

No.	Parameter	1995	1996	1997	1998	1999	2000
A.	Hujan						
	1. Jumlah/tahun (mm)	1788	1877	1266	2425	1794	3518
	2. Jumlah hari hujan	127	147	71	141	124	203
	3. Hujan harian maks (mm)	71	52	96	133	84	45
	4. Bulan basah	7	7	5	10	6	6
	5. Bulan kering	2	3	3	0	1	1
	6. Intensitas (mm/hr)	14,079	12,769	17,831	17,199	14,468	17,330
B.	Tinggi Muka Air						
	1. Tertinggi (m)	1,7	1,95	1,85	2,75	2,3	2,7
	2. Terendah (m)	0,19	0,19	0,19	0,4	0,42	0,35
	3. Rata-rata (m)	0,945	1,07	1,02	1,575	1,36	1,525
C.	Debit Sungai (Q)						
	1. Q Maks (m ³ /dt)	13,27	12,5	18,91	73,1	13,01	13,8
	2. Q Min (m ³ /dt)	0,63	0,58	0,24	7,02	1,68	0,24
	3. Nilai KRS	21	22	78	36	18	33
	4. Rata-rata Q (m ³ /dt)	0,712	0,837	0,612	0,838	0,996	0,965
	5. Tebal limpasan / hasil air (mm)	1,066	1,156	1	1,439	1,038	1,74
	6. Koefisien limpasan	0,896	0,616	0,863	0,594	0,579	0,495
D.	Sedimentasi dan Debit Suspensi						
	1. Total sedimen (ton/th)	26173	24349	32396	12196	57905	30262
	2. Tingkat erosi (ton/ha/th)	14,92	13,88	14,76	69,521	21,611	14,9

Sumber : Laporan Monitoring dan Evaluasi Tata Air Sub DAS Garang 2000, Dep. Kehutanan Dirjen. Rehabilitasi Lahan Dan Perhutanan Sosial, Balai Rehabilitasi Lahan Dan Konservasi Tanah Pemali Jratun.



Sumber: Rencana Kegiatan RHL DAS Garang Th. 2003-2007, Dep. Kehutanan Dirjen. Rehabilitasi Lahan Dan Perhutanan Sosial, Balai Pengelolaan DAS Pemali Jatun.

Gambar 1-1. Pembagian DAS Garang dan sekitarnya

Selain sedimentasi di hilir sub DAS Garang, Waduk Rawapening juga mengalami hal yang sama. Sedimentasi di Rawapening ini disebabkan adanya degradasi 9 (sembilan) sungai yang bermuara di Rawapening yang disertai terjadinya erosi didaerah hulu, diantaranya sub DAS Parat dan sub DAS Sraten. Sub DAS Parat berhulu dikaki G. Merbabu dan G. Gajahmungkur (Kec. Getasan dan Kec. Tuntang). Sedangkan sub DAS Sraten yang berhulu didaerah Salatiga (Kec. Sidomukti dan Kec. Tenganan). Daerah yang potensial terjadi sedimentasi dimuara Rawapening, dapat dilihat pada Gambar 1-2.

Hulu sub DAS Parat berada dipunggug G. Merbabu dan G. Gajahmungkur berjenis tanah Andosol yang sangat gembur, struktur remah (granuler). Permeabilitas sangat tinggi karena mengandung banyak makropori, fraksi lempung sebagian besar alofan dengan berat jenis kurang dari 0,85 dan kandungan bahan organik umumnya tinggi, yaitu antara 8% - 30%. Berdasarkan kondisi topografinya memiliki variasi kelerengan 0% - 45%, dimana kelerengan 8% - 25% terdapat di kaki gunung Merbabu dan kelerengan terjal hingga 45% terdapat di Gunung Gajahmungkur. Kondisi sosial ekonomi penduduk berpengaruh pada pengelolaan lahan DAS, pertanian tanaman semusim (sayuran dan bunga) pada kelerengan tajam (>25 %) tanpa disertai dengan teknik-teknik pengawetan (konservasi) tanah yang memadai mendukung besarnya erosi. Selain itu daerah Kopeng yang tujuan wisata banyak dibangun tempat peristirahatan, sehingga mengurangi peresapan air dan memperbesar terjadinya lahan hidrologis kritis.

Sedangkan hulu sub DAS Sraten berada di lereng Gunung Selo dan Pogangan yang memiliki jenis tanah Grumusol Kelabu dimana struktur lapisan atas granuler dan lapisan bawah gumpal (pejal), jenis lempung yang terbanyak montmorillonit sehingga tanah mempunyai daya adsorpsi tinggi, menyebabkan gerakan air dan keadaan aerasi buruk, serta sangat peka terhadap erosi.

Sedimen terlarut yang terangkut air sebagai akibat dari erosi menumpuk dimuara sungai dan sedimen yang sangat halus sampai ke dalam waduk, sebagian ditangkap oleh akar-akar tumbuhan air dan sampah daun-daunan sehingga menimbulkan pulau terapung, sebagian lagi sampai di Kanal Tuntang yang mengakibatkan pendangkalan. Sedimen yang terhenti dimuara sungai selain

mengakibatkan kapasitas waduk berkurang, juga mempersempit penampang basah muara sungai.

Dari proses analisis perhitungan Tabel 1-2 yang dilakukan oleh Proyek Perencanaan Tata Lingkungan DAS Rawapening sejak tahun 1976, diketahui luas genangan maksimal 2.770 Ha, laju sedimentasi tahun 1976 sebesar 277,20 ton/th dan tahun 1986 sebesar 778.93 ton/th dengan asumsi penyebab sedimentasi tidak diperhitungkan dan pengaruh pengambilan bahan sedimen dari waduk tidak diperhatikan, maka bila tidak dilakukan penanganan secara intensif di daerah hulu dan penanganan sedimentasi pada waduk Rawapening, diperkirakan pada tahun 2021 lumpur sedimentasi akan menutup volume waduk Rawapening.

Tingkat erosi di Kabupaten Semarang, dalam hal ini yang mempengaruhi tingginya sedimentasi di hilir sub DAS Garang dan diwaduk Rawapening (DAS Rawapening) tidak lain dikarenakan eksploitasi sumber daya alam yang tidak disertai dengan konservasi. Tanah Latosol yang kaya dengan bahan galian dan tanah Andosol yang gembur / subur sebagai lahan pertanian, dieksploitasi tanpa memperhatikan aspek kelestarian lahan dan kaidah konservasi tanah. Sehingga lahan berproduksi diluar batas kemampuannya dan menjadi penyebab tingginya tingkat erosi di beberapa wilayah DAS bagian hulu.

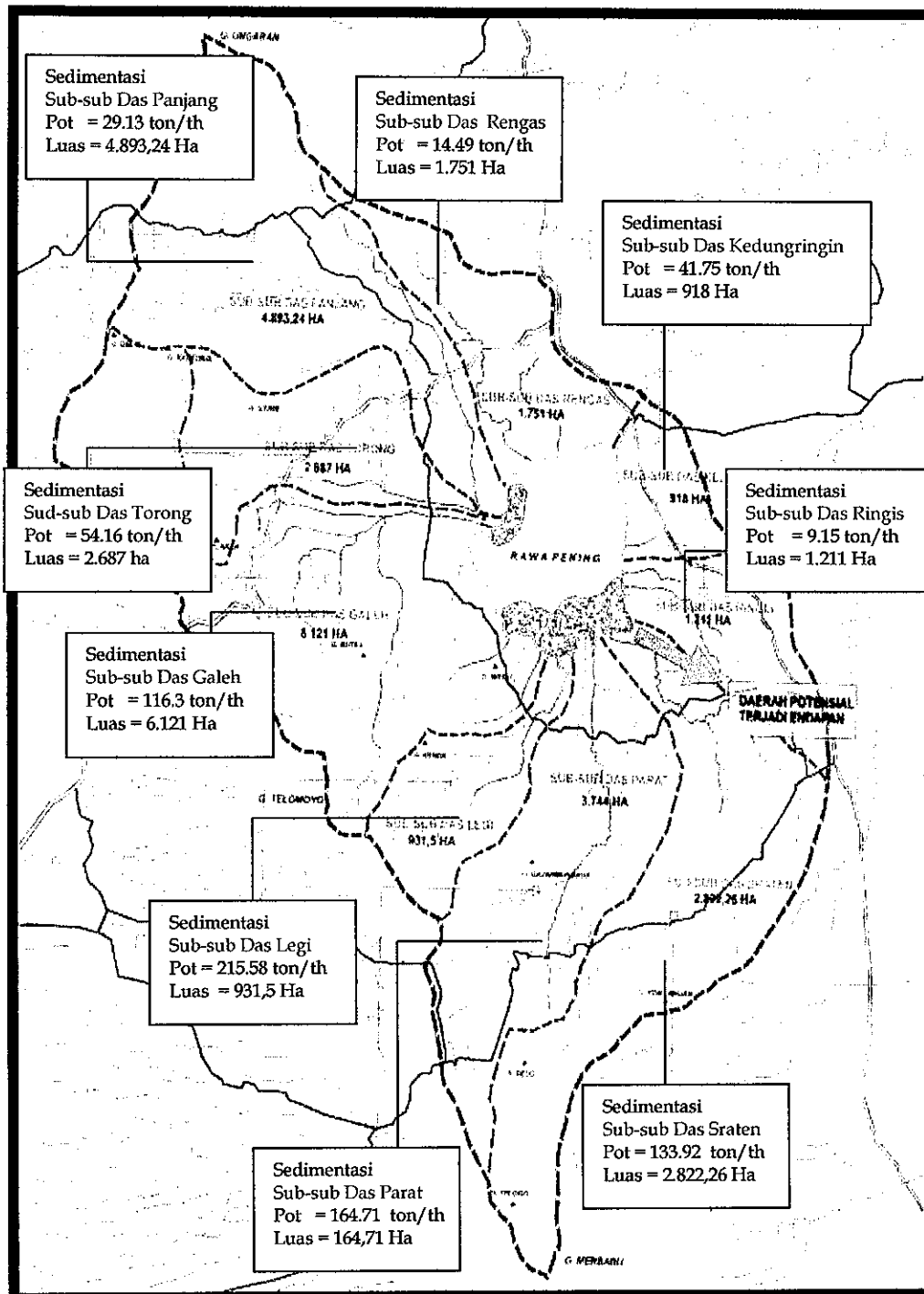
Dalam melestarikan lingkungan di beberapa wilayah DAS bagian hulu, dititik beratkan pada upaya penanggulangan erosi. Sedangkan untuk mengetahui cara yang paling efektif dalam menanggulangi erosi, perlu diadakan penelitian terhadap erosi tersebut.

Penelitian erosi dapat dilakukan di laboratorium dengan menggunakan suatu alat khusus yang dinamakan pembuat hujan tiruan (rainfall simulator). Alat rainfall simulator mempunyai beberapa kegunaan, diantaranya dapat digunakan untuk melihat pengaruh berbagai intensitas dan lamanya hujan, pengaruh bermacam-macam kemiringan lereng, dan untuk mempelajari hubungan sifat-sifat tanah dengan kepekaan erosi, selain dapat menghasilkan hujan tiruan.

Tabel 1-2. Perhitungan Volume Waduk Rawapening

Tahun	Potensi Sedimentasi (ton)	Tinggi Endapan (m)	Volume Air (m ³)	Kedalaman Air Rata ² (m)
1976	227,200	0,010	65.000.000	2,350
1977	327,370	0,022	64.395.427	2,320
1978	377,550	0,035	64.017.880	2,310
1979	427,720	0,051	63.590.161	2,300
1980	477,890	0,068	63.112.268	2,280
1981	528,070	0,087	62.584.202	2,260
1982	578,240	0,108	62.005.963	2,240
1983	628,410	0,013	61.377.550	2,220
1984	678,590	0,016	60.698.964	2,190
1985	728,760	0,018	59.970.206	2,160
1986	778,930	0,210	59.191.273	2,140
1987	829,110	0,240	58.362.168	2,110
1988	879,280	0,271	57.482.890	2,080
1989	929,450	0,305	56.553.438	2,040
1990	979,620	0,340	55.573.813	2,010
1991	1029,800	0,377	54.544.015	1,970
1992	1079,970	0,416	53.464.043	1,930
1993	1130,140	0,457	52.333.899	1,890
1994	1180,660	0,050	51.153.581	1,850
1995	1230,490	0,544	49.923.090	1,800
1996	1280,660	0,591	48.642.426	1,760
1997	1330,840	0,639	47.311.588	1,710
1998	1381,010	0,688	45.930.578	1,660
1999	1431,180	0,740	44.499.394	1,610
2000	1431,360	0,794	43.018.037	1,550
2001	1531,530	0,849	41.486.506	1,500
2002	1581,700	0,906	39.904.803	1,440
2003	1631,880	0,965	38.272.926	1,380
2004	1682,050	1,026	36.590.876	1,320
2005	1732,220	1,088	34.858.653	1,260
2006	1782,400	1,152	33.076.257	1,190
2007	1832,570	1,219	31.243.687	1,130
2008	1882,740	1,287	29.360.945	1,060
2009	1932,920	1,356	27.428.029	0,990
2010	1983,090	1,428	25.444.940	0,920
2011	2033,260	1,501	23.411.677	0,850
2012	2033,440	1,577	21.328.242	0,770
2013	2133,610	1,654	19.194.633	0,690
2014	2133,780	1,732	17.010.851	0,610
2015	2233,960	1,813	14.776.896	0,530
2016	2284,130	1,896	12.492.767	0,450
2017	2234,300	1,980	10.158.465	0,370
2018	2384,470	2,066	7.773.991	0,280
2019	2434,650	2,154	5.339.343	0,190
2020	2434,820	2,244	2.854.521	0,100
2021	2534,990	2,335	319.527	0,010

Sumber : Laporan Akhir Proyek Perencanaan Tata Lingkungan DAS Rawapening, Pemerintah Daerah Kabupaten Semarang bekerjasama dengan PT. Commarindo Mahameru Semarang



Sumber : Laporan Akhir Proyek Perencanaan Tata Lingkungan DAS Rawapening, Pemerintah Daerah Kabupaten Semarang bekerjasama dengan PT. Commarindo Mahameru Semarang

Gambar 1-2. Potensi Sedimentasi di Sub DAS Rawapening

Ada berbagai macam sistem klasifikasi alami tanah yang berdasarkan atas sifat tanah yang dimilikinya tanpa menghubungkan dengan tujuan penggunaan tanah tersebut. Klasifikasi ini memberikan gambaran dasar sifat fisik, kimia, dan mineralogi tiap-tiap kelas tanah yang dapat digunakan sebagai dasar pengolahan untuk berbagai penggunaan tanah (Suripin, 2001).

Di Indonesia saat ini dikenal ada 3 (tiga) sistem klasifikasi tanah yang dipakai, yaitu sistem PPTB (Pusat Penelitian Tanah Bogor), FAO/UNESCO, dan SCS-USDA (The Soil Conservation Services of the United States Department of Agriculture)

Tabel 1-3. Padanan Nama Tanah Menurut berbagai Sistem Klasifikasi

No	Sistem Duda- Soepraptohardjo 1961	Modifikasi PPTB 1982	FAO/UNESCO 1974	USDA 1975
1.	Latosol	Kambisol Latosol Lateritik	Canbisol Nitosol Ferralsol	Inceptisol Ultisol Oxisol
2.	Andosol / Brown Podsolik	Andosol	Andosol	Inceptisol
3.	Grumosol	Grumosol	Vertisol	Vertisol

Sumber : Sarwono Hardjowigoeno (2003)

Tabel 1-4. Karakteristik Tanah di Lokasi Penelitian

PARAMETER	LATOSOL	ANDOSOL	GRUMOSOL
a. Warna tanah	- Warna tanah seragam dengan batas horison baur, bisa berwarna merah, coklat kemerahan, coklat, coklat kekuningan, tergantung dari bahan induk.	- Warna tanah hitam, coklat tua (epipedum molik atau umbrik) mempunyai horison komplek	- Warna tanah kelabu tua samapai hitam, lapisan bawah abu-abu kebiruan atau keunguan tergantung dari keadaan draenasedan bahan induk.
b. Bahan Induk	- Terdapat pada bahan induk vulkan berupa Tufa maupun batuan beku	- Ditemukan pada bahan vulkanik yang tak padu (unconsolidated)	- Kandungan bahan organik rendah
c. Bahan Organik	- Kandungan bahan organik rendah - Unsur hara rendah	- Kandungan bahan organik tinggi	
d. Struktur Tanah	- Struktur remah - Kandungan mineral primer (mudah lapuk) - Konsistensi gembur - Solum dalam lebih dari 150 cm - Stabilitas agregat tinggi	- Struktur remah - Banyak mengandung bahan amorf lebih dari 60% terdiri dari abu vulkan, vintrik, cinderis, atau bahan phyroklastik lain. - Tekstur sedang, porous	- Struktur tanah bila kering retak-retak dan keras karena mengkerut, kalau basah lengket karena mengembang - Tekstur tanah liat, kadar liat lebih dari 30%
e. PH Tanah	- PH 4.5 – 5.5	- PH 4.5 – 6.0	- Reaksi tanah netral sampai alkalis kadang konkreasi kapur, kadang masam.
f. Didapati pd Lokasi	- Diketinggian +0m s/d +900m - Tropika basah, curah hujan 2500-7000 mm/th	- Diketinggian +1500m s/d +3000m - Curah hujan tinggi	- Diketinggian +0m s/d +200m - Tropika basah atau sub tropika, Curah hujan 800-2000 mm/ th

Sumber : Sarwono Hardjowigoeno (2003)

1.2. Pokok Permasalahan

Penelitian ini dimaksudkan untuk melihat pengaruh berbagai tingkat kemiringan lereng dan intensitas hujan terhadap erosi dari tiga jenis tanah (Andosol, Latosol dan Grumosol) yang mempunyai sifat fisik berbeda.

Selain itu untuk memperoleh gambaran dari perlakuan mana yang paling berpengaruh terhadap besarnya erosi tersebut, baik secara terpisah maupun secara berhubungan antara faktor yang satu terhadap lainnya.

1.3. Tujuan dan Sasaran Penelitian

1.3.1. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah guna mengetahui laju kehilangan tanah pada ketiga jenis tanah (Latosol, Andosol dan Grumosol) dengan berbagai tingkat kemiringan dan intensitas hujan.

1.3.2. Sasaran Penelitian

Sasaran penelitian ini adalah :

- a. Mengukur kehilangan tanah dari berbagai kemiringan tanah
- b. Mengukur kehilangan tanah dari berbagai intensitas hujan
- c. Mencari hubungan antara kehilangan tanah dengan kemiringan tanah
- d. Mencari hubungan antara kehilangan tanah dengan intensitas hujan

1.4. Batasan Masalah

Obyek penelitian ini adalah tanah pertanian di daerah kabupaten Semarang, yaitu tanah Andosol di Kecamatan Getasan, tanah Latosol di Kecamatan Ungaran dan tanah Grumosol di Kecamatan Tengaran.

Menggunakan variasi intensitas hujan 30; 40; 50; 60 mm/jam, variasi kemiringan tanah 5°; 10°; 15°; 25°, variasi diameter intensitas hujan 1; 2; 3; 4; 5; 6mm.

Uji karakteristik yang dilakukan dilaboratorium guna menyamakan kondisi dilapangan adalah kadar air tanah. Dalam hal ini permeabilitas tanah dan kadar organik tanah tidak disesuaikan.

1.5. Hipotesa

Secara teoritis besarnya laju kehilangan tanah bervariasi terhadap kemiringan lereng, panjang lereng, dan intensitas hujan. Semakin besar kemiringan lereng, panjang lereng, dan intensitas hujan maka semakin besar erosi yang terjadi. Demikian pula sebaliknya.

1.6. Manfaat Penelitian

Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan sumbangan sebagai bahan pertimbangan dalam melakukan perencanaan penanggulangan erosi di wilayah rawan erosi Kabupaten Semarang (wilayah hulu sub DAS Garang dan sub DAS Rawapening).

1.7. Sistematika Penulisan

Secara singkat sistematika penulisan dalam pembuatan laporan diuraikan sebagai berikut :

a. Bab 1. Pendahuluan

Berisi tentang latar belakang, pokok permasalahan, tujuan dan sasaran penelitian, batasan masalah, hipotesa, manfaat penelitian dan sistematika penulisan.

b. Bab 2. Tinjauan Pustaka

Berisi tentang teori yang mendasari dan mendukung kepentingan penelitian, meliputi : erosi dan kerusakan tanah, faktor-faktor yang mempengaruhi erosi (peranan faktor iklim, peranan faktor tanah, peranan faktor topografi) dan laju erosi yang diperbolehkan serta uji statistik.

c. Bab 3. Metodologi Penelitian

Berisi tentang prosedur dan cara pengukuran setiap kegiatan yang dilakukan, serta bagan alur pelaksanaan penelitian. Dalam metodologi penelitian ini dijelaskan tatacara yang dilakukan selama pelaksanaan, mulai dari pengambilan sampel, pengujian kadar air, berat isi tanah basah, analisa butiran tanah, permeabilitas tanah, butiran hujan, uji coba untuk mendapatkan intensitas yang ditentukan, dan pengukuran laju kehilangan tanah.

d. Bab 4. Pelaksanaan Penelitian

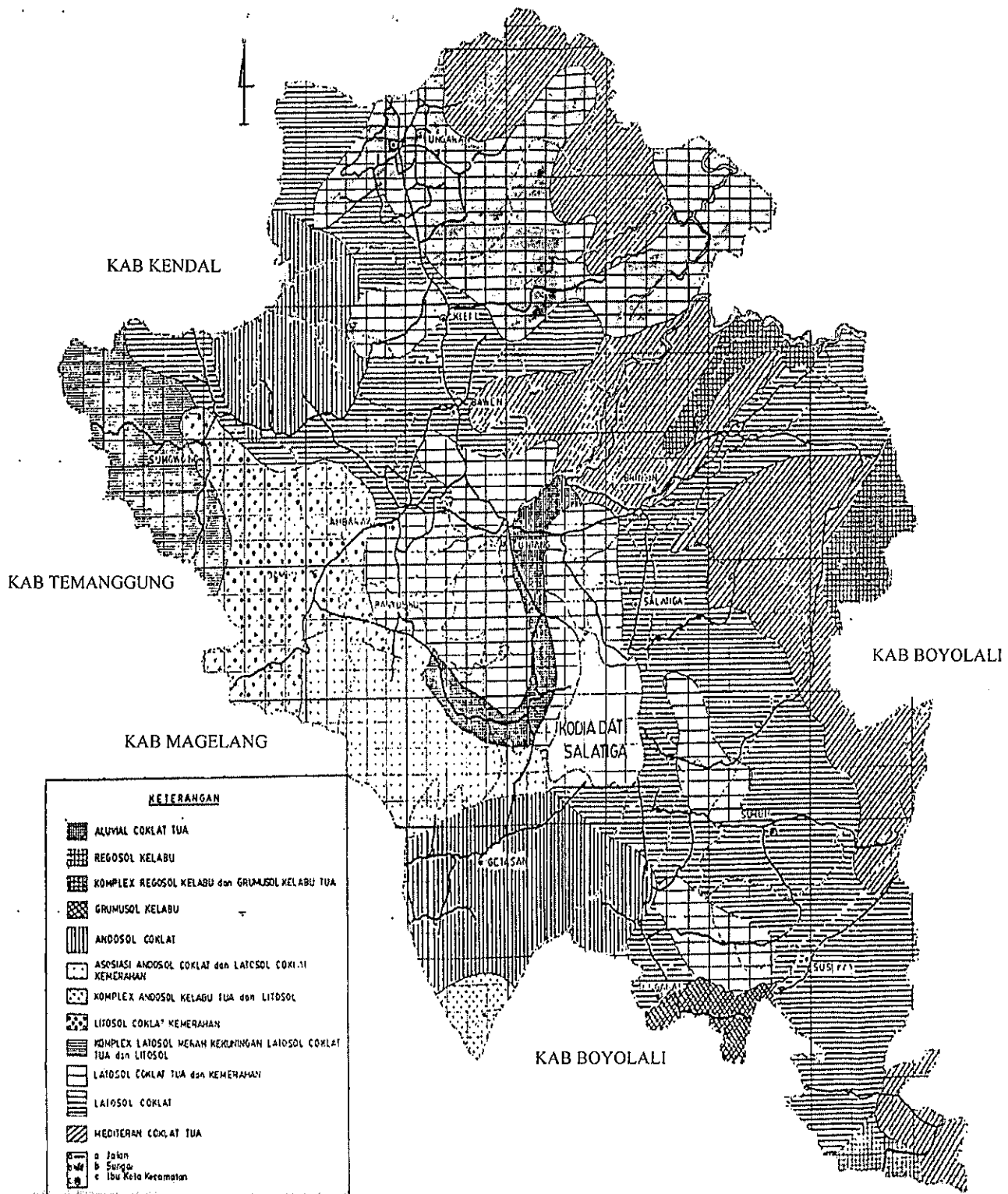
Berisi tentang kebutuhan alat dan bahan yang dipergunakan, kegiatan lapangan, kegiatan laboratorium, analisa perhitungan, hasil terukur dan pengukuran hasil erosi tanah

e. Bab 5. Analisa Hasil dan Pembahasan

Berisi tentang analisa-analisa hasil pengujian yang telah dilakukan dan pembahasannya, meliputi : pengujian kadar air, berat isi tanah basah, permeabilitas tanah, intensitas hujan, erosivitas hujan, erodibilitas hujan dan hasil erosi yang diperoleh hubungannya dengan intensitas hujan dan kemiringan lereng (ditampilkan dalam tabel dan grafik).

f. Bab 6. Kesimpulan dan Saran

Berisi tentang kesimpulan dari hasil penelitian dan saran-saran yang perlu diberikan untuk kesempurnaan penelitian dan bila akan dilakukan penelitian lanjutan.



Gambar 1-3. Jenis Tanah di Kabupaten Semarang

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Erosi dan Kerusakan Tanah

Di daerah beriklim basah seperti di Indonesia kerusakan lahan terutama disebabkan oleh hanyutnya tanah terbawa air atau yang disebut dengan erosi. Erosi adalah peristiwa pindahnya atau terangkatnya tanah atau bagian – bagian tanah dari suatu tempat ketempat lain oleh media alami. Di daerah tropika basah seperti di Indonesia, media alami sebagai penyebab utama erosi adalah air hujan.

Erosi tanah merupakan gabungan dari dua proses, yaitu tahap pelepasan butiran tanah dari agregatnya yang kemudian disusul oleh tahap pengangkutan butir tanah yang telah lepas tersebut untuk diendapkan ditempat lain. Pelepasan butiran tanah terjadi terutama oleh tetesan hujan, proses ini merupakan proses yang menentukan terjadinya erosi.

Bila tanah terbuka tertimpa hujan, maka akan terjadi percikan yang menjadikan sebagian permukaan tanah menjadi lumpur. Sebagian lumpur ini terbawa oleh aliran permukaan sebagai erosi, sebagian lagi ikut meresap kedalam tanah. Butiran yang terbawa meresap kedalam tanah akan menyumbat pori tanah sehingga laju infiltrasi makin lama makin lambat yang berakibat semakin membesarnya aliran permukaan.

Besar dan kecepatan aliran permukaan tergantung pada sifat hujan, kemiringan lereng, dan kapasitas infiltrasi tanah. Aliran permukaan atau air limpasan terjadi apabila hujan telah mencukupi untuk penguapan, intersepsi, infiltrasi, tersimpan dan tertahan dipermukaan tanah dan atau disalurkan.

Erosi disebabkan oleh kegiatan dispersi dan pengangkutan oleh air hujan yang mengalir dipermukaan tanah. Kekuatan dispersi dan pengangkutan oleh air ditentukan oleh :

- (1) Tenaga penghancur butir-butir hujan.
- (2) Daya tahan tanah terhadap dispersi dan pengangkutan oleh air.

Kecepatan erosi merupakan kerja interaksi dan atau interrelasi antara curah hujan, aliran permukaan, angin, tanah, kemiringan lereng, tanaman penutup, serta ada atau tidaknya usaha pengawetan tanah oleh manusia.

Erosi dapat terjadi karena kesalahan penggunaan dan pengelolaan lahan. Penggunaan lahan yang tidak sesuai dengan kemampuan lahan dapat merupakan penyebab terjadinya kerusakan tanah. Di daerah berpenduduk padat banyak tanah berlereng curam digunakan untuk bertani tanaman semusim seperti tegalan dan ladang tanpa disertai tindakan pengawetan tanah. Sedangkan di daerah yang kurang padat penduduknya, proses kerusakan tanah dan erosi terjadi dengan cara lain, yaitu dengan cara perladangan dan pembakaran. Kegiatan manusia yang menimbulkan kerusakan tanah ialah perladangan, pengrusakan hutan dan vegetasi penutup tanah untuk mendapatkan hasil hutan dan memperoleh tanah garapan.

Hal ini karena kurangnya pengetahuan, pengertian, kesadaran dan keadaan sosial ekonomi petani. Tindakan pengawetan tanah perlu dilakukan agar besarnya erosi yang terjadi tidak menyebabkan kemerosotan produktivitas tanah.

Bahaya erosi makin meluas dan makin meningkat dari tahun ketahun. Jumlah erosi mencapai ratusan ton/ha/tahun adalah jumlah umum pada bagian daerah aliran sungai yang tererosi di Indonesia. Akibat erosi yang terus berjalan tanpa ada usaha pencegahan maka terjadilah tanah rusak/kritis.

Yang dimaksud dengan tanah kritis adalah tanah yang karena tidak sesuai antara penggunaan tanah dengan kemampuannya, telah mengalami atau dalam proses kerusakan fisik, kimia, dan biologi yang akhirnya membahayakan fungsi hidrologi, orologi, produksi tanaman, pemukiman, dan kehidupan sosial ekonomi.

Kepekaan tanah terhadap erosi dipengaruhi oleh sifat-sifat tanah yang menyebabkan tanah tahan terhadap pendispersian selama turun hujan serta kemampuan tanah untuk dilalui air ke jeluk yang lebih dalam. Menurut Arsyad (1977) kepekaan tanah terhadap erosi merupakan fungsi interaksi sifat-sifat fisis dan kimia tanah. Morgan (1979) menambahkan bahwa kepekaan erosi bervariasi dengan tekstur, kemantapan agregat, kapasitas infiltrasi dan kandungan bahan organik tanah.

Tanah Andosol mempunyai sifat fisik yang baik, daya pengikatan air yang sangat tinggi, sehingga selalu jenuh air jika tertutup vegetasi. Sangat gembur, struktur remah atau granuler dengan granulasi yang takpuluh (irreversible granulation). Permeabilitas sangat tinggi karena mengandung banyak makropori, fraksi lempung sebagian besar alofan dengan berat jenis kurang dari 0.85. Dan kandungan bahan organik umumnya tinggi, yaitu antara 8% - 30%.

Tanah Latosol mempunyai sifat kemantapan agregat tinggi, struktur remah sampai gumpal, tekstur lempung sampai geluh dengan nilai SiO_2 (sesquioksida) fraksi lempung rendah. Di Indonesia, tanah Latosol umumnya berasal dari batuan vulkanik, terdapat dari tepi pantai sampai ketinggian + 900 m di atas permukaan laut.

Tanah Grumusol mempunyai sifat struktur lapisan atas granuler dan lapisan bawah gumpal atau pejal, jenis lempung yang terbanyak montmorillonit sehingga tanah mempunyai daya adsorpsi tinggi yang menyebabkan gerakan air dan keadaan aerasi buruk dan sangat peka terhadap erosi. Di Indonesia jenis tanah ini terbentuk pada tempat-tempat yang tingginya tidak lebih dari +300 m di atas permukaan laut dengan topografi agak bergelombang sampai berbukit.

Kemiringan lereng akan mempengaruhi kecepatan aliran permukaan (run off) dan ikut menentukan jumlah aliran permukaan. Panjang lereng menentukan percepatan aliran permukaan. Kecepatan, percepatan dan jumlah aliran permukaan menentukan energi kinetik aliran permukaan untuk mengangkut dan mengikis tanah (Dradjad dan Notohadiprawiro, 1982).

Besarnya pengaruh curah hujan ditentukan oleh sifat-sifat hujan yaitu intensitas, jumlah dan ukuran butir hujan. Suatu hujan dengan intensitas tinggi tetapi dalam waktu sangat singkat kemungkinan tidak menimbulkan erosi. Hal ini dikarenakan jumlah air tidak cukup untuk menimbulkan aliran permukaan. Demikian pula suatu hujan dengan jumlah yang besar tidak akan menyebabkan erosi, jika intensitasnya sangat rendah. Suatu hujan yang besar dengan intensitas yang tinggi juga menimbulkan aliran permukaan yang besar.

Secara matematis, gabungan peranan faktor-faktor diatas (erosivitas hujan, erodibilitas tanah, kemiringan lereng dan panjang lereng) dapat digambarkan sebagai kehilangan tanah (erosi) potensial disuatu lahan dengan rumus :

$$A_p = R K L S \quad \dots\dots\dots (1)$$

- Dimana : A_p = Kehilangan tanah potensial (ton/ha/th)
R = Indeks erosivitas hujan (kj/ha)
K = Indeks erodibilitas tanah (ton/kj)
L = Indeks panjang lereng (m)
S = Indeks kemiringan lereng (%)

2.2. Faktor-faktor Yang Mempengaruhi Erosi

Erosi (E) pada dasarnya merupakan interaksi antara faktor iklim (C), topografi (T), vegetasi (V), tanah (S), dan manusia (H). Secara umum, hubungan erosi dengan faktor-faktor yang mempengaruhinya dapat dinyatakan dengan rumus :

$$E = f (C,T,V,S,H) \quad \dots\dots\dots (2)$$

Suardjo (1981) mengatakan bahwa, faktor yang mempengaruhi erosi adalah tanam penutup, cara bercocok tanam, panjang dan kemiringan lereng, faktor curah hujan, tindakan pengawetan tanah serta faktor tanah.

Pendugaan besarnya erosi untuk menentukan tindakan pengawetan tanah sehingga besarnya erosi yang terjadi mencapai batas tertentu. Wischmeier dan Smith (1960) mengemukakan suatu persamaan yang kemudian dikenal dengan nama "Universal Soil Loss Equation" (USLE)

$$A = R K L S C P \quad \dots\dots\dots (3)$$

- Dimana : A = Besarnya erosi (ton/ha/tahun)
R = Indeks erosivitas hujan (kj/ha)
K = Indeks erodibilitas tanah (ton/kj)

- L = Indeks panjang lereng (m)
- S = Indeks kemiringan lereng (%)
- C = Indeks peranan (pengelolaan) tanaman
- P = Indeks peranan usaha pengawetan tanah

Faktor-faktor yang mempengaruhi erosi secara garis besarnya dibagi menjadi dua kategori, yaitu :

- (1) Faktor topografi seperti panjang lereng
- (2) Faktor yang dapat diubah manusia seperti faktor tanaman / vegetasi, sebagian sifat tanah seperti kesuburan tanah, dan kapasitas infiltrasi.

Untuk merencanakan tindakan yang perlu dilakukan agar erosi yang terjadi dapat ditekan sekecil mungkin, harus diusahakan mengetahui sebanyak mungkin peranan dan sifat dari ketiga faktor yang sulit dirubah manusia, seperti faktor iklim (hujan), tipe tanah dan kemiringan lereng.

Peranan faktor tanaman (C) ialah daya perlindungan tanaman pada tanah terhadap gaya-gaya erosi. Faktor tindakan pengawetan tanah (P) ialah peranan usaha-usaha pengawetan tanah yang sudah dilakukan didalam suatu lahan usaha, baik berupa usaha pengawetan mekanis, pengelolaan lahan ataupun cara bercocok tanam. Faktor C dan P akan mempunyai peranan dalam memperkecil erosi potensial dalam suatu lahan. Di dalam suatu lahan usaha peranan faktor C dan P sudah dapat diperhitungkan dengan persamaan (3) menghasilkan besar erosi aktual dan dapat dinyatakan dalam persamaan :

$$Aa = Ap \cdot Cx \cdot Py \quad \dots\dots\dots (4)$$

- Dimana :
- Aa = Erosi aktual (ton/ha/tahun)
 - Ap = Erosi potensial (ton/ha/tahun)
 - Cx = Indeks C karena peranan macam tanaman X
 - Py = Indeks P karena peranan macam pengawetan tanah Y

2.2.1. Faktor Erosivitas Hujan (R)

Hujan merupakan faktor iklim utama dan paling menentukan terhadap aliran permukaan (air limpasan) dan sedimen yang terjadi. Selama terjadi hujan,

jumlah hujan merupakan faktor yang paling berpengaruh terhadap jumlah air limpasan, sedangkan distribusi hujan menentukan luasan erosi.

Jumlah, intensitas dan distribusi hujan menentukan kekuatan dispersi hujan terhadap tanah. Bila tanah sudah jenuh air, sedangkan hujan masih terus berlangsung maka air hujan akan mengalir sebagai air limpasan. Jumlah dan kecepatan air limpasan sangat menentukan tingkat kerusakan tanah akibat erosi. Faktor hujan dinyatakan juga sebagai faktor (indeks) erosivitas hujan.

Indeks daya erosi (erosivitas) curah hujan (R) merupakan rata-rata daya erosi curah hujan. Menurut Suresh (1997) nilai R dinyatakan sebagaimana berikut:

$$R = E_k \times h_{total} \dots\dots\dots(5)$$

- Dimana: R = Erosivitas Hujan (Kj/ha)
Ek = Energi Kinetik (Kj/ha/mm)
h_{total} = Total kedalaman air hujan (mm)

Energi kinetik hujan merupakan faktor utama dalam erosi akibat air hujan. Energi kinetik hujan adalah nilai energi total yang terjadi akibat transformasi jatuh butiran hujan menjadi energi mekanik yang memberikan nilai pada suatu intensitas tertentu dan merupakan estimasi dari distribusi ukuran butir hujan untuk intensitas tersebut. Energi kinetik hujan dapat menyebabkan hancurnya agregat permukaan tanah hingga mempermudah pengangkutan bila terjadi aliran permukaan. Hudson (1985), menyatakan bahwa energi kinetik dapat dihitung menggunakan rumus dasar :

$$EK = \frac{1}{2} mv^2 \dots\dots\dots(6)$$

- Dimana: Ek = Energi kinetik (joule/ha/mm)
m = Massaa butiran hujan (kg)
v = Kecepatan jatuh butiran hujan (m/detik)

Bertambahnya jumlah butiran hujan akan diikuti dengan peningkatan energi kinetik hujan. Energi kinetik hujan juga dapat dihitung dengan rumus :

$$E_k = 11,87 + 8,73 \log I \dots\dots\dots(7)$$

Dimana: Ek = Energi kinetik (joule/ha/mm)
I = Intensitas hujan (mm/jam)

Menurut Wischmeier (1959) intensitas maksimum 30 menit mempunyai korelasi lebih baik terhadap besarnya erosi bila dibandingkan dengan intensitas 5, 15, dan 60 menit. Dan dari analisa regresi ternyata besarnya erosi pada tanah tanpa tanaman berkorelasi tinggi dengan hasil kali dua macam sifat hujan, yaitu total energi kinetik (E) dan intensitas hujan maksimum selama 30 menit (I_{30}). Karena itu hasil kedua sifat hujan tersebut diambilnya untuk menilai erosivitas hujan, yang kemudian disebut indeks erosivitas hujan, EI_{30} . Nilai EI_{30} diperoleh dengan cara perhitungan berikut :

$$E = 210,2 + 89 \log I \quad \dots\dots\dots (8)$$

dan

$$EI_{30} = \Sigma E (I_{30} \times 10^{-2}) \quad \dots\dots\dots (9)$$

Dimana : E = Energi kinetik hujan (ton m/ha/mm hujan)
I = Intensitas hujan (mm/jam)
 I_{30} = Intensitas hujan maksimum selama 30 menit (mm/jam)

Jumlah curah hujan yang tinggi mungkin tidak menyebabkan erosi, jika intensitasnya rendah. Demikian pula suatu hujan yang intensitasnya tinggi, tetapi terjadi dalam waktu singkat, mungkin tidak akan menimbulkan erosi karena tidak cukup air untuk mengangkut tanah. Sebaliknya jika jumlah dan intensitasnya tinggi akan mengakibatkan erosi (Baver, 1961).

Hudson (1976) dalam penelitiannya di Afrika menemukan bahwa terdapat batas intensitas hujan tertentu yang menimbulkan erosi, yaitu kira-kira 25 mm/jam. Hal ini disebabkan pada intensitas hujan yang kurang dari 25 mm/jam jumlah tanah terpecik sedikit dan sering sekali tidak menimbulkan air limpasan yang mengangkut partikel – partikel tanah, sehingga erosi tidak terjadi. Atas dasar ini, jumlah energi kinetik dari intensitas hujan setiap periode yang nilainya lebih besar dari 25 mm/jam atau 1 inch/jam dapat digunakan sebagai indeks erosivitas hujan. Indeks erosivitas hujan dapat dicari dengan rumus :

$$R = \frac{\{\sum_{j=1}^n (1,213 + 0,890 \log I_j) (I_j T_j)\} I_{30}}{EI} \dots\dots\dots (10)$$

- Dimana : R = Indeks erosivitas hujan
 Σ = Jumlah
 n = Jumlah dari pertambahan hujan
 j = Pertambahan hujan tertentu
 I_j = Intensitas hujan untuk pertambahan hujan tertentu (mm/jam)
 T_j = Periode waktu dari pertambahan hujan tertentu (jam)
 I₃₀ = Intensitas hujan maksimum selama 30 menit untuk suatu hujan (mm/jam)

Menurut Bols (1978), erosivitas hujan R [EI₃₀] dapat juga dihitung dari catatan curah hujan harian atau bulanan, yang persamaannya sebagai berikut :

$$EI_{30} \text{ harian} = \frac{2,467 (CH)^2}{\{0,0727 (CH) + 0,725\}} \dots\dots\dots (11)$$

$$EI_{30} \text{ bulanan} = 6,119 (CB)^{1,21} (HB)^{-0,47} (CM)^{0,53} \dots\dots\dots (12)$$

- Dimana : EI₃₀ = Indeks erosivitas hujan
 CH = Curah hujan purata harian (cm)
 CB = Curah hujan purata bulanan (cm)
 CM = Curah hujan maksimum selama 24 jam pada bulan yang bersangkutan (cm)
 HB = Jumlah hari hujan bulanan

2.2.2. Faktor Erodibilitas Tanah (K)

Faktor terpenting yang mempengaruhi kepekaan erosi tanah adalah sifat fisik tanah. Dua sifat fisik tanah yang sangat mempengaruhi besarnya erosi dan air limpasan ialah kapasitas infiltrasi dan daya tahan tanah terhadap dispersi.

Sifat fisik tanah yang menentukan kapasitas infiltrasi adalah struktur, tekstur dan kandungan air tanah. Kapasitas infiltrasi ditentukan oleh kemantapan agregat tanah dan ketahanan terhadap kekuatan geser air. Tanah-tanah yang agregatnya mantap, bisa mempertahankan porositasnya sehingga kapasitas infiltrasi tetap tinggi.

Daya tahan tanah terhadap dispersi merupakan sifat tanah yang sangat menghambat jumlah erosi. Daya tahan ini sangat dipengaruhi oleh ukuran agregat dan kemantapan agregat tanah. Pengaruh kemantapan agregat terhadap erodibilitas tanah, yaitu :

- a. Dalam hal kemudahan terlepasnya butir tanah dari agregat, butir/partikel yang kecil lebih mudah diangkut oleh air dari pada butir yang besar. Sehingga apabila agregatnya tahan terhadap gaya perusak, maka erosi yang terjadi secara nisbi kecil.
- b. Dalam hal pencucian partikel lempung dan debu yang kemudian menempati pori kasar, sehingga menyebabkan penurunan kapasitas infiltrasi .

Ketahanan tanah terhadap dispersi ditentukan oleh bahan perekatnya, yaitu bahan organik, koloid lempung, kation-kation besi dan aluminium. Sebagai bahan pengikat, bahan organik berperan dalam memantapkan struktur tanah sehingga menahan daya tahan tanah terhadap pukulan butir-butir hujan.

Bahan organik yang cepat melapuk akan memberikan pengaruh maksimum selama 20-30 hari dalam pembentukan agregat. Sedangkan bahan organik yang lambat didekomposisi akan memberikan pengaruh yang relatif lama dalam pembentukan agregat (Suwarjo, 1981).

Tanah-tanah dengan kandungan lempung mempunyai bandingan silika terhadap seskuioksida lebih dari 2,0 umumnya plastis dan mudah tererosi, sedangkan yang mempunyai bandingan kurang dari 2,0 umumnya kersai dan tidak

mudah tererosi (Arsyad, 1982). Selanjutnya dikatakan bahwa tanah lateritik yang mengandung seskuioksida tinggi dan silika yang rendah membentuk agregat yang mantap dan tahan terhadap erosi. Tanah grumusol dari bahan induk napal lebih peka erosi dibanding andosol dan latosol dari bahan induk vulkan.

Kepekaan erosi (erodibilitas) tanah adalah mudah tidaknya tanah untuk tererosi. Perbedaan kepekaan erosi berbagai jenis tanah dapat sangat besar sehingga jenis tanah tertentu dapat digolongkan dalam tanah yang peka dan tidak peka terhadap erosi.

Faktor erodibilitas tanah (K) adalah rata-rata erosi tahunan (ton/ha) dibagi indeks erosivitas hujan pada suatu tanah terbuka atau bera (faktor P dan C masing-masing = 1) dengan panjang lereng 22 m (72,5 kaki) dan kemiringan 9 % (faktor LS = 1). Dalam hal ini lereng yang panjangnya 22 m dengan kemiringan 9% disebut keadaan baku (Hudson, 1974). Dengan demikian nilai kepekaan tanah dapat dihitung dengan rumus :

$$A = K \times R \quad \text{atau} \quad K = A / R \quad \dots\dots\dots (13)$$

Dimana : A = Besarnya erosi yang terjadi (ton/ha)
 R = Indeks erosivitas hujan (ton m/ha)

Salah satu cara untuk menghitung erodibilitas tanah ialah dengan menggunakan nomograf yang menggunakan 5 (lima) tolok ukur, dikemukakan oleh Wischmeier, Johnson dan Cross (1971) :

- a. Persen debu / silt (0,002 – 0,05 mm) dan pasir sangat halus (0,05 – 0,10mm / lolos saringan No. 170)
- b. Persen pasir / sand (0,10 – 2,00 mm / lolos saringan No. 10)
- c. Persen bahan organik
- d. Struktur tanah
- e. Permeabilitas tanah

Masing-masing tolok ukur diberi angka, kemudian dimasukkan dalam nomograf erodibilitas tanah (Gambar 2-1). Nomograf erodibilitas tersebut

memerlukan analisa ukuran partikel tertentu, tetapi bila tidak tersedia datanya dapat pula didekati dengan persamaan :

$$K = 2,713 \times 10^{-4} M^{1,14} (12-a) + 3,25 (b-2) + 2,5 (c-3) \times 10^{-2} \dots\dots\dots (14)$$

- Dimana :
- K = Erodibilitas tanah
 - M = Indeks tekstur tanah (lihat Tabel 2.3)
 - a = Kadar bahan organik
 - b = Kelas struktur (lihat Tabel 2.1)
 - c = Kelas permeabilitas (lihat Tabel 2.2)

Mitchell dan Bubenzer (1980) yang melihat faktor erodibilitas tanah berdasarkan kelas tekstur dan kandungan bahan organik tanah, menyimpulkan bahwa semakin kecil bahan organik tanah yang bersangkutan, maka makin peka terhadap erosi. Diantara kelas tekstur tanah, debu dan geluh berdebu merupakan kelas tekstur yang paling peka terhadap erosi. Sedangkan pasir merupakan kelas tekstur yang paling tahan terhadap erosi.

Tabel 2-1. Kode Struktur Tanah (b) untuk menghitung nilai K

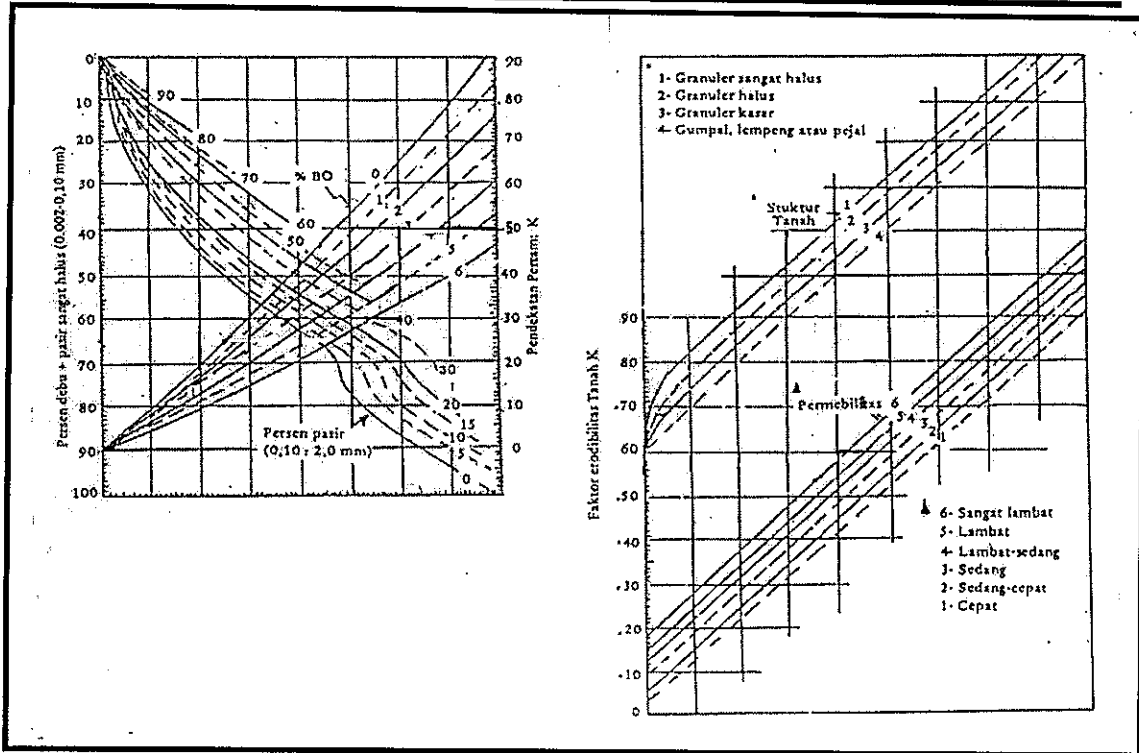
Kelas Struktur Tanah	Diameter Butiran (Ø)	Kode
Granuler Sangat Halus	< 1 mm	1
Granuler Halus	1 - 2 mm	2
Granuler Sedang sampai Kasar	2 - 10 mm	3
Blocky, liat	< 10 mm	4

Sumber : Suripin (2001)

Tabel 2-2. Kode Permeabilitas Tanah (c) untuk menghitung nilai K

Kelas Permeabilitas Tanah	Kecepatan (cm/jam)	Kode
Sangat Lambat	< 0,5	6
Lambat	0,5 - 2,0	5
Lambat sampai Sedang	2,0 - 6,3	4
Sedang	6,3 - 12,7	3
Sedang sampai Cepat	12,7 - 25,4	2
Cepat	> 25,4	1

Sumber : Suripin (2001)



Sumber : Suripin (2001)

Gambar 2-1. Nomograf Erodibilitas Tanah

Indeks tekstur tanah diperhitungkan dengan persamaan :

$$M = (\% \text{ debu}) (100 - \% \text{ lempung}) \dots\dots\dots (15)$$

Tabel 2-3. Nilai M untuk beberapa Tekstur Tanah

Kelas Tekstur Tanah	Nilai M
Lempung Berat	210
Lempung Sedang	750
Lempung Pasiran	1213
Lempung Ringan	1685
Geluh Lempung	2160
Pasir Lempung Liatan	830
Geluh Lempungan	2830
Pasir	3035
Pasir Geluhan	1245
Geluh Lempungan	3770
Geluh Pasiran	4005
Geluh	1390
Geluh Liatan	6330
Liat	8245
Campuran Merata	4000

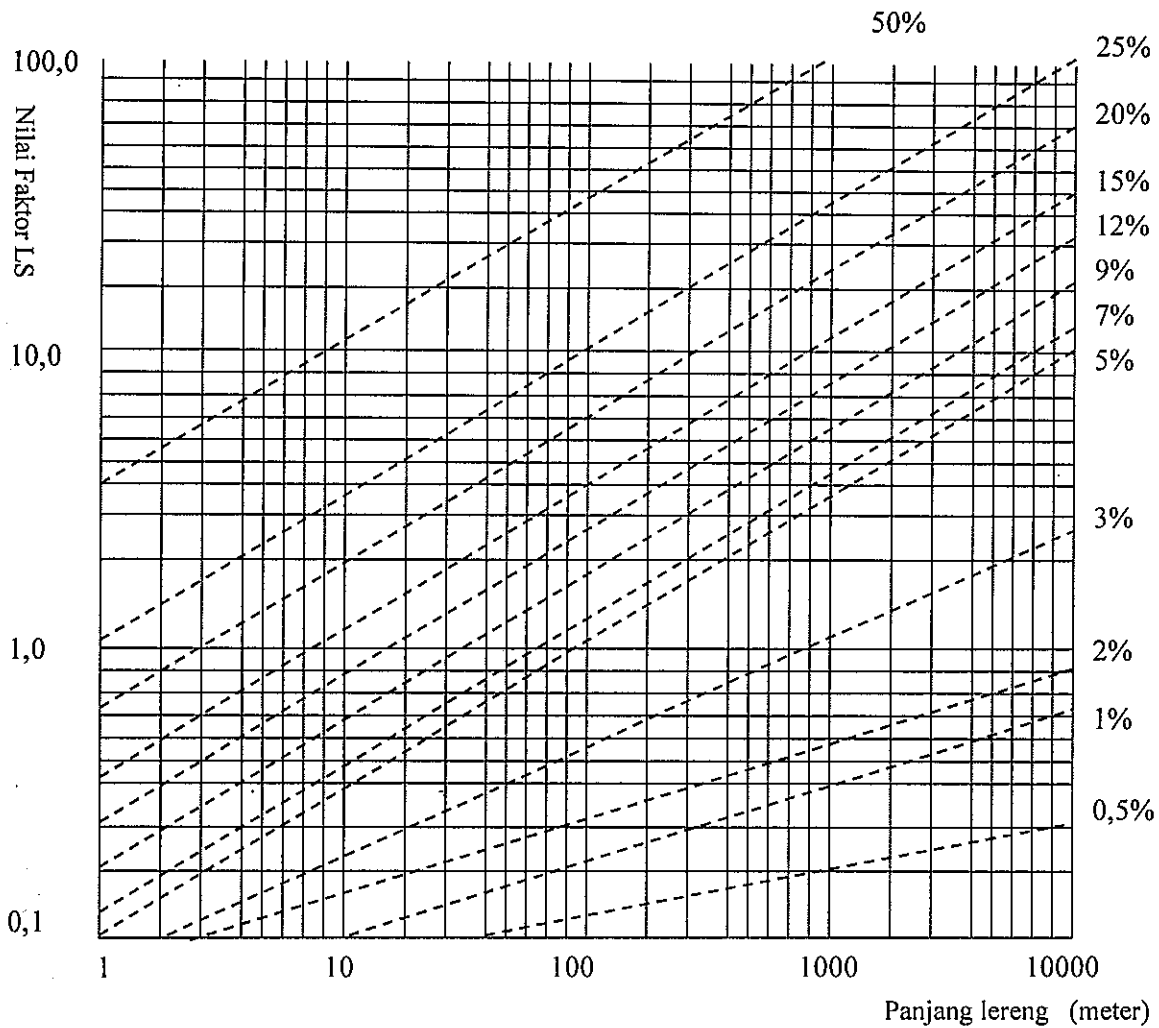
Sumber : Suripin (2001)

2.2.3. Faktor Panjang & Kemiringan Lereng

Kemiringan dan panjang lereng adalah dua unsur topografi yang paling berpengaruh terhadap air limpasan dan erosi. Diantara dua parameter lereng tersebut biasanya kemiringan lereng lebih dominant daripada panjang lereng.

Kemiringan lereng dinyatakan dalam derajat ($^{\circ}$) atau persen (%), dimana kecuraman $100\% = 45^{\circ}$. Kemiringan lereng cenderung memperbesar kapasitas air limpasan untuk memecah dan mengangkut bahan-bahan tanah.

Faktor panjang lereng (L) dan nilai faktor kemiringan lereng (S) dapat diperhitungkan dengan persamaan yang dikemukakan oleh Wischmeier dan Smith (1965) dalam Gambar 2-2 :



Gambar 2-2. Nomograf Faktor Panjang-Kemiringan Lereng

$$L = (X / 22,1)^m \dots\dots\dots (16)$$

$$S = \frac{(0,43 + 0,30s + 0,043s^2)}{6,613} \dots\dots\dots (17)$$

$$LS = (x / 22,13)^m (0,065 + 0,045s + 0,0065s^2) \dots\dots\dots (18)$$

Dimana : S = Faktor kemiringan lereng
 s = Kemiringan lereng (%)
 L = Faktor panjang lereng
 X = Panjang lereng dilapangan
 m = Eksponen, menurut Wischmeier dan Smith (1965) besarnya :
 m = 0,5 jika kemiringan (s) 5%
 m = 0,4 jika kemiringan (s) antara 3 % - 5%
 m = 0,3 jika kemiringan (s) antara 1% - 3%
 m = 0,2 jika kemiringan (s) kurang dari 1%
 Jika (s) dinyatakan dalam derajat (°), maka persamaan yang digunakan adalah :

$$LS = (x / 100)^m (65,41 \sin^2 s + 4,56 \sin s + 0,0065) \dots\dots\dots (19)$$

Persamaan-persamaan diatas hanya dapat digunakan untuk lereng yang seragam dengan tipe tanah serta tanaman penutup tanah yang sama panjang dengan lereng tersebut.

Untuk daerah yang tidak seragam, yaitu bila terdapat perubahan yang nyata dalam kemiringan lereng, bentuk lereng, jenis tanah dan atau penutup tanah, maka dapat dibagi dalam 2 (dua) cara :

- a. Bila ketidakseragaman kemiringan dapat dibagi dalam segmen- segmen yang seragam. Menurut Wischmeier (1974) caranya adalah:

- Lereng dibagi kedalam segmen dengan panjang yang sama dan ditentukan nilai faktor kemiringan lereng (S) untuk tiap segmen tersebut dengan persamaan (17).
- Kalikan nilai (S) yang didapat dengan nilai faktor panjang lereng (L) yang didapat dengan persamaan (16) dan menggunakan panjang lereng total.
- Nilai LS yang didapat, dikalikan dengan faktor koreksi (a) yang besarnya dapat dibaca dari tabel 2-1 untuk lereng dengan eksponen panjang lereng $m = 0,5$ atau dihitung dengan persamaan:

$$a = [j^{(m+1)} - (j - 1)^{(m+1)}] / n^m \dots\dots\dots (20)$$

yang mana :
 a = Faktor koreksi
 j = Urutan nomer segmen
 m = Eksponen panjang lereng
 n = Jumlah segmen yang sama panjang

Tabel 2-4. Faktor Koreksi a untuk $m = 0,5$

No. Segmen (dari atas)	Jumlah segmen yang sama panjang			
	2	3	4	5
1	0,71	0,58	0,5	0,45
2	1,29	1,06	0,91	0,82
3		1,37	1,18	1,06
4			1,4	1,25
5				1,42

- Nilai LS yang sudah dikoreksi dirata-rata untuk mendapatkan nilai LS efektif keseluruhan lereng.

b. Bila tidak memungkinkan pembagian lereng menjadi beberapa segmen yang seragam. Menurut Foster dan Wischmeier (1974) dapat menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$LS = \frac{\{\sum_{j=1}^n (U_{2j} - U_{1j})\}}{X_e} \dots\dots\dots (21)$$

- Dimana :
- j = Urutan nomer segmen (dari atas)
 - Σ = Jumlah
 - n = Jumlah seluruh segmen
 - U_{1j} = Nilai U untuk batas atas segmen j (m)
 - U_{2j} = Nilai U untuk batas bawah segmen j (m)
 - X_e = Panjang lereng keseluruhan (m)

Nilai U dapat dicari dengan persamaan :

$$U = \frac{S_x^{(m+1)}}{22,1^m} \dots\dots\dots (22)$$

- Dimana :
- S = Nilai faktor kemiringan lereng berdasarkan pers (17)
 - X = panjang lereng (m)
 - M = Eksponen panjang lereng

Jika selain adanya perubahan lereng, terjadi pula perubahan tipe tanah dan atau tanaman penutup tanah maka digunakan persamaan :

$$KLSCP = \frac{\{\sum_{j=1}^n K_j \cdot C_j \cdot P_j (U_{2j} - U_{1j})\}}{X_e} \dots\dots\dots (23)$$

- Dimana :
- K_j = Nilai faktor K untuk segmen j
 - C_j = Nilai faktor C untuk segmen j
 - P_j = Nilai faktor P untuk segmen j

Baver (1961) mendapatkan hubungan antara kemiringan lereng dengan erosi seperti persamaan berikut :

$$X_c = 0,065 S^{1,49} \dots\dots\dots (24)$$

Dimana : X_c = Jumlah erosi dalam ton/acre
 S = Kemiringan lereng dalam %

Woodruff (1982) mengemukakan bahwa persamaan (24) dipakai pada lahan dengan kemiringan lebih besar dari 8%, sedangkan lahan yang kemiringannya kurang dari 8% dipergunakan rumus :

$$E = a + b \cdot S^{1,49} \dots\dots\dots (25)$$

Dimana : E = Besarnya erosi dalam ton/acre
 S = Kemiringan lereng dalam %
 a dan b = Konstanta

2.3. Laju Erosi Yang Diperbolehkan

Besarnya erosi dan kemungkinan terjadinya banjir cukup beralasan, mengingat Indonesia mempunyai curah hujan yang cukup tinggi dan tanahnya peka terhadap erosi.

Supli Effendi Rahim (2000), menyatakan erosi yang diperbolehkan secara sederhana dapat dinyatakan sebagai suatu laju yang tidak boleh melebihi laju pembentukan tanah. Pengikisan dibagian atas akibat erosi selalu diikuti pembentukan tanah baru pada bagian bawah profil tanah, tetapi laju pembentukannya tidak mampu mengimbangi hilangnya tanah erosi.

Besarnya erosi tanah yang masih dapat dibiarkan berdasarkan keadaan tanah yang dikeluarkan oleh SCS-USDA dapat dilihat pada Tabel 2-5.

Tabel 2-5. Batas Maksimum Laju Erosi Yang Dapat Diterima Untuk Berbagai Macam Kondisi Tanah

KONDISI TANAH	LAJU EROSI (kg/m ² /th)	SUMBER
Skala makro (misal DAS)	0,2	Morgan (1980)
Skala meso (misal lahan pertanian)		
Tanah berlempung tebal dan subur (Mid-West, USA)	0,6 - 1,1	Wischmeier & Smith (1978)
Tanah dangkal yang mudah tererosi	0,2 - 0,5	Hudson (1971), Smith & Stamey (1965)
Tanah berlempung tebal dari endapan vulkanik	1,3 - 1,5	Hudson (1971)
Tanah yang mempunyai kedalaman :		
0 - 25 cm	0,2	Arnoldus (1977)
25 - 50 cm	0,2 - 0,5	
50 - 100 cm	0,5 - 0,7	
100 - 150 cm	0,7 - 0,9	
> 150 cm	1,1	
Tanah tropika yg sangat mudah tererosi	2,5	Morgan (1980)
Skala mikro (misal daerah terbangun)	2,5	Morgan (1980)
Tanah dangkal diatas batuan	0,112	Morgan (1980)
Tanah dalam diatas batuan	0,224	
Tanah lapisan dalam padat diatas batuan lunak	0,448	Thomson (1957)
Tanah dgn permeabilitas lambat diatas batuan lunak	1,121	Soewardjo, dkk (1975)
Tanah yang permeabel diatas batuan lunak	1,341	

Sumber : Suripin (2001)

2.4. Uji Statistik

Dalam penyelesaian analisa digunakan analisis regresi yang bertujuan mencari bentuk kurva yang dapat mewakili data-data yang ada dan mengestimasi nilai data pada titik-titik diantara nilai-nilai yang sudah diketahui.

Menurut Triatmodjo B (1992) ada 2 (dua) metode pendekatan didalam analisis regresi yang berdasar pada jumlah kesalahan yang terjadi pada data, yaitu regresi kuadrat kecil dan interpolasi.

Regresi kuadrat kecil dipakai jika data menunjukkan adanya kesalahan cukup besar, untuk itu dibuat kurva tunggal yang mewakili trend data secara umum. Dimungkinkan sebagian data kurang benar, maka kurva tidak dipaksakan untuk melewati setiap titik, kurva dibuat mengikuti pola data dari sekelompok

data. Interpolasi dipakai jika data diketahui yakin benar, maka pendekatan yang dilakukan adalah membuat kurva atau sejumlah kurva yang melewati setiap titik.

Dalam menganalisa data, analisis regresi dipakai pada energi kinetik, dan tanah yang tererosi (*soil loss*) dari berbagai intensitas dan kemiringan lereng, sedang metode numerik yang dipakai adalah regresi kuadran kecil.

Bentuk sederhana dari regresi kuadrat terkecil yaitu jika kurva yang mewakili titik-titik percobaan merupakan garis lurus, sehingga persamaan yang digunakan adalah : $g(x) = a + bx$ (Walpole dan Myers, 1995). Apabila dijumpai plot titik-titik pada sistem koordinat mempunyai trend kurva lengkung, maka persamaan diatas tidak dapat langsung dipergunakan. Untuk itu perlu dilakukan transformasi koordinat, sehingga plotting data bisa dipresentasikan dalam bentuk kurva tidak linear.

Kurva tidak linear diantaranya adalah persamaan semilogaritma $Y = a + b \log x$ dan persamaan $Y = ax^b$, sumbu y adalah energi kinetik (joule) dan soil loss (gr/m^2) masing-masing untuk regresi energi kinetik dan soil loss, sedang sumbu x sebagai intensitas hujan (mm/jam) dan kemiringan lereng.

Untuk mengetahui derajat kesesuaian dari persamaan yang didapat, dihitung nilai koefisien korelasi r. Jika diperoleh nilai $r = 1,0$ maka suatu fungsi dinyatakan sempurna, jika $r = 0$ dinyatakan sebaliknya.

Koefisien korelasi ini dapat digunakan untuk memilih suatu persamaan dari beberapa alternatif yang ada, terutama didalam regresi garis tidak lurus. Dari banyak alternatif tersebut dipilih persamaan yang mempunyai nilai koefisien korelasi terbesar yaitu yang mendekati kearah nilai 1,0.

BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN

Seperti yang telah diuraikan pada bab sebelumnya, penelitian ini dimaksudkan untuk melihat pengaruh berbagai tingkat kemiringan lereng dan intensitas hujan terhadap erosi dari tiga jenis tanah (Andosol, Latosol dan Grumosol) yang mempunyai sifat fisik berbeda. Metode yang dilakukan dalam penelitian ini adalah eksperimen dengan membuat berbagai variasi intensitas hujan (30; 40; 50; 60) mm/jam dan berbagai kemiringan lereng (5°; 10°; 15°; 25°) yang dilakukan dilaboratorium dengan menggunakan alat *Rainfall Simulator* dan alat bantu lainnya.

Dalam melakukan penelitian, kegiatan-kegiatan yang dilakukan meliputi kegiatan lapang, kegiatan laboratorium dan analisis. Kegiatan lapangan meliputi pengambilan sampel uji (contoh tanah) di daerah kabupaten Semarang, yaitu tanah Andosol di Kecamatan Getasan, tanah Latosol di Kecamatan Ungaran dan tanah Grumosol di Kecamatan Tenganan. Sedangkan laboratorium uji yang digunakan adalah Laboratorium Mekanika Tanah UNTAG Semarang dan Laboratorium Hidrolika PAU Universitas Gajah Mada Yogyakarta.

Persamaan yang digunakan adalah persamaan Universal Soil Loss Equation (USLE), dengan parameter-parameter yang dicari dalam penelitian ini adalah Erosivitas (R), Erodibilitas (K), Panjang dan Kemiringan Lereng (LS). Rancangan yang dipakai dalam percobaan adalah rancangan acak lengkap (RAL) faktorial dengan 2 perlakuan masing-masing dilakukan 3 (tiga) kali ulang. Pada penelitian ini sampel tanah tidak diberi tanaman dan tidak dilakukan pengolahan, sehingga nilai pengelolaan tanaman (C) dan pengolahan lahan (P) dianggap mempunyai nilai 1 (satu). Unsur-unsur yang terkait pada parameter tersebut adalah

a. Parameter Erosivitas (R):

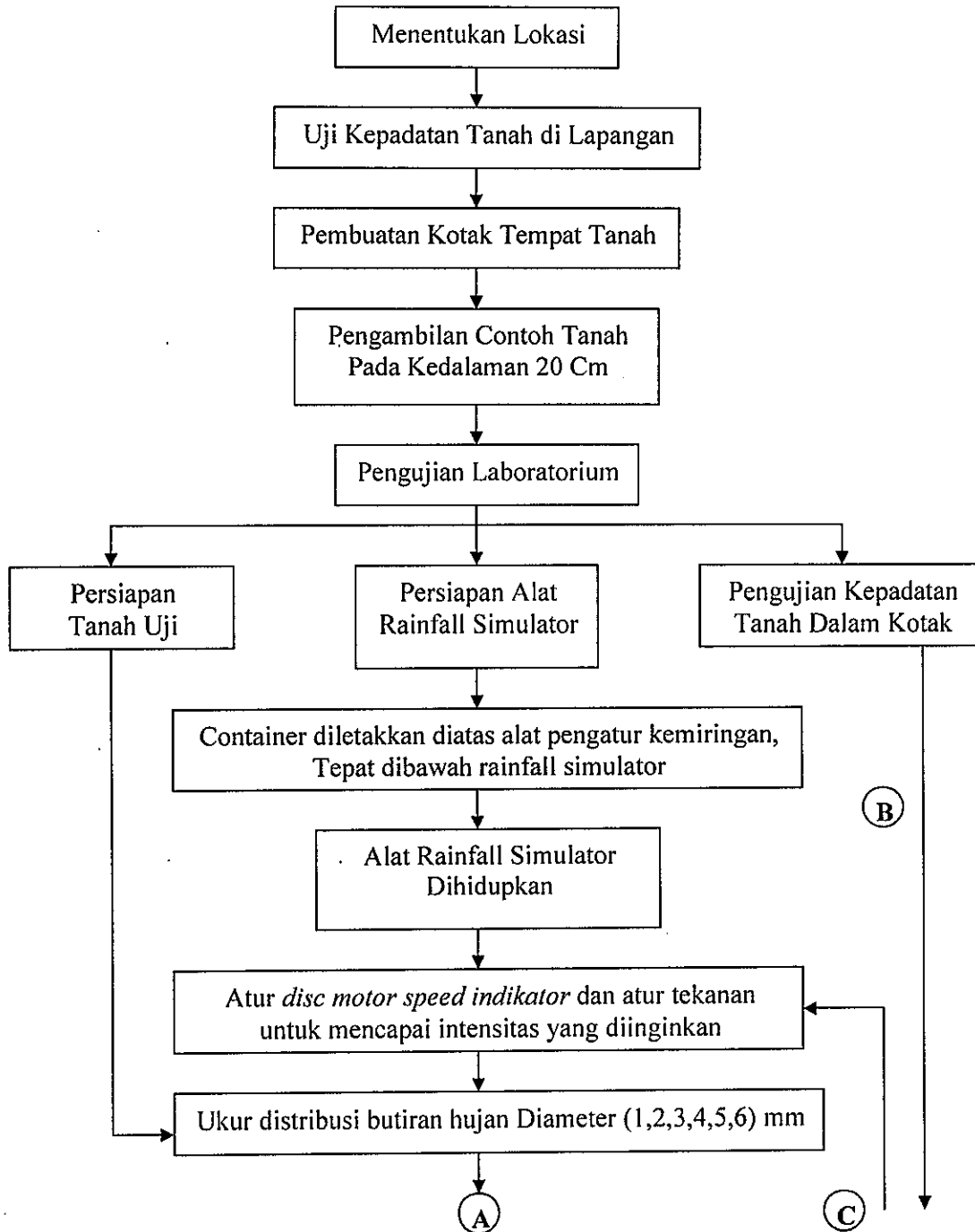
Meliputi Energi Kinetik Hujan (EK) dan Intensitas Hujan (I).

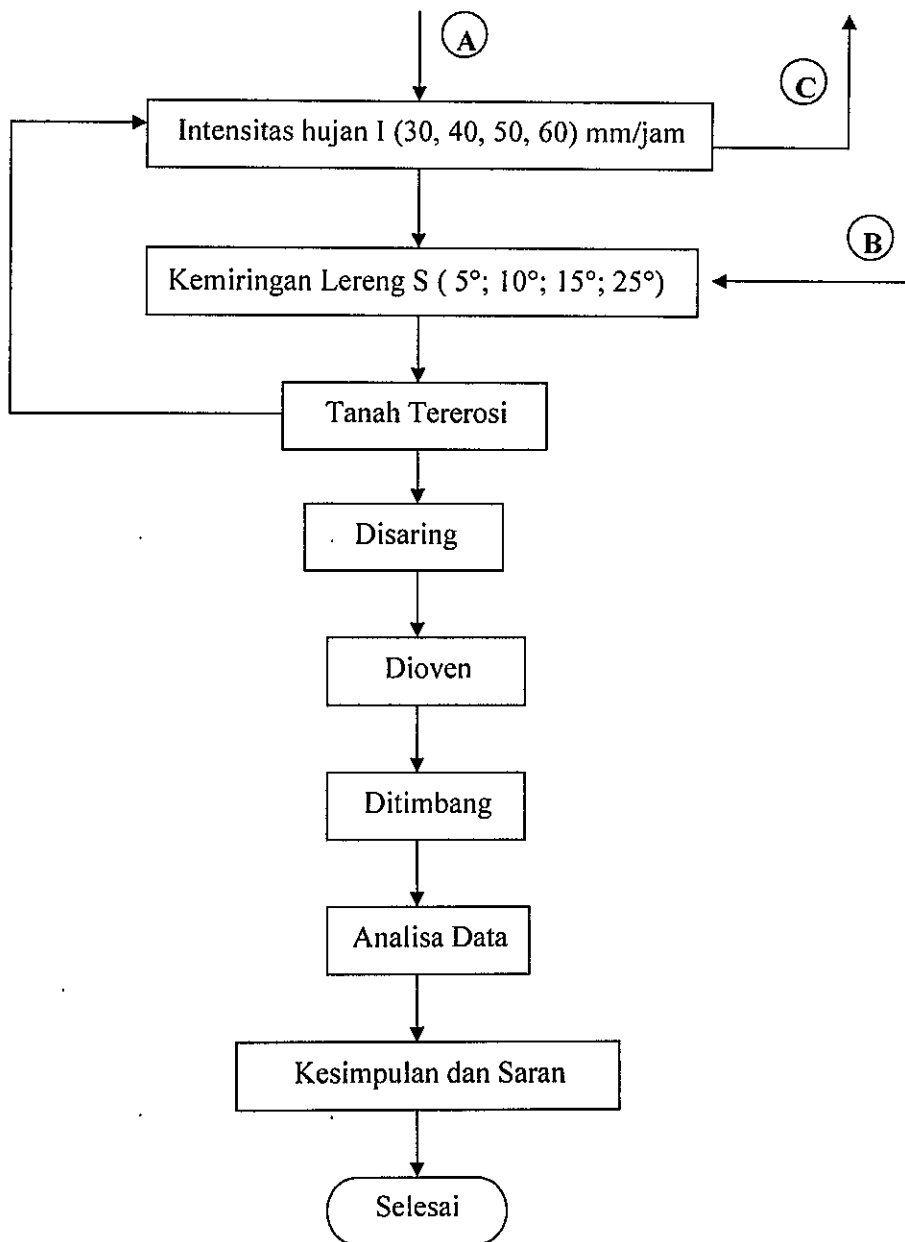
b. Parameter Erodibilitas (K):

Meliputi Indeks Tekstur Tanah (M), Bahan organik yang terkandung dalam tanah (O), Kelas Struktur Tanah (S) dan Kelas Permeabilitas (P).

c. Parameter Panjang dan Kemiringan Lereng (LS):

Meliputi panjang benda uji (L) dan sudut kemiringan benda uji (S).





Gambar 3-1. Diagram Alir Pelaksanaan Penelitian

Pengukuran parameter yang dicari dalam percobaan ini adalah sebagai berikut :

a. Parameter Erosivitas (R):

Unsur yang terkait adalah energi kinetik (EK) dan intensitas hujan (I), untuk itu dilakukan pengukuran besar dan jumlah butiran hujan buatan sehingga nilai massa (m) didapat. Selanjutnya dengan mengukur volume hujan buatan, luas tangkapan dan waktu hujan buatan maka didapat nilai intensitasnya.

b. Parameter Erodibilitas (K):

Unsur yang terkait adalah Indeks Tekstur Tanah (M), Bahan organik yang terkandung dalam tanah (O), Kelas Struktur Tanah (S) dan Kelas Permeabilitas (P). Untuk unsur-unsur tersebut, pengukuran dilakukan melalui tes sampel tanah dilaboratorium.

c. Parameter Panjang dan Kemiringan Lereng (LS):

Dilakukan pengukuran panjang benda uji (L) dan sudut kemiringan benda uji (S).

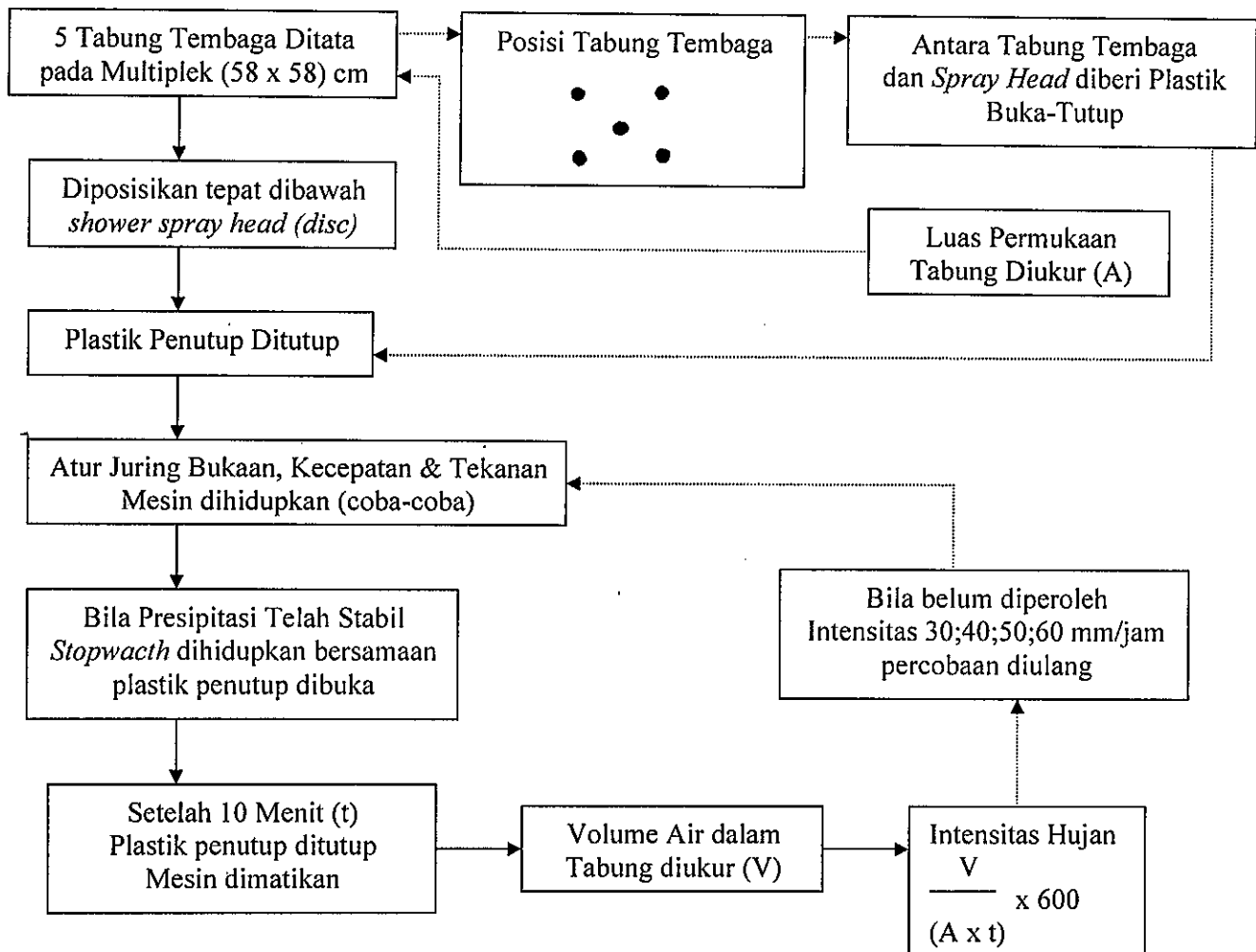
Cara-cara yang dilakukan untuk mengukur parameter dalam penelitian adalah sebagai berikut :

a. Pengukuran Intensitas Hujan Buatan (I) :

Pengukuran ini dilakukan dengan cara coba-coba, yaitu dengan merubah besarnya debit, kecepatan putaran, dan nozle yang dipakai. Hal ini akan diikuti dengan besarnya tekanan (bar) yang terdapat pada alat tersebut. Butir-butir hujan yang jatuh ditampung pada alat container yang sudah diketahui luasnya (A) sehingga diketahui volume (V) dan waktunya (t).

$$I = \frac{V}{(A \times t)} \times 600$$

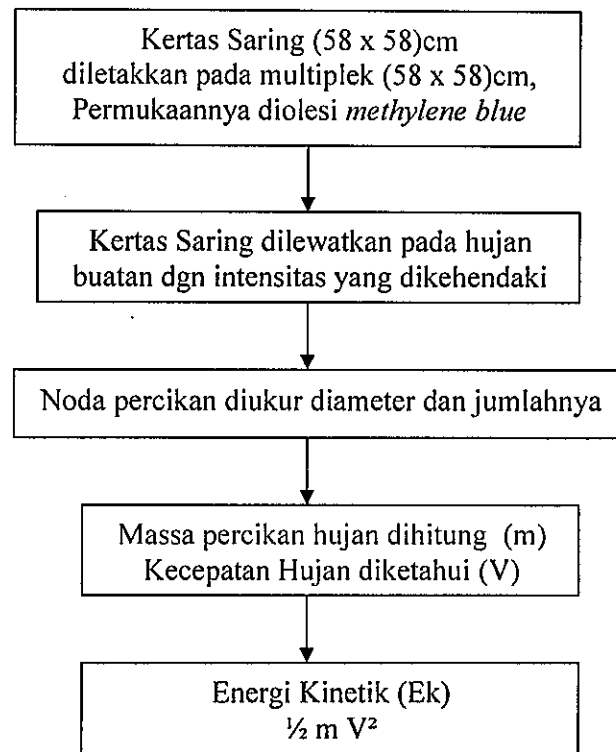
Percobaan ini dilakukan berulang kali hingga mendapat intensitas hujan yang dicari, yaitu 30 mm/jam; 40 mm/jam; 50 mm/jam dan 60 mm/jam.



Gambar 3-2. Skenario Pengukuran Intensitas Hujan

b. Pengukuran Besar dan Jumlah Butiran Hujan:

Pengukuran ini dilakukan dengan cara melewatkan kertas saring yang sudah dilapisi methylene blue, tepat dibawah alat *Rainfall Simulator*. Pada setiap intensitas, dilakukan pengukuran distribusi butiran hujan sebanyak dua kali dan dirata-rata. Kertas saring yang telah mendapatkan percik tersebut dikeringkan, sehingga diperoleh noda-noda percikan hujan dengan diameter bervariasi. Diameter noda percikan dihitung berkelompokan 1; 2; 3; 4; 5 dan 6mm, noda percikan yang diameternya > 6mm tidak digunakan. Dengan mengalikan volume butiran hujan, jumlah dan berat jenisnya akan didapat massa (m) hujan buatan.

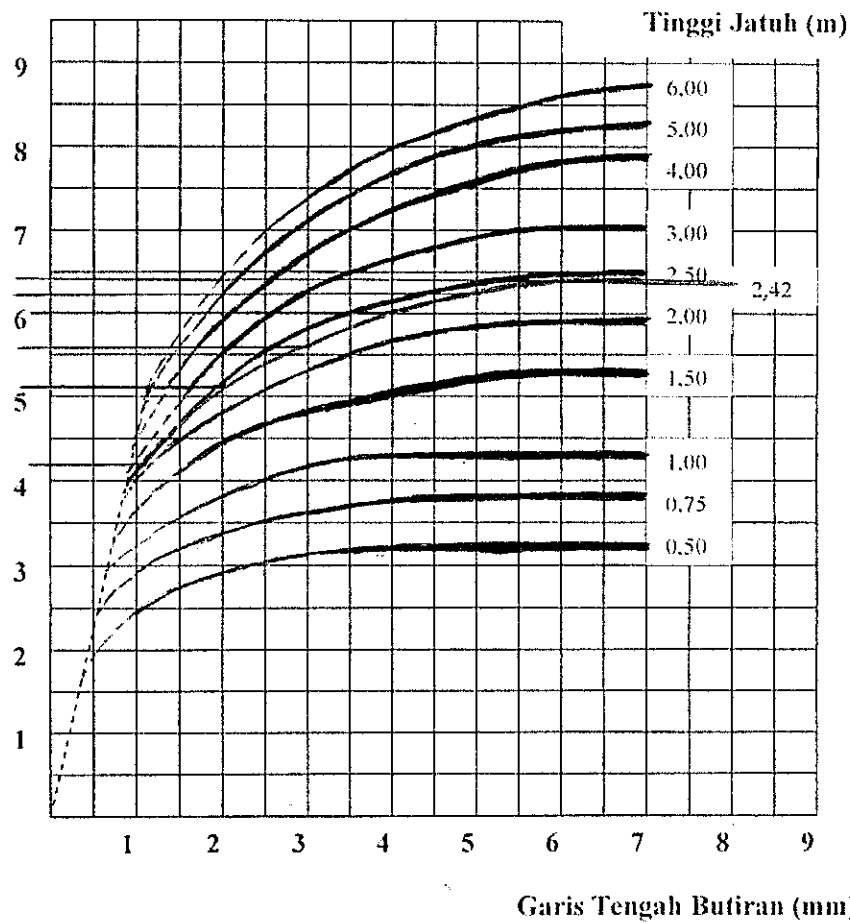


Gambar 3-3. Skenario Menentukan Distribusi Ukuran Butiran Hujan

c. Pengukuran Besarnya Energi Kinetik Hujan (EK):

Setelah nilai intensitas hujan (I) didapat, kemudian dimasukkan dalam rumus $EK = 11,87 + 8,73 \log I$ Sebagai pembanding digunakan rumus $EK = \frac{1}{2}mv^2$. Nilai v (kecepatan jatuh butiran hujan buatan) didapat dengan memplotkan pada grafik Laws . Tinggi alat Rainfall simulator 265 cm, sedang tinggi meja 23 cm sehingga tinggi jatuhnya adalah 242 cm.

Kecepatan Jatuh (m/det)



Grafik 3-4. Hubungan antara Garis tengah tetesan dan Kecepatan jatuh butir pada berbagai ketinggian jatuhnya

Sumber : Instruction Manual Rainfall Simulator (1998)

d. Pengukuran Erodibilitas (K):

Pengukuran yang dilakukan dalam mencari nilai Indeks Tekstur Tanah (M), Bahan organik yang terkandung dalam tanah (O), Kelas Struktur Tanah (S) dan Kelas Permeabilitas (P), adalah dengan cara menguji sampel tanah (benda uji) yang dilakukan di laboratorium dengan pengujian:

- Kadar Air
- Berat Isi Tanah
- Grain Size
- Kandungan Bahan Organik
- Permeabilitas
- Hidrometer
- Specific Gravity

Sehingga diperoleh nilai erodibilitas :

$$K = 2,713 \times 10^{-4} M^{1,14} (12-a) + 3,25 (b-2) + 2,5 (c-3) \times 10^{-2}$$

Dimana : K = Erodibilitas tanah
 M = Indeks tekstur tanah
 a = Kadar bahan organik
 b = Kelas struktur
 c = Kelas permeabilitas

d. Pengukuran Panjang dan Kemiringan Lereng (LS):

Panjang lereng ditetapkan 1 (satu) meter, sedang kemiringan lereng diatur dengan variasi kemiringan tanah 5°; 10°; 15°; 25°. Sehingga LS didapat dengan persamaan :

$$LS = (x / 22,13)^m (0,065 + 0,045s + 0,0065s^2)$$

Dimana : S = Faktor kemiringan lereng
 s = Kemiringan lereng (%)
 L = Faktor panjang lereng
 X = Panjang lereng dilapangan

m = Eksponen, menurut Wischmeier dan Smith (1965) besarnya :

$m = 0,5$ jika kemiringan (s) $>5\%$

$m = 0,4$ jika kemiringan (s) antara $3\% - 5\%$

$m = 0,3$ jika kemiringan (s) antara $1\% - 3\%$

$m = 0,2$ jika kemiringan (s) kurang dari 1%

Jika s dinyatakan dalam derajat ($^\circ$) maka persamaan yang digunakan :

$$LS = (x / 22,13)^m (65,41 \sin^2 s + 4,56 \sin s + 0,065)$$

e. Pengukuran Laju Kehilangan Tanah (Erosi) A :

Cara mengukur besarnya erosi dengan memasukkan sampel tanah kedalam kotak uji ukuran $1m \times 1m \times 0,1m$ yang diletakkan tepat dibawah *disc Rainfall Simulator*. Dengan mengatur kemiringan dan intensitas hujan buatan sesuai yang dikehendaki, erosi tanah yang larut dalam air ditampung pada gelas ukur 2 lt, kemudian catat waktu yang diperlukan untuk mencapai 2 lt tersebut. Percobaan ini diulang sebanyak 3 (tiga) kali. Selanjutnya hasil erosi tadi disaring dan dioven 110° selama 24 jam, kemudian ditimbang untuk mengetahui berat tanah tererosi.

Digunakan persamaan USLE :

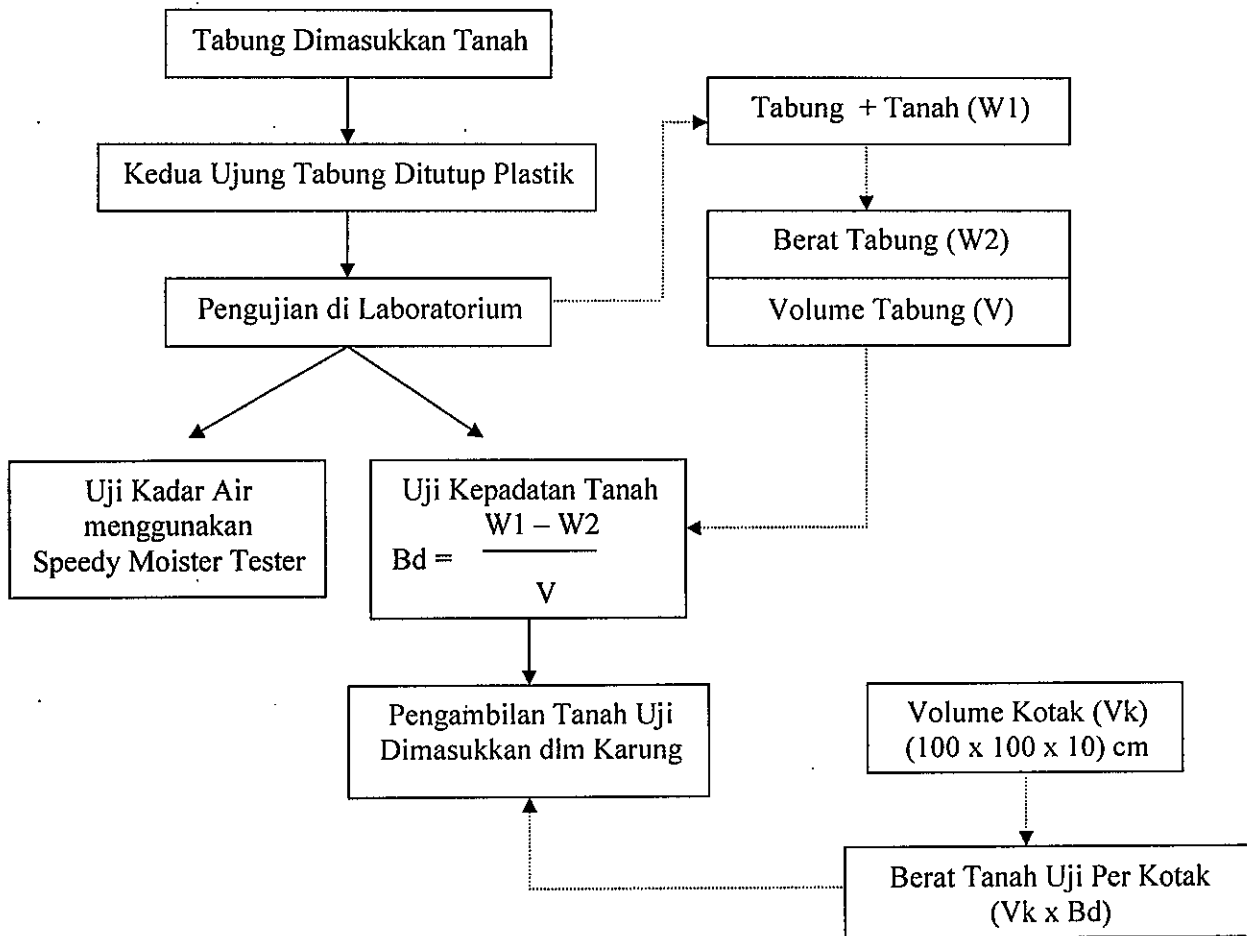
$$A = R K L S C P$$

Dimana :

A	=	Besarnya erosi (ton/ha/tahun)
R	=	Indeks erosivitas hujan (faktor hujan)
K	=	Indeks erodibilitas tanah (ton/ha)
LS	=	Indeks panjang dan kemiringan lereng (m dan %)
C	=	Indeks peranan (pengelolaan) tanaman
P	=	Indeks peranan usaha pengawetan tanah

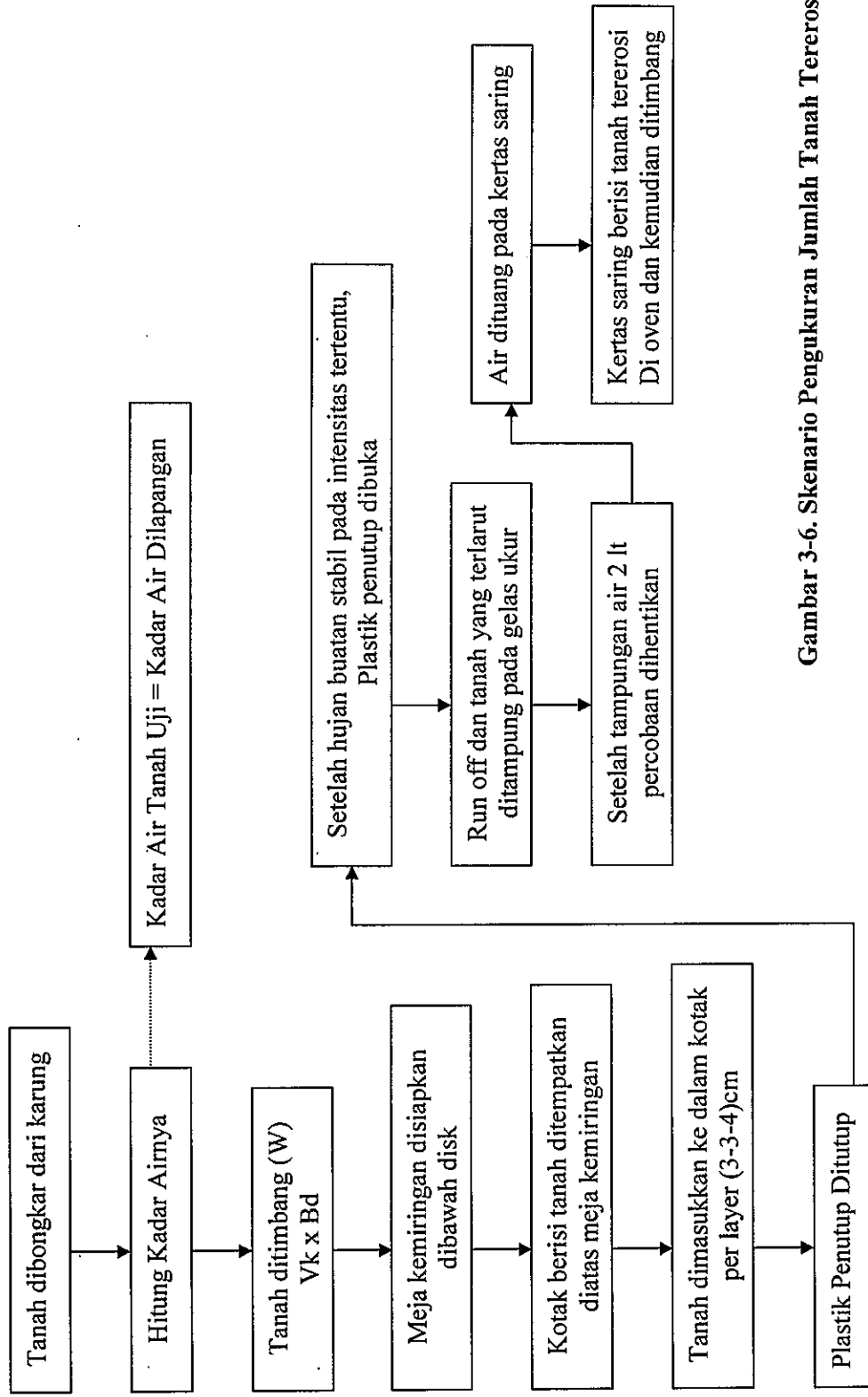
Setelah data-data yang diperlukan dipeoleh dari masing-masing parameter termasuk berat erosi tanah, kemudian dilakukan analisa data dan pembahasan sehingga diperoleh kesimpulan. Pendekatan analisa yang digunakan adalah analisis regresi yang digunakan untuk mencari bentuk-bentuk kurva guna

mewakili data-data yang ada. Pendekatan lain yang digunakan adalah persamaan semi logaritma : $Y = a + b \log x$ dan $Y = ax^b$ Perhitungan dilakukan dengan menggunakan program komputer microsoft excel .



Gambar 3-5. Skenario Kegiatan Lapangan

Tesis: Kejian leju erosi tanah Andosol, Latosol dan Grumosol untuk berbagai tingkat kemiringan dan intensitas hujan di Kabupaten Semarang



Gambar 3-6. Skenario Pengukuran Jumlah Tanah Tererosi

BAB 4

PELAKSANAAN PENELITIAN

Pelaksanaan penelitian diawali dengan kegiatan lapangan, kegiatan laboratorium dan analisis. Kegiatan lapangan meliputi pengambilan sampel uji (contoh tanah) di daerah Kabupaten Semarang, yaitu tanah Andosol di Kecamatan Getasan, tanah Latosol di Kecamatan Ungaran dan tanah Grumosol di Kecamatan Tengaran. Sedangkan laboratorium uji yang digunakan adalah laboratorium Hidrolika PAU Universitas Gajah Mada Yogyakarta dan laboratorium Mekanika Tanah Universitas 17 Agustus 1945 Semarang. Dan analisa regresi yang digunakan melalui program Window's Microsof Excel.

4.1. Kegiatan Lapangan

Kegiatan yang dilakukan dilapangan antara lain pengambilan contoh (sampel tanah) untuk uji karakteristik tanah (berat isi, kadar air, berat jenis, analisa butiran, dan permeabilitas) dan untuk uji tingkat erosi tanah dengan alat *rainfall simulator*.

4.1.1. Uji Karakteristik Tanah

Dalam pengambilan sampel tanah, dipilih lokasi yang dekat dengan jalan raya guna mempermudah transportasinya. Tanah yang diambil adalah tanah pertanian bagian atas (top soil) yang masih mempunyai ketebalan solum dan tidak ditumbuhi tanaman.

Pengambilan sampel guna pengetesan karakteristik tanah dilakukan dengan prosedur sebagai berikut :

- a. Menyiapkan tabung container dari pralon diameter 2½ inch, panjang 20 cm. Dan alat-alat lain seperti balok kayu, martil, plastik, parafin dan karet.
- b. Memasukkan tabung container sampai penuh tanah dengan cara dipukul dengan martil yang sebelumnya antara pralon dan martil diberi balok kayu supaya pukulan merata dan mulut pralon tidak rusak. Yang perlu

diperhatikan sebelum memasukkan tabung, tanah harus bersih dari tanaman dan kotoran.

- c. Tabung yang telah terisi tanah diambil menggunakan cetok, agar tanah tidak tumpah. Kemudian mulut pralon diolesi parafin, kedua ujung tabung ditutup plastik dan diikat menggunakan karet agar tidak terjadi penguapan.
- d. Tabung diberi kode lokasi dan nomor pengambilan, seperti Gunungpati-1 dan seterusnya.

Pengambilan tanah untuk kepentingan uji karakteristik ini diambil 5 (lima) titik di setiap lokasi pengambilan.

4.1.2. Pengambilan Tanah Uji

Cara pengambilan tanah guna keperluan pengujian besar erosi dengan alat *rainfall simulator* adalah menggunakan cangkul dengan kedalaman 20 cm, kemudian dimasukkan kedalam karung untuk dibawa ke laboratorium. Usahakan dalam pengambilan contoh tanah, apabila terdapat akar, rumput atau sampah, maka dihilangkan terlebih dahulu.

Banyaknya tanah yang dibawa sebelumnya diperhitungkan dengan mengalikan jumlah pengujian di setiap lokasi dengan ukuran kotak uji kemudian dikalikan berat jenis tanah yang telah di uji dilaboratorium sebelumnya.

4.2. Kegiatan Laboratorium

Kegiatan yang dilakukan dilaboratorium antara lain persiapan bahan dan alat, melakukan pengujian dan pengambilan data.

4.2.1. Persiapan Bahan dan Alat

Bahan yang dimaksud adalah bahan yang digunakan untuk pelaksanaan kegiatan pengujian di laboratorium yang habis pakai artinya bila bahan tersebut telah selesai digunakan dalam kegiatan pengujian, maka bahan tersebut tidak dipakai lagi. Sedangkan yang dimaksud dengan alat disini adalah peralatan yang dipakai guna menunjang terlaksananya pengujian dalam pengambilan data-data yang diperlukan.

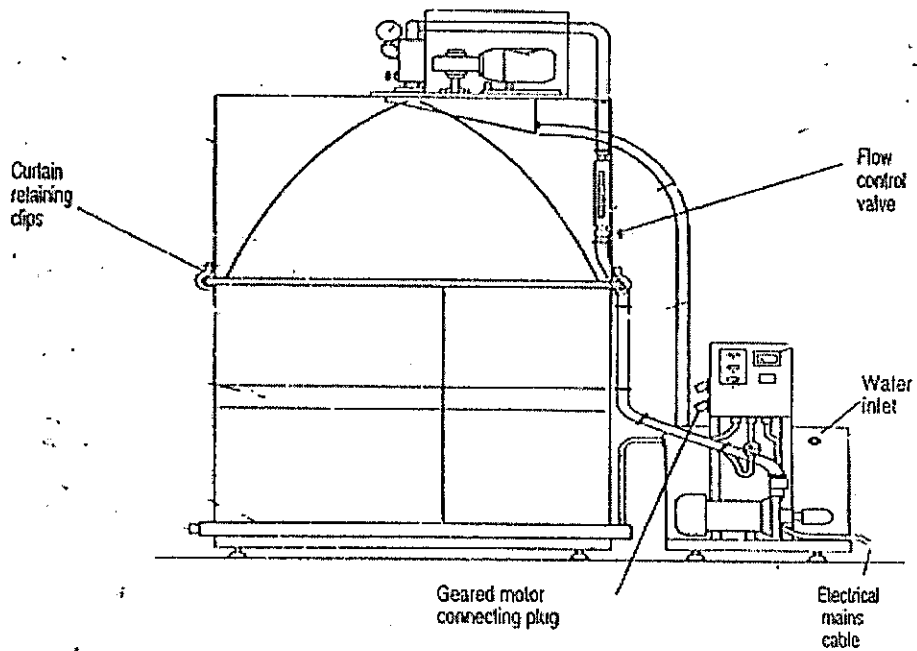
a. Bahan :

- 1) Tanah jenis andosol, grumosol dan latosol sebagai tanah yang akan diuji.
- 2) Air untuk bahan membuat hujan buatan yang ditampung pada bak *fiberglass* yang ditempatkan disamping alat *rainfall simulator*.
- 3) Papan kayu / multiplek ukuran (58 x 58) cm yang diberi pegangan, untuk meletakkan alat-alat pengukur curah hujan buatan.
- 4) Papan kayu / multiplek, untuk menutup bejana/container sebelum hujan buatan dijalankan.
- 5) Kertas saring ukuran (58 x 58) cm, digunakan untuk melihat besarnya ukuran butiran tetes hujan buatan beserta jumlahnya.
- 6) Methylene blue sebagai bahan yang digosokkan / disapukan pada kertas saring guna memudahkan melihat ukuran butiran hujan buatan.
- 7) Kotak kayu ukuran (100 x 100) cm, dan tinggi 10cm yang salah satu sisinya dipasang pipa pralon diameter 10cm dan sepertiga bagian pralon digergaji dengan maksud hasil erosi dapat tertampung, panjang pralon \pm 140 cm. Sisi bawah pada posisi miring, diberi lobang diameter 10mm dengan jarak 10 cm untuk mengalirkan resapan air (infiltrasi).
- 8) Serbuk karbit, digunakan untuk pengetesan kadar air sampel tanah yang akan dipadatkan pada kotak kayu. Pengujian ini menggunakan alat *speedy moisture tester*, yang mana kadar air tanah yang dipadatkan sama dengan kadar air tanah lapangan.

b. Alat :

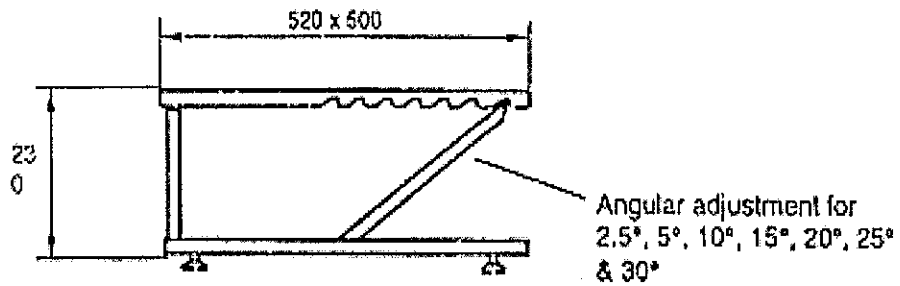
- 1) Alat utama terdiri dari:
 - a) Rainfall simulator, merupakan seperangkat alat yang digunakan untuk membuat hujan buatan, yang dilengkapi dengan :
 - *Spray head*, yang terdiri dari *nozzle* dan *disk*. *Nozzle* digunakan untuk mengatur besarnya butiran air hujan yang jatuh. Sedangkan *disk* dengan lubang berbentuk juring / cakram untuk mengatur besarnya bukaan, sehingga dapat mengatur intensitas hujan buatan yang diinginkan. Pada alat ini juga terdapat alat penunjuk tekanan yang terletak diatas *spray head*.

- Meja pengetesan yang dilengkapi dengan pengatur kemiringan (sudut), meja ini sebagai media untuk menempatkan tanah yang akan diuji. Alat ini bisa diatur kemiringannya dari sudut $2,5^{\circ}$ sampai dengan 30° . Dimensi alat : tinggi 23 cm, panjang 52 cm dan lebar 50 cm.
 - Kontrol panel, merupakan bagian alat untuk mengatur kecepatan percikan hujan buatan. Alat ini dilengkapi dengan penunjuk besarnya kecepatan (*disc motor speed indikator*), pengatur besar-kecilnya kecepatan (*disc motor speed controller*) dan tombol untuk menghidup-matikan pengatur kecepatan (*speed controller on-off switch*).
 - Container (tabung tembaga) diameter 7,25 cm dan tinggi 12,4 cm untuk menampung air hujan buatan. Alat ini dipakai guna mencari besar intensitas hujan dan energi kinetik hujan.
- b) *Speedy moisture tester* dan perlengkapannya, alat ini digunakan untuk mengukur kadar air tanah yang akan dimasukkan dalam kotak uji.
 - c) *Permeability* dan perlengkapannya, alat ini digunakan untuk mengukur harga koefisien rembesan.
 - d) *Piknometer*, alat ini digunakan untuk mengukur berat jenis tanah.
 - e) Gelas ukur dengan volume 250 cc, 500cc, 1 ltr dan 2 ltr.
 - f) Ayakan agregat halus.
 - g) Thermometer
 - h) Alat uji permeabilitas
 - i) Stopwatch.
 - j) Meteran.
- 2) Alat bantu yang digunakan adalah timbangan, skop, cetok, ember, waterpass, oven, cawan, kantong plastik, seperangkat peralatan tukang kayu/batu dan lain-lain.

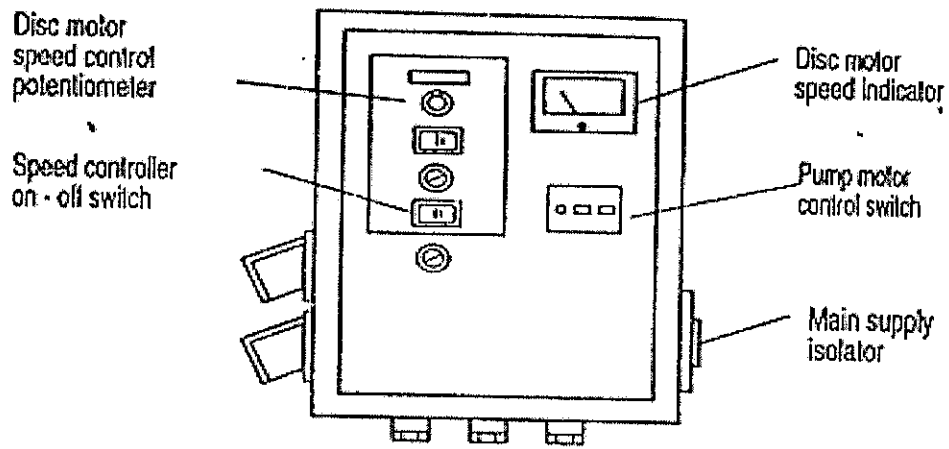


Gambar 4-1. Rainfall Simulator

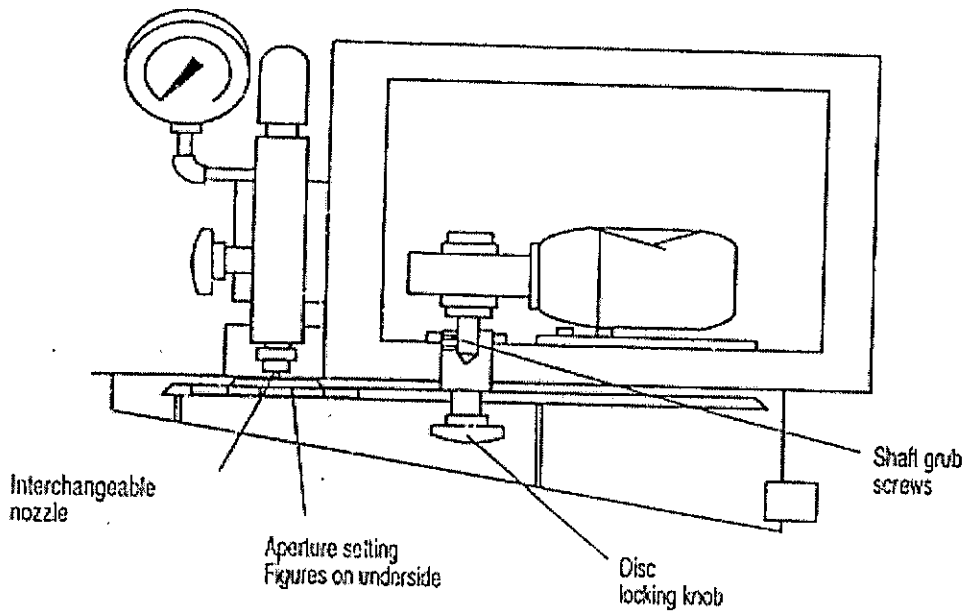
Accessory details



Gambar 4-2. Meja Pengetesan



Gambar 4-3. Kontrol Panel



Gambar 4-4. Spray Head

4.2.2. Pengujian dan Pengambilan Data

Pelaksanaan pengujian dan pengambilan data dilaboratorium, dilakukan dengan pengukuran berat isi tanah, kadar air, berat jenis butiran tanah, analisa butiran, permeabilitas, intensitas hujan, butiran hujan (*drop size*) dan besar erosi tanah.

4.2.2.1. Pengukuran Berat Isi Tanah (Unit Weight of Density) - γ_b

Pengujian berat isi tanah dilakukan menggunakan tabung pralon diameter 2½ inch, panjang 20 cm sehingga dapat diketahui volumenya (V).

$$\text{Berat Isi} = \frac{(W_1 - W_2)}{V}$$

Dimana : W_1 = Berat Tanah + Tabung
 W_2 = Berat Tabung
 V = Volume Tabung

Tabel. 4-1. Hasil Pengukuran Berat Isi Tanah (γ_b)

JENIS SAMPEL	Volume Tabung V (cm ³)	Berat Tabung W ₂ (gr)	Brt Tabung + Isi W ₁ (gr)	Isi W (gr)	Berat Isi γ_b (gr/cm ³)
Gunungpati 1	642,6	92,9	1355,7	1262,8	1,97
Gunungpati 2	626,7	90,6	1347,1	1256,5	2,00
Gunungpati 3	636,2	92,3	1334,1	1241,8	1,95
Gunungpati 4	633,1	91,6	1335,8	1244,2	1,97
Gunungpati 5	633,1	91,8	1338,1	1246,3	1,97
Rata-rata =				1250,3	1,97
Sruwen 1	633,1	91,6	1387,8	1296,2	2,05
Sruwen 2	633,1	91,8	1360,4	1268,6	2,00
Sruwen 3	636,2	92,3	1389,4	1297,1	2,04
Sruwen 4	626,2	90,6	1393,7	1303,1	2,08
Sruwen 5	642,6	92,9	1399,8	1306,9	2,03
Rata-rata =				1334,4	2,04
Getasan 1	633,1	91,6	1020,0	928,4	1,47
Getasan 2	626,7	90,6	1012,8	922,2	1,47
Getasan 3	642,6	92,9	1058,4	965,5	1,50
Getasan 4	633,1	91,8	1022,3	930,5	1,47
Getasan 5	636,2	92,3	1046,5	954,2	1,50
Rata-rata =				940,2	1,48

4.2.2.2. Pengukuran Kadar Air (Water Content) - W

Setelah dilakukan pengujian berat isi tanah kemudian dilakukan pengujian kadar air dengan menggunakan contoh tanah yang sama, dengan cara mengambil sebagian tanah bekas uji berat isi yang diletakkan pada cawan kosong (W_2) sebelumnya cawan kosong tersebut ditimbang terlebih dahulu (W_1). Selanjutnya tanah pada cawan tadi dioven 24 jam dengan temperatur 110°C lalu didinginkan dalam desicator dan ditimbang (W_3).

$$\text{Kadar Air} = \frac{(W_2 - W_1) - (W_3 - W_1)}{(W_2 - W_1)} \times 100\%$$

Dimana : W_1 = Berat Cawan
 W_2 = Berat Cawan + Tanah asli
 W_3 = Berat Cawan + Tanah setelah dioven

Tabel. 4-2. Hasil Pengukuran Kadar Air (Ka)

JENIS SAMPEL	Berat Cawan $W_1(\text{gr})$	Berat Tnh Asli $W_2(\text{gr})$	$W_a = W_2 - W_1$ (gr)	Berat Tnh Oven $W_3(\text{gr})$	$W_b = W_3 - W_1$ (gr)	$W_c = W_a - W_b$ (gr)	$K_a = \frac{W_c}{W_a} \times 100$ (%)
Gunungpati 1	26,8	127,0	100,2	103,4	76,6	23,6	23,55
Gunungpati 2	25,7	198,2	172,5	168,6	142,9	29,6	17,16
Gunungpati 3	25,5	196,4	170,9	163,9	138,4	32,5	19,02
Gunungpati 4	27,8	228,9	201,1	193,4	165,6	35,5	17,65
Gunungpati 5	26,5	182,1	155,6	150,8	124,3	31,3	20,12
Rata-rata =						30,5	19,50
Sruwen 1	42,6	138,9	96,3	117,1	74,5	21,8	22,64
Sruwen 2	27,1	139,3	112,2	115,2	88,1	24,1	21,48
Sruwen 3	28,1	142,0	113,9	116,3	88,2	25,7	22,56
Sruwen 4	46,8	158,6	111,8	133,0	86,2	25,6	22,90
Sruwen 5	36,2	138,3	102,1	115,0	78,8	23,3	22,82
Rata-rata =						24,1	22,48
Getasan 1	26,8	134,5	107,7	108,5	81,7	26,0	24,14
Getasan 2	25,7	114,3	88,6	87,7	62,0	26,6	30,02
Getasan 3	25,5	108,8	83,3	83,7	58,2	25,1	30,13
Getasan 4	27,1	107,8	80,7	84,2	57,1	23,6	29,24
Getasan 5	26,3	120,9	94,6	96,0	69,7	24,9	26,32
Rata-rata =						25,2	27,97

4.2.2.3. Pengukuran Berat Jenis Butiran Tanah (Specific Gravity) - G_s

Tanah kering oven dari pengujian kadar air diambil 10 gr disetiap jenis tanah. *Picnometer* kosong ditimbang (W_1), tanah dimasukkan dalam *picnometer* lalu ditimbang (W_2). *Picnometer* berisi tanah diberi air suling sampai dibawah leher *Picnometer* kemudian dikocok dan dimasukkan dalam centrifuge agar tidak ada gelembung udara setelah itu didiamkan selama 24 jam. Setelah didiamkan 24 jam, *picnometer* tadi diisi air suling hingga penuh dan ditimbang (W_3). Temperatur *aquadest* dalam *picnometer* diukur dan dicari kalibrasinya (t_2).

$$\text{Berat Jenis} = \frac{(W_2 - W_1)}{\text{HAP} - (W_3 - W_2) \times t_2}$$

Sebelum mencari berat jenis butiran tanah, Harga Air *Picnometer* (HAP) dicari terlebih dahulu dengan rumus : $\text{HAP} = (W_b - W_a) \times t_1$

Dimana :
 W_a = Berat *picnometer*
 W_b = Berat *picnometer* + *aquadest*
 t_1 = Kalibrasi temperatur *aquadest* dalam *picnometer*

Tabel. 4-3. Hasil Pengukuran Berat Jenis Butiran Tanah

JENIS	W_1	W_2	$W_2 - W_1$	W_3	$W_3 - W_2$	t_2 (26°)	HAP	G _s
Gunungpati 1	23,45	33,4	9,90	79,1	45,8	1,00336	49,5	2,63
Gunungpati 2	23,30	33,1	9,80	78,4	45,3	1,00336	49,0	2,64
Gunungpati 3	23,00	32,8	9,80	78,2	45,4	1,00336	49,2	2,57
Gunungpati 4	22,70	32,7	9,95	78,6	46,0	1,00336	49,7	2,64
Gunungpati 5	23,40	33,2	9,75	78,5	45,4	1,00336	49,1	2,59
Rata-rata =								2,61
Sruwen 1	23,45	33,3	9,80	79,3	46,1	1,00336	49,5	2,83
Sruwen 2	23,30	33,2	9,90	78,7	45,5	1,00336	49,0	2,82
Sruwen 3	23,00	32,3	9,30	78,2	45,9	1,00336	49,2	2,81
Sruwen 4	22,70	32,5	9,81	78,8	46,3	1,00336	49,7	2,86
Sruwen 5	23,40	33,4	9,95	79,0	45,7	1,00336	49,1	2,87
Rata-rata =								2,84
Getasan 1	23,45	33,4	9,95	79,3	45,9	1,00336	49,5	2,75
Getasan 2	23,30	33,3	9,97	78,6	45,3	1,00336	49,0	2,71
Getasan 3	23,00	32,8	9,80	78,4	45,6	1,00336	49,2	2,71
Getasan 4	22,70	32,6	9,92	78,7	46,1	1,00336	49,7	2,73
Getasan 5	23,40	33,3	9,87	78,8	45,5	1,00336	49,1	2,75
Rata-rata =								2,73

4.2.2.4. Pengukuran Analisa Butiran Tanah

Pengujian analisa butiran tanah terdiri dari analisa saring dan analisa hidrometer. Untuk butiran yang lebih besar dari 0,075 mm diuji dengan ayakan (sieve) sedang butiran yang lebih kecil dari 0,075 mm diuji dengan hidrometer.

a. Analisa Saring (Ayak)

Dilakukan dengan mengayak 100 gr (W_a) tanah yang sebelumnya telah dioven 24 jam pada suhu 110°C dan didinginkan dalam desikator. Tanah uji tersebut direndam dalam air selama 24 jam, kemudian dicuci dan disaring menggunakan saringan no. 200 untuk memisahkan butiran ukuran lebih dari 0,075 mm. Butiran tanah yang tertahan pada saringan no. 200 dioven selama 24 jam dan diayak dengan ayakan yang disusun seperti pada Tabel 4-4.

$$\text{Prosentase tertahan} = (W_t : W_a) \times 100\% \longrightarrow W_t = W_2 - W_1$$

Dimana : W_t = berat tertahan (gr)

W_2 = berat tanah dan saringan (gr)

W_1 = berat saringan (gr)

Prosentase kumulatif adalah angka kumulatif dari prosentase tanah yang tertahan, sehingga prosentase lolos yaitu 100% dikurangi prosentase kamulatif tanah tertahan.

Tabel. 4-4. Hasil Analisa Saringan Tanah Latosol di Gunungpati

Lokasi = Gunungpati					
Kedalaman = 0,2 meter					
Berat Tanah = 100 gr					
Nomor Sieve	Diameter Sieve (mm)	Berat Tertahan (gr)	Prosentase		
			Tertahan	Kumulatif	Lolos
4	4,750	0,00	0,00	0,00	100,00
10	2,000	0,80	0,80	0,80	99,20
20	0,850	1,10	1,10	1,90	98,10
40	0,425	1,20	1,20	3,10	96,90
60	0,250	0,90	0,90	4,00	96,00
80	0,180	0,80	0,80	4,80	95,20
120	0,125	1,20	1,20	6,00	94,00
170	0,090	1,20	1,20	7,20	92,80
200	0,075	1,30	1,30	8,50	91,50
pan	pan	0,20	0,20	8,70	91,30

Tabel. 4-5. Hasil Analisa Saringan Tanah Grumosol di Sruwen

Lokasi = Sruwen					
Kedalaman = 0,2 meter					
Berat Tanah = 100 gr					
Nomor Sieve	Diameter Sieve (mm)	Berat Tertahan (gr)	Prosentase		
			Tertahan	Kumulatif	Lolos
4	4,750	12,60	12,60	12,60	87,40
10	2,000	9,80	9,80	22,40	77,60
20	0,850	9,20	9,20	31,60	68,40
40	0,425	8,80	8,80	40,40	59,60
60	0,250	7,80	7,80	48,20	51,80
80	0,180	4,40	4,40	52,60	47,40
120	0,125	7,20	7,20	59,80	40,20
170	0,090	5,20	5,20	65,00	35,00
200	0,075	2,80	2,80	67,80	32,20
pan	pan	0,40	0,40	68,20	31,80

Tabel. 4-6. Hasil Analisa Saringan Tanah Andosol di Getasan

Lokasi = Getasan					
Kedalaman = 0,2 meter					
Berat Tanah = 100 gr					
Nomor Sieve	Diameter Sieve (mm)	Berat Tertahan (gr)	Prosentase		
			Tertahan	Kumulatif	Lolos
4	4,750	1,00	1,00	1,00	99,00
10	2,000	2,40	2,40	3,40	96,60
20	0,850	3,20	3,20	6,60	93,40
40	0,425	5,40	5,40	12,00	88,00
60	0,250	7,10	7,10	19,10	80,90
80	0,180	4,50	4,50	23,60	76,40
120	0,125	9,70	9,70	33,30	66,70
170	0,090	7,20	7,20	40,50	59,50
200	0,075	4,70	4,70	45,20	54,80
pan	pan	0,70	0,70	45,90	54,10

b. Pengujian Hidrometer

Butiran tanah yang lolos saringan no. 200 pada proses pemisahan butiran tanah, dikeringkan kemudian dicampur dengan air suling dan NaSO₄ 4% dan direndam selama 16 jam, agar butiran tanah saling terpisah.

Rendaman tanah di mixer 1 menit yang sebelumnya ditambah dengan air suling setengahnya, kemudian dipindah pada gelas ukur dan ditambah air

suling sampai mencapai volume 1000 ml. Setelah itu dikocok sampai larutan merata, termometer dimasukkan dan hidrometer dimasukkan bersamaan dengan menghidupkan stopwatch. Pembacaan hidrometer dilakukan saat stopwatch menunjukkan waktu seperti pada Tabel 4-7.

$$\text{Pembacaan Terkoreksi (Rc)} = \text{Ra} + \text{Zc} - \text{Ct}$$

Dimana: Ra = Pembacaan aktual

Zc = Zero conection (3 strip)

Ct = faktor koreksi temperatur

$$\text{Prosen finer} = \frac{(\text{Rc} \times a)}{\text{Ws}} \times \text{prosentase lolos saring no. 200}$$

Dimana: a = Faktor kotreksi Gs (berat jenis)

Ws = Berat tanah kering lolos saring no. 200

$$\text{Diameter butiran (D)} = K \sqrt{L:t}$$

Dimana : L = Tinggi efektif hidrometer, berdasarkan besarnya nilai R

R = Ra + Mc,

Mc= Miniscus corection (1 strip)

K = Angka koreksi temperatur

T = waktu pembacaan hidrometer (menit)

Tabel. 4-7. Hasil Pengukuran Hidrometer Tanah Latosol di Gunungpati

Lokasi = Gunungpati Gs = 2,61
 Lolos Saring = 91,30 % a = 0,946
 Berat Tanah = 90 gr Ct = 3,5

Waktu (menit)	Temperatur °C	Ra	Rc	Lolos (%)	R	L	L / t	K	D
1	28	88,7	88,2	84,6	87,7	25,91	25,91	0,012	0,062
2	28	83,3	82,8	79,5	82,3	28,31	14,15	0,012	0,046
4	28	71,3	70,8	67,9	70,3	26,50	6,62	0,012	0,031
9	28	44,1	43,6	41,8	43,1	9,60	1,07	0,012	0,013
16	28	39,7	39,2	37,6	38,7	8,90	0,56	0,012	0,009
25	28	38,2	37,7	36,2	37,2	12,14	0,49	0,012	0,009
36	28	34,4	33,9	32,5	33,4	13,24	0,37	0,012	0,007
49	28	26,3	25,8	24,8	25,3	11,46	0,23	0,012	0,006
60	28	18,8	18,3	17,6	17,8	7,11	0,12	0,012	0,004
120	28	12,4	11,9	11,4	11,4	10,45	0,09	0,012	0,004
240	28	9,7	9,2	8,8	8,7	7,80	0,03	0,012	0,002

Tabel. 4-8. Hasil Pengukuran Hidrometer Tanah Grumosol di Sruwen

Lokasi = Sruwen Gs = 2,84
 Lolos Saring = 31,80 % a = 1,029
 Berat Tanah = 30 gr Ct = 3,5

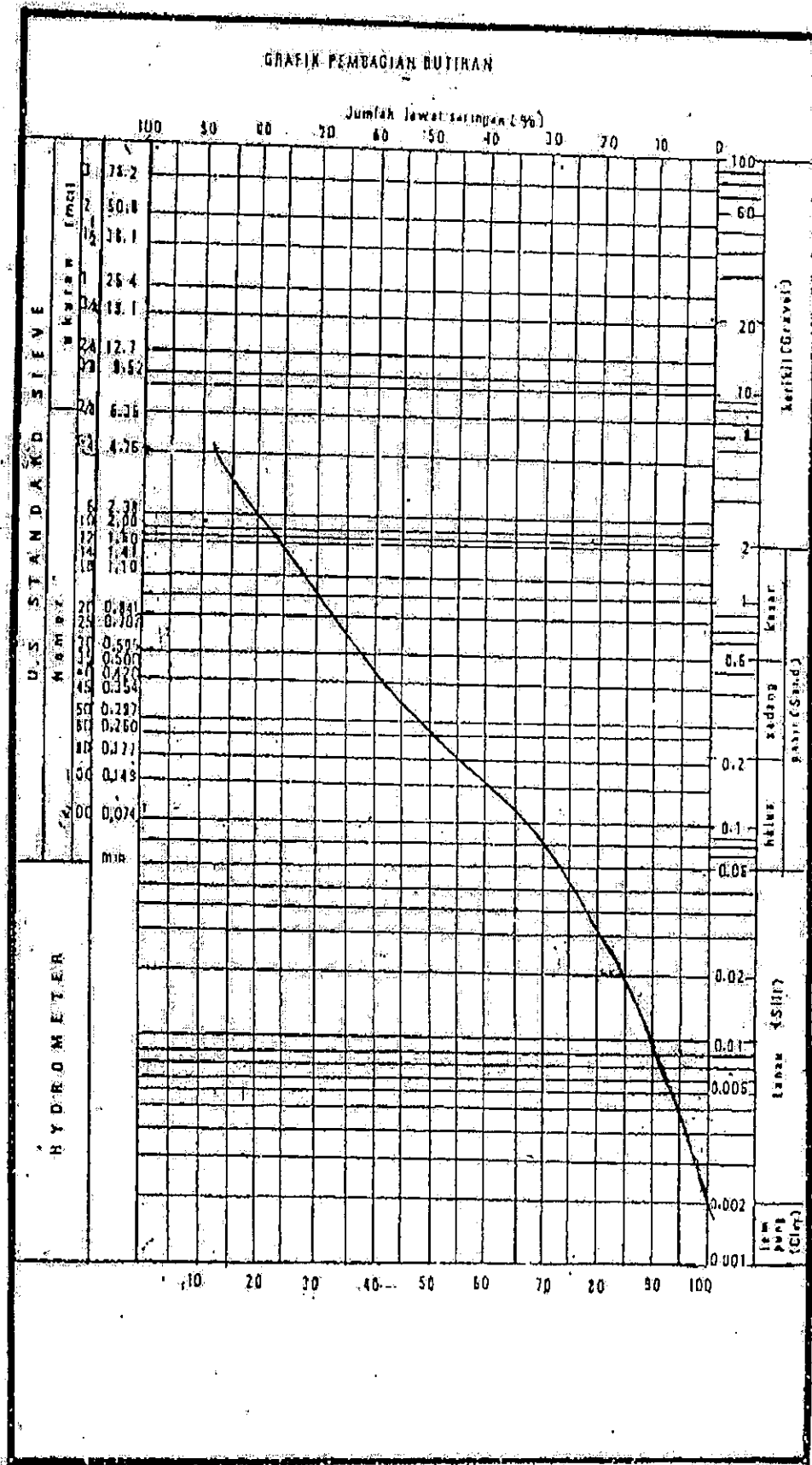
Waktu (menit)	Temperatur °C	Ra	Rc	Lolos (%)	R	L	L/t	K	D
1	28	25,9	25,4	27,7	24,9	27,95	27,95	0,012	0,065
2	28	21,8	21,3	23,2	20,8	41,54	20,77	0,012	0,056
4	28	21,4	20,9	22,8	20,4	61,15	15,29	0,012	0,048
9	28	19,3	18,8	20,5	18,3	76,63	8,51	0,012	0,036
16	28	15,5	15,0	16,4	14,5	67,72	4,23	0,012	0,025
25	28	11,7	11,2	12,2	10,7	25,83	1,03	0,012	0,012
36	28	9,2	8,7	9,5	8,2	22,29	0,62	0,012	0,01
49	28	7,2	6,7	7,3	6,2	18,52	0,38	0,012	0,008
60	28	6,4	5,9	6,4	5,4	16,00	0,27	0,012	0,006
120	28	5,3	4,8	5,2	4,3	23,51	0,20	0,012	0,005
240	28	3,5	3,0	3,3	2,5	37,15	0,15	0,012	0,005

Tabel. 4-9. Hasil Pengukuran Hidrometer Tanah Andosol di Getasan

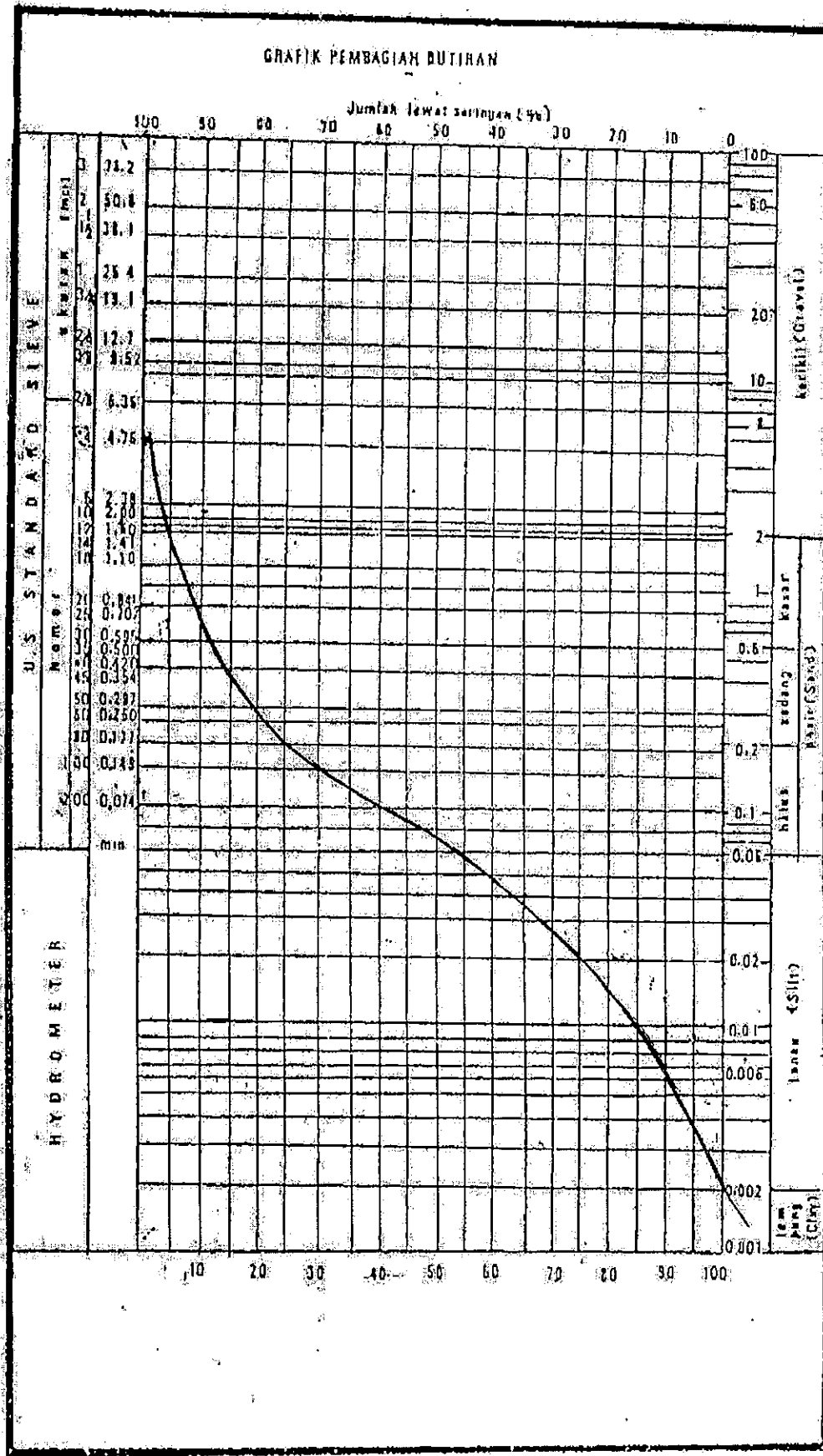
Lokasi = Getasan Gs = 2,73
 Lolos Saring = 54,10% a = 0,986
 Berat Tanah = 50 gr Ct = 3,5

Waktu (menit)	Temperatur °C	Ra	Rc	Lolos (%)	R	L	L/t	K	D
1	28	44,2	43,7	46,6	43,2	26,84	26,84	0,012	0,063
2	28	39,7	39,2	41,8	38,7	43,35	21,68	0,012	0,057
4	28	33,5	33,0	35,2	32,5	57,36	14,34	0,012	0,046
9	28	31,2	30,7	32,8	30,2	89,16	9,91	0,012	0,038
16	28	23,2	22,7	24,2	22,2	52,50	3,28	0,012	0,022
25	28	15,6	15,1	16,1	14,6	30,61	1,22	0,012	0,014
36	28	13,2	12,7	13,5	12,2	23,23	0,65	0,012	0,01
49	28	12,0	11,5	12,3	11,0	17,07	0,35	0,012	0,007
60	28	11,2	10,7	11,4	10,2	18,64	0,31	0,012	0,007
120	28	6,3	5,8	6,2	5,3	21,80	0,18	0,012	0,005
240	28	2,7	2,2	2,3	1,7	23,28	0,10	0,012	0,004

Tesis: Kajian laju erosi tanah Andosol, Latosol dan Grumosol untuk berbagai tingkat kemiringan dan intensitas hujan di Kabupaten Semarang



Gambar. 4-6. Grafik Analisa Saringan Tanah Grumosol di Sruwen



Gambar. 4-7. Grafik Analisa Saringan Tanah Andosol di Getasan

4.2.2.5. Pengukuran Permeabilitas

Untuk menentukan harga koefisien rembesan (permeabilitas) dilaboratorium dilakukan dengan menggunakan cara tinggi energi tetap (*constant head*). Prosedur pengujiannya adalah contoh tanah dimasukkan kedalam tabung sesuai dengan kepadatan dan berat isi tanah yang diharapkan. Dimana panjang sampel tanah (L) 8 cm, diameter (d) 5 cm, sehingga luas (A) 19,625 cm² dan volume (V) 157 cm³. Permukaan atas dan bawah tanah dipasang kertas filter dan batu pori, tabung benda uji yang telah siap diletakkan pada permeameter yang dihubungkan dengan *buret* (pipa ukur). Buret diisi air dan kran air dibuka agar air mengalir melalui benda uji sampai jenuh dan dibiarkan keluar melalui lubang pengeluaran yang ada dibawah permeameter. Ketinggian muaka air pada pengisian (h_1) dan pengeluaran (h_2) diukur sampai didapat ketinggian yang konstant (tetap). Setelah air konstan, keluaran air dihitung waktunya (t) menggunakan *stopwach* dan airnya ditampung dengan gelas ukur, suhu temperatur airnya diukur (T).

$$k = \frac{q}{A \times i \times 60}$$

Dimana :
k = Koefisien Permeabilizas (m/dt)
q = Debit (m³/dt)
A = Luas Sampel Tanah (m²)
i = Gradien Hidrolik = ($h_1 - h_2$) / L

Tabel. 4-10. Koefisien Permeabilitas (k) Tanah Latosol di Gunungpati

Lokasi		= Gunungpati		A	= 19,625	cm²
h₁		= 200		cm	G_s	= 2,61
h₂		= 0		cm	L	= 8
Interval Waktu		Debit		Gradien Hidrolik	i	Kofisien Permeabilitas k (cm/detik)
t (menit)	Terukur Q (ml)	Persatuan Waktu q (ml/menit)				
2	48,5	0,00		25,00		
2	47,7	0,80		25,00		1,35881E-05
2	46,9	0,80		25,00		1,35881E-05
2	46,2	0,70		25,00		1,18895E-05
2	45,4	0,80		25,00		1,35881E-05
2	44,7	0,70		25,00		1,18895E-05
2	44,4	0,30		25,00		
2	44,3	0,10		25,00		
2	44,2	0,10		25,00		
2	44,2	0,00		25,00		
Rata-rata =						1,29087E-05

Tabel. 4-11. Koefisien Permeabilitas (k) Tanah Grumosol di Sruwen

Lokasi		= Sruwen		A	= 19,625	cm²
h₁		= 100		cm	G_s	= 2,84
h₂		= 0		cm	L	= 8
Interval Waktu		Debit		Gradien Hidrolik	i	Kofisien Permeabilitas k (cm/detik)
t (menit)	Terukur Q (ml)	Persatuan Waktu q (ml/menit)				
1	46,0	0,00		12,50		
1	44,6	1,40		12,50		9,51167E-05
1	43,4	1,20		12,50		8,15286E-05
1	42,2	1,20		12,50		8,15286E-05
1	40,9	1,30		12,50		8,83227E-05
1	39,8	1,10		12,50		7,47346E-05
1	38,5	1,30		12,50		8,83227E-05
1	37,2	1,30		12,50		8,83227E-05
1	37,1	0,10		12,50		
1	37,0	0,10		12,50		
1	37,0	0,00		12,50		
Rata-rata =						8,5411E-05

Tabel. 4-12. Koefisien Permeabilitas (k) Tanah Andosol di Getasan

Lokasi	= Getasan	A = 19,625	cm ²	
h ₁	= 200	cm	G _s = 2,73	
h ₂	= 0	cm	L = 8	
Interval Waktu t (menit)	Debit		Gradien Hidrolik i	Kofisien Permeabilitas k (cm/detik)
	Terukur Q (ml)	Persatuan Waktu q (ml/menit)		
2	44,2	0,00	25,00	
2	43,1	1,10	25,00	1,86836E-05
2	41,9	1,20	25,00	2,03821E-05
2	40,7	1,20	25,00	2,03821E-05
2	39,5	1,20	25,00	2,03821E-05
2	38,4	1,10	25,00	1,86836E-05
2	37,3	1,10	25,00	1,86836E-05
2	37,1	0,20	25,00	
2	37,1	0,00	25,00	
2	37,0	0,10	25,00	
Rata-rata =				1,95329E-05

4.2.2.6. Pengukuran Intesitas Hujan

Setelah semua fungsi peralatan dikontrol dan berjalan dengan baik, serta semua bahan yang akan digunakan untuk pengujian sudah lengkap maka segera dilakukan pengukuran. Pengukuran intensitas hujan dilakukan dengan cara :

- 1) Meja yang telah dilengkapi dengan pengatur kemiringan diletakkan ditengah alat rainfall simulator.
- 2) Lima buah container diletakkan diatas alat tersebut dengan alas papan kayu / multiplek ukuran (58 x 58) cm dalam posisi 4 (empat) container diletakkan pada sudut dan 1 (satu) container diletakkan ditengah, Container pada kondisi tertutup agar tidak terisi air.
- 3) Apabila Alat *rainfall simulator* telah diatur *disc motor speed indicator*nya (tekanan dan kecepatan bisa diubah sesuai intensitas yang dikehendaki), tutup kontainer dibuka, Secara bersamaan rainfall simulator dihidupkan dan perhitungan dengan stop watch dimulai.
- 4) Setelah 10 (sepuluh) menit berjalan, rainfall simulator dimatikan dan container ditutup kembali.

5) Air yang ada dalam container ditakar dalam gelas ukur dan dicatat volumenya.

Dengan diketahui luas container (A), volume air (V) dan waktu (t), maka intensitas hujan (I) dapat dihitung.

$$I = \frac{V}{(A \times t)} \times 600$$

Kecepatan dan tekanan alat rainfall simulator dapat diubah-ubah tergantung pada intensitas yang dikehendaki dengan mengatur *disc motor speed indicator* dan tekanannya. Percobaan ini dilakukan berulang kali hingga mendapat intensitas hujan yang dicari, yaitu 30 mm/jam; 40 mm/jam; 50 mm/jam dan 60 mm/jam,

Tabel. 4-13. Hasil Pengukuran Intensitas Curah Hujan (I)

Percobaan	Luas Container $A = \frac{1}{4} \pi D^2$ (cm ²)	Waktu (menit)	Volume (ml)	Intensitas (mm/jam)	Intensitas Rata-rata (mm/jam)
30mm/jam (1)	41,26	10	20,64	30,01	30,15
30mm/jam (2)	41,26	10	20,80	30,25	
30mm/jam (3)	41,26	10	20,77	30,20	
40mm/jam (1)	41,26	10	27,60	40,13	40,07
40mm/jam (2)	41,26	10	27,52	40,02	
40mm/jam (3)	41,26	10	27,55	40,06	
50mm/jam (1)	41,26	10	34,40	50,02	49,66
50mm/jam (2)	41,26	10	33,90	49,30	
50mm/jam (3)	41,26	10	34,15	49,66	
60mm/jam (1)	41,26	10	41,20	59,91	59,96
60mm/jam (2)	41,26	10	41,54	60,40	
60mm/jam (3)	41,26	10	40,95	59,57	

4.2.2.7. Menentukan Distribusi Ukuran Butiran Hujan

Pengukuran dilakukan pada intensitas hujan buatan 30, 40, 50, dan 60 mm/jam dengan cara :

- 1) Melewatkan kertas saring yang mengandung *methylene blue* melalui percikan hujan buatan, Pada setiap intensitas, dilakukan pengukuran distribusi butiran hujan sebanyak 3 (tiga) kali dan dirata-rata.

2) Kertas saring yang telah mendapatkan percik tersebut dikeringkan, sehingga diperoleh noda-noda percikan hujan dengan diameter bervariasi.

3) Diameter noda (D) percikan dihitung berkelompokan 1; 2; 3; 4; 5 dan 6 mm, noda percikan yang diameternya > 6mm tidak digunakan.

Dari data hasil distribusi butiran hujan ini, dapat dihitung energi kinetiknya (EK) = $\frac{1}{2} mv^2$ dengan diketahui volume butiran hujan (V) = $(\frac{4}{3} \pi D^3) / 8$ (mm³) dan massa butiran hujan (m) = volume butiran hujan (V) dikalikan berat jenis air, Kecepatan jatuh (v) menggunakan grafik Laws.

Tabel. 4-14. Hasil Pengukuran Jumlah Butiran Hujan

Intensitas Hujan (mm/jam)	Diameter Butiran Hujan (mm)					
	1	2	3	4	5	6
30 mm/jam (1)	57	67	85	25	13	7
30 mm/jam (2)	55	63	87	23	9	9
30 mm/jam (3)	56	65	86	24	11	8
40 mm/jam (1)	65	75	88	79	16	14
40 mm/jam (2)	67	71	92	77	20	12
40 mm/jam (3)	66	73	90	78	18	13
50 mm/jam (1)	71	83	97	89	55	30
50 mm/jam (2)	73	81	95	88	53	31
50 mm/jam (3)	72	82	96	90	54	29
60 mm/jam (1)	79	96	105	97	90	54
60 mm/jam (2)	81	92	103	99	88	58
60 mm/jam (3)	80	94	104	98	89	56

Tabel. 4-15. Energi Kinetik Untuk I = 30 mm/jam

Diameter Butiran (mm)	Jumlah Butiran	Volume Butiran (mm ³)	Massa Butiran (m) (Kg) 10 ⁻⁶	Kecepatan Jatuh (v) (mm/det)	v ² (mm ² /det ²)	EK $\frac{1}{2} mv^2$ (joule/m ² /mm)
1	56	0,5233	29,3067	4,1	16,810	731,787467
2	65	4,1867	272,1333	5,1	26,010	6795,169333
3	86	14,1300	1215,1800	5,6	31,360	30343,044600
4	24	33,4933	803,8400	6,0	36,000	20071,884800
5	11	65,4167	719,5833	6,2	38,440	17967,995833
6	8	113,0400	904,3200	6,4	40,960	22580,870400
	$\Sigma =$		3944,3633		$\Sigma =$	98490,752433

$$\text{Jadi EK untuk Intensitas 30 mm/jam} = \frac{98490,752433}{3944,3633} = 24,97 \text{ joule/m}^2/\text{mm}$$

Tabel. 4-16. Energi Kinetik Untuk I = 40 mm/jam

Diameter Butiran (mm)	Jumlah Butiran	Volume Butiran (mm ³)	Massa Butiran (m) (Kg) 10 ⁻⁶	Kecepatan Jatuh (v) (mm/det)	v ² (mm ² /det ²)	EK $\frac{1}{2} mv^2$ (joule/m ² /mm)
1	66	0,5233	34,5400	4,1	16,810	894,586000
2	73	4,1867	305,6267	5,1	26,010	7915,730667
3	90	14,1300	1271,7000	5,6	31,360	32937,030000
4	78	33,4933	2612,4800	6,0	36,000	67663,232000
5	18	65,4167	1177,5000	6,2	38,440	30497,250000
6	13	113,0400	1469,5200	6,4	40,960	38060,568000
$\Sigma =$			6871,3667	$\Sigma =$		177968,396667

$$\text{Jadi EK untuk Intensitas 40 mm/jam} = \frac{177968,396667}{6871,3667} = 25,90 \text{ joule/m}^2/\text{mm}$$

Tabel. 4-17. Energi Kinetik Untuk I = 50 mm/jam

Diameter Butiran (mm)	Jumlah Butiran	Volume Butiran (mm ³)	Massa Butiran (m) (Kg) 10 ⁻⁶	Kecepatan Jatuh (v) (mm/det)	v ² (mm ² /det ²)	EK $\frac{1}{2} mv^2$ (joule/m ² /mm)
1	72	0,5233	37,6800	4,1	16,810	1015,476000
2	82	4,1867	343,3067	5,1	26,010	9252,114667
3	96	14,1300	1356,4800	5,6	31,360	36557,136000
4	90	33,4933	3014,4000	6,0	36,000	81238,080000
5	54	65,4167	3532,5000	6,2	38,440	95200,875000
6	29	113,0400	3278,1600	6,4	40,960	88346,412000
$\Sigma =$			11562,5267	$\Sigma =$		311610,093667

$$\text{Jadi EK untuk Intensitas 50 mm/jam} = \frac{311610,093667}{11562,5267} = 26,95 \text{ joule/m}^2/\text{mm}$$

Tabel. 4-18. Energi Kinetik Untuk I = 60 mm/jam

Diameter Butiran (mm)	Jumlah Butiran	Volume Butiran (mm ³)	Massa Butiran (m) (Kg) 10 ⁻⁶	Kecepatan Jatuh (v) (mm/det)	v ² (mm ² /det ²)	EK mv^2 (joule/m ² /mm)
1	80	0,5233	41,8667	4,1	16,810	1149,240000
2	94	4,1867	393,5467	5,1	26,010	10802,856000
3	104	14,1300	1469,5200	5,6	31,360	40338,324000
4	98	33,4933	3282,3467	6,0	36,000	90100,416000
5	89	65,4167	5822,0833	6,2	38,440	159816,187500
6	56	113,0400	6330,2400	6,4	40,960	173765,088000
$\Sigma =$			17339,6033	$\Sigma =$		475972,111500

$$\text{Jadi EK untuk Intensitas 60 mm/jam} = \frac{475972,111500}{17339,6033} = 27,45 \text{ joule/m}^2/\text{mm}$$

4.2.2.8. Pengujian Laju Tanah Tererosi

Sebelum tanah uji dimasukkan dalam kotak uji, kadar air sampel tanah harus disesuaikan dengan kadar air tanah dilapangan. Pengujian kadar air ini menggunakan alat *speedy moisture tester* dengan cara memasukkan sampel tanah ke tabung *speedy* yang sebelumnya menetralkan alat terlebih dahulu dengan melihat garis merah (penunjuknya) harus berhimpit. Kemudian bola baja (2 buah) dimasukkan ke dalam tabung *speedy* pelan-pelan, selanjutnya dimasukkan bubuk karbit dimasukkan (2 sendok).

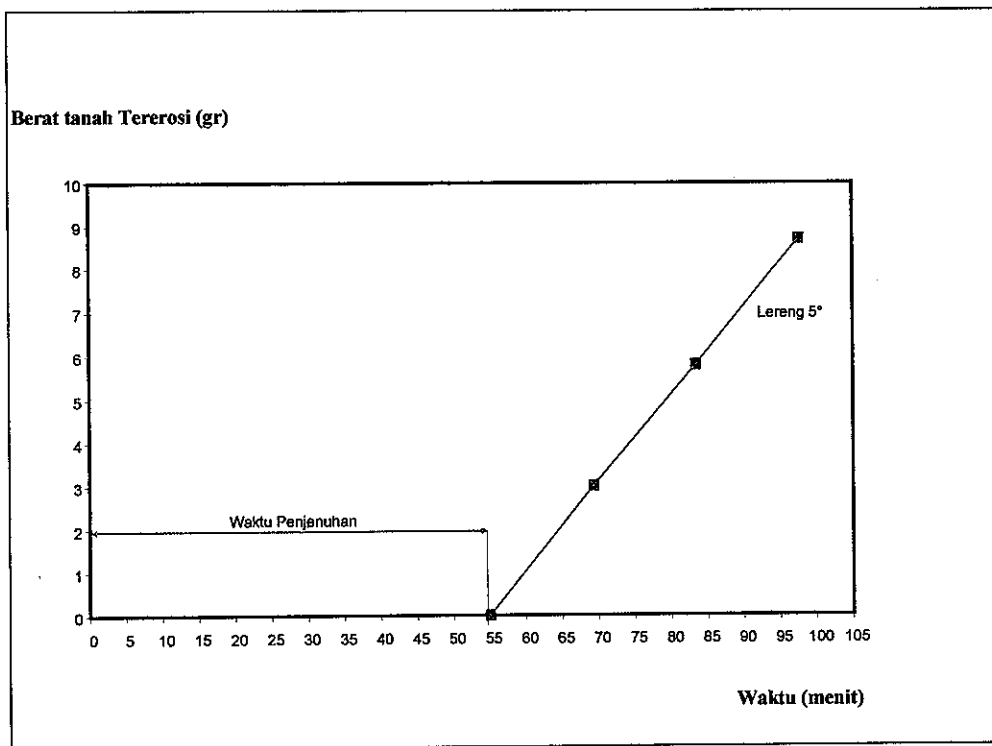
Setelah tabung ditutup, tabung *speedy* dipegang mendatar dan putar kedepan pada sumbu datar selama 10 detik, lalu diamkan 20 detik. Pemutaran ini dilakukan berulang selama 3 menit dan dibaca jarum penunjuk prosentase kadar air. Jika kadar air kurang maka sampel tanah yang akan dimasukkan pada kotak uji dibasahi kemudian diukur lagi kadar airnya sampai konsisinya mendekati kadar air di lapangan.

Pengujian laju tanah tererosi ini dilakukan dengan cara :

- 1) Alat pengukur kemiringan diletakkan ditengah-tengah alat rainfall simulator dan diatur pada variasi kemiringan tanah 5°.
- 2) Kotak kayu dengan ukuran luas 1m x 1m dan tinggi 10 cm diletakkan diatas alat pengukur kemiringan, kemudian diisi tanah yang telah disesuaikan prosentase kadar airnya, tanah diratakan dan dipadatkan mendekati kepadatan lapangan hingga penuh.
- 3) Pada kotak kayu bagian hilir dipasang pralon diameter 10 cm dan pada ujung pralon dipasang gelas ukur untuk menampung hasil erosi.
- 4) Apabila semuanya telah siap, rainfall simulator dihidupkan dan diatur pada intensitas hujan buatan 30 mm/jam.
- 5) Pada saat tanah mulai jenuh dan limpasan air yang membawa tanah tererosi mulai meluap masuk talang pralon dan mengalir, air luapan ditampung dengan gelas ukur 2 liter bersamaan *stopwatch* dihidupkan, sehingga diperoleh waktu yang dibutuhkan untuk mencapai 2 liter air yang mengandung butiran tanah disetiap intensitas dan kemiringan tanah.

- 6) Setelah mendapatkan 2 (dua) liter air yang mengandung butiran tanah, penutup uji ditutup bersamaan mematikan *stopwatch* dan hujan buatan dihentikan.
- 7) Air yang didapat kemudian disaring menggunakan kertas saring yang telah ditimbang (W_1) sehingga butiran tanah yang mengandung pasir akan tertinggal diatas kertas saring.
- 8) Kertas saring tersebut dioven 24 Jam dan ditimbang beratnya (W_2) sehingga diketahui berat tanah yang tererosi ($W_2 - W_1$).
- 9) Pengujian ini diulang 3 (tiga) kali disetiap kemiringan dan intensitas hujan.

Kalau diperhatikan hubungan antara waktu dengan jumlah tanah tererosi pada intensitas hujan dan kemiringan yang sama dengan 3 (tiga) kali percobaan, secara umum mempunyai kecenderungan linier. Hal ini dapat dilihat pada Gambar 4-8. berikut:



Gambar . 4-8. Grafik hubungan erosi dengan waktu pada tanah Latosol di Gunungpati untuk $I=30$ mm/jam dan kemiringan 5°

Tabel. 4-19. Hasil Pengukuran Laju Tanah Tererosi

Lokasi	= Gunungpati																							
	Kemiringan 25°				Kemiringan 15°				Kemiringan 10°				Kemiringan 5°											
	Percobaan 1		Percobaan 2		Percobaan 1		Percobaan 2		Percobaan 1		Percobaan 2		Percobaan 1		Percobaan 2		Percobaan 3							
Intensitas (mm/jam)	t (dt)	W _i (gr)	t (dt)	W _i (gr)	t (dt)	W _i (gr)	t (dt)	W _i (gr)	t (dt)	W _i (gr)	t (dt)	W _i (gr)	t (dt)	W _i (gr)	t (dt)	W _i (gr)	t (dt)	W _i (gr)	t (dt)	W _i (gr)	t (dt)	W _i (gr)	t (dt)	
30	551	4,4	602	5,6	572	5,3	741	3,9	754	3,7	758	4,1	842	3,3	840	3,2	818	3,1	858	3,0	850	2,8	852	2,9
40	536	6,5	530	6,3	523	5,9	627	5,0	636	5,2	604	4,8	557	4,3	542	4,0	527	3,8	650	3,2	664	3,7	657	3,6
50	423	7,6	408	7,1	436	8,2	452	5,8	457	5,8	445	5,4	520	4,7	526	4,8	530	5,2	532	4,1	541	4,9	533	4,3
60	369	9,4	349	8,8	402	10,2	411	6,3	416	6,4	419	6,6	423	5,5	453	6,2	438	5,7	464	5,6	472	6,1	458	5,8
Lokasi	= Getasan																							
Intensitas (mm/jam)	Kemiringan 25°				Kemiringan 15°				Kemiringan 10°				Kemiringan 5°											
	Percobaan 1		Percobaan 2		Percobaan 1		Percobaan 2		Percobaan 1		Percobaan 2		Percobaan 1		Percobaan 2		Percobaan 3							
	t (dt)	W _i (gr)	t (dt)	W _i (gr)	t (dt)	W _i (gr)	t (dt)	W _i (gr)	t (dt)	W _i (gr)	t (dt)	W _i (gr)	t (dt)	W _i (gr)	t (dt)	W _i (gr)	t (dt)	W _i (gr)	t (dt)	W _i (gr)	t (dt)	W _i (gr)	t (dt)	W _i (gr)
30	659	15,5	645	15,3	640	15,2	714	14,0	722	14,2	747	14,3	751	13,4	749	13,3	759	13,5	819	12,7	805	12,9	803	13,0
40	634	16,4	611	15,8	614	16,0	638	15,3	649	15,7	709	15,9	650	14,3	710	14,9	659	14,5	759	13,5	722	13,4	752	13,5
50	554	17,8	514	17,2	520	17,4	561	16,3	576	16,4	550	16,2	624	15,0	647	15,2	645	15,1	656	14,2	652	14,3	647	14,0
60	432	18,7	416	18,3	400	18,1	442	17,2	440	16,8	450	17,3	533	16,0	534	16,0	512	15,8	551	16,0	609	15,9	549	15,8
Lokasi	= Sruwen																							
Intensitas (mm/jam)	Kemiringan 25°				Kemiringan 15°				Kemiringan 10°				Kemiringan 5°											
	Percobaan 1		Percobaan 2		Percobaan 1		Percobaan 2		Percobaan 1		Percobaan 2		Percobaan 1		Percobaan 2		Percobaan 3							
	t (dt)	W _i (gr)	t (dt)	W _i (gr)	t (dt)	W _i (gr)	t (dt)	W _i (gr)	t (dt)	W _i (gr)	t (dt)	W _i (gr)	t (dt)	W _i (gr)	t (dt)	W _i (gr)	t (dt)	W _i (gr)	t (dt)	W _i (gr)	t (dt)	W _i (gr)	t (dt)	W _i (gr)
30	824	1,9	813	1,8	817	1,8	855	1,5	832	1,6	833	1,5	943	0,8	921	1,0	914	0,9	1003	0,8	1014	0,9	1015	0,8
40	706	2,2	712	2,3	727	2,4	738	1,9	737	2,0	757	2,0	825	1,3	828	1,1	835	1,1	825	1,4	815	1,5	841	1,2
50	637	3,4	611	3,1	625	3,2	639	2,3	645	2,2	647	2,3	716	1,9	748	1,7	736	1,5	751	1,7	750	1,6	756	1,7
60	531	4,1	527	3,9	518	4,0	547	2,8	553	2,9	534	2,7	608	2,3	619	2,3	622	2,2	640	2,1	658	2,0	629	2,1

4.3. Besar Nilai Parameter USLE

Untuk mencari besar nilai laju kehilangan tanah/erosi (A), terlebih dahulu mengetahui besar nilai parameternya. Parameter yang terdapat pada Universal Soil Loss Equation (USLE), adalah Erosivitas (R), Erodibilitas (K), Panjang dan Kemiringan Lereng (LS). Pada penelitian ini sampel tanah tidak diberi tanaman dan tidak dilakukan pengolahan, sehingga nilai pengelolaan tanaman (C) dan pengolahan lahan (P) dianggap mempunyai nilai 1 (satu).

4.3.1. Erosivitas (R)

Dalam mencari erosivitas hujan perlu diketahui intensitas hujan, energi kinetik hujan, dan kedalaman hujan.

Tabel. 4-20. Hasil Perhitungan Erosivitas (R)

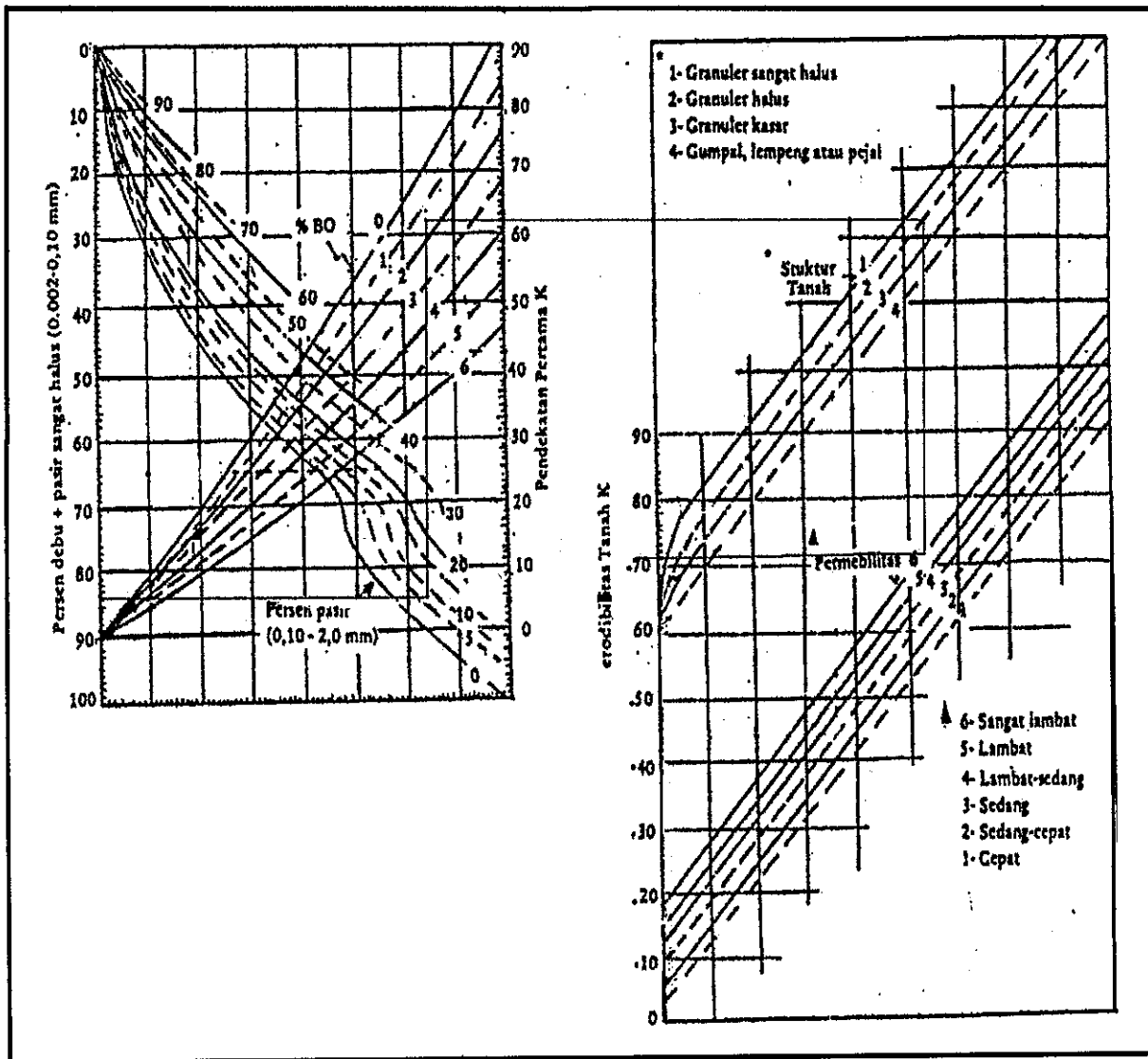
Intensitas (I) (mm/jam)	Kedalaman Hujan (h) (mm)	$EK = 11,87 + 8,73 \text{ Log } I$ ($J/m^2/mm$)	$R = Ek \cdot h$ (J/m^2)
30	0,50	24,77	12,38
40	0,67	25,86	17,24
50	0,83	26,70	22,25
60	1,00	27,39	27,39

4.3.2. Erodibilitas (K)

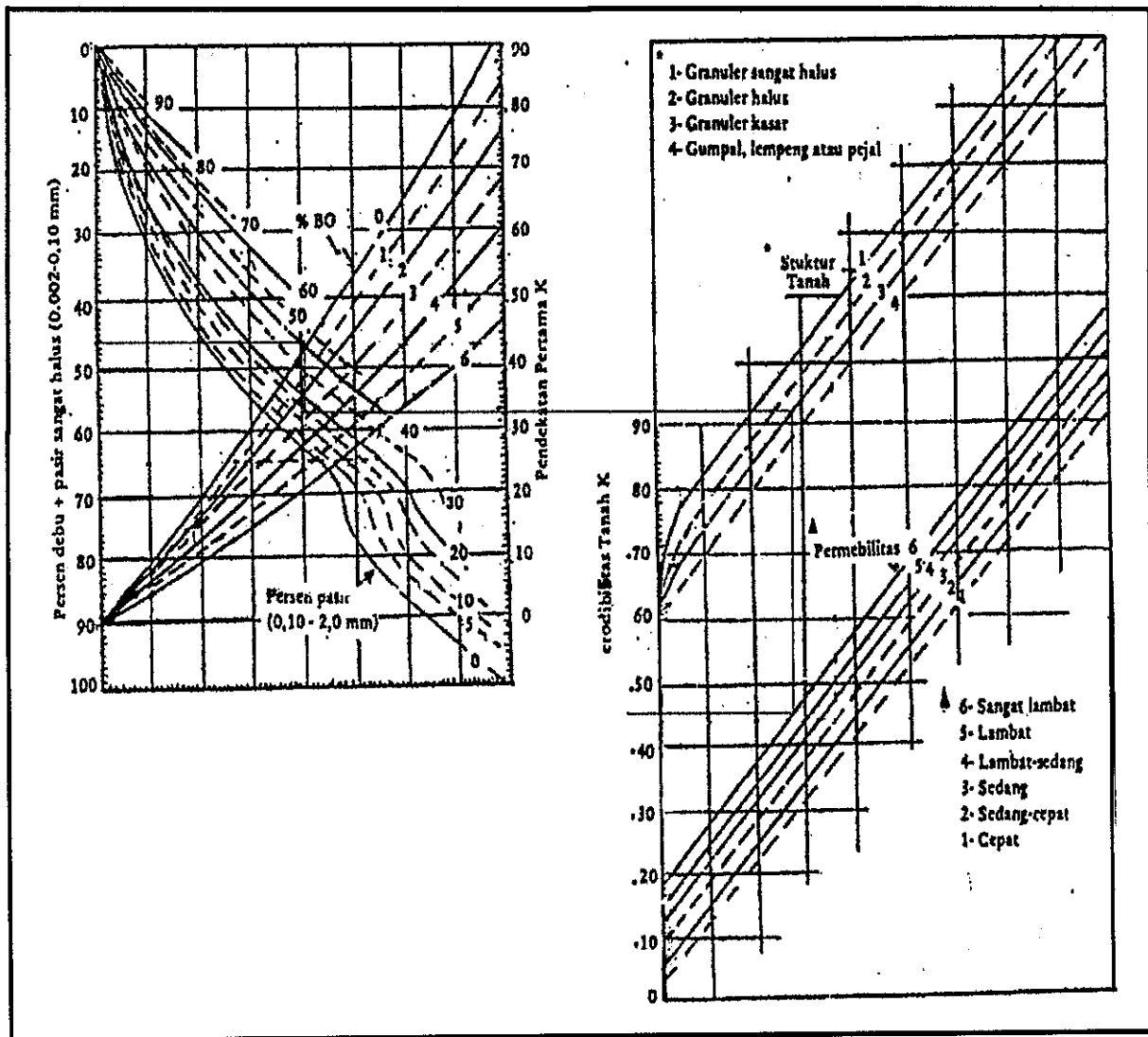
Guna memperoleh angka erodibiliras diperlukan data prosentase debu, prosentase pasir, prosentase bahan organik, struktur dan permeabilitas tanah. Data – data tersebut diploting pada nomograf (gambar 2-1) sehingga memperoleh angka erodibilitas (K).

Tabel. 4-21. Data Erodibilitas (K)

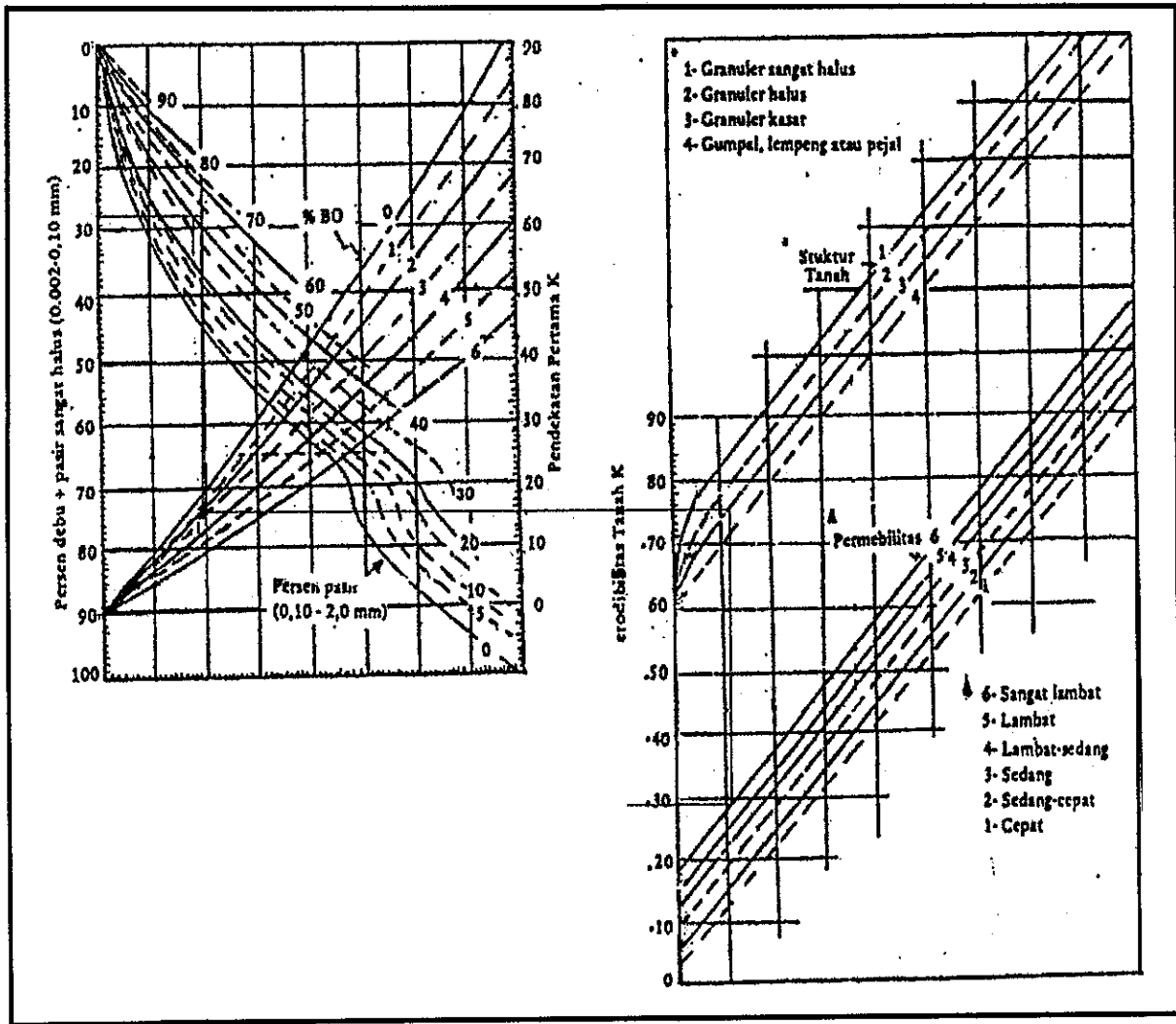
Lokasi	Jenis Tanah	Unsur			Struktur Tanah	Permeabilitas Tanah	Erodibilitas K
		Debu	Pasir	Organik			
Gunungpati	Latosol	84,6%	7,7%	1,2	1- 2 mm (kode2)	1,29087E-05 cm/dt 0,04647132 cm/jam (kode 6)	0,71
Getasan	Andosol	46,6%	41,8%	2,8	2 - 10 mm (kode3)	1,95329E-05 cm/dt 0,07031844 cm/jam (kode 6)	0,46
Sruwen	Grumusol	27,7%	45,4%	2,2	2 - 10 mm (kode3)	8,5411E-05 cm/dt 0,3074796 cm/jam (kode 6)	0,29



Gambar. 4-9. Nomograf Erodibilitas Tanah Latosol di Gunungpati



Gambar. 4-10. Nomograf Erodibilitas Tanah Andosol di Getasan



Gambar. 4-11. Nomograf Erodibilitas Tanah Grumosol di Sruwen

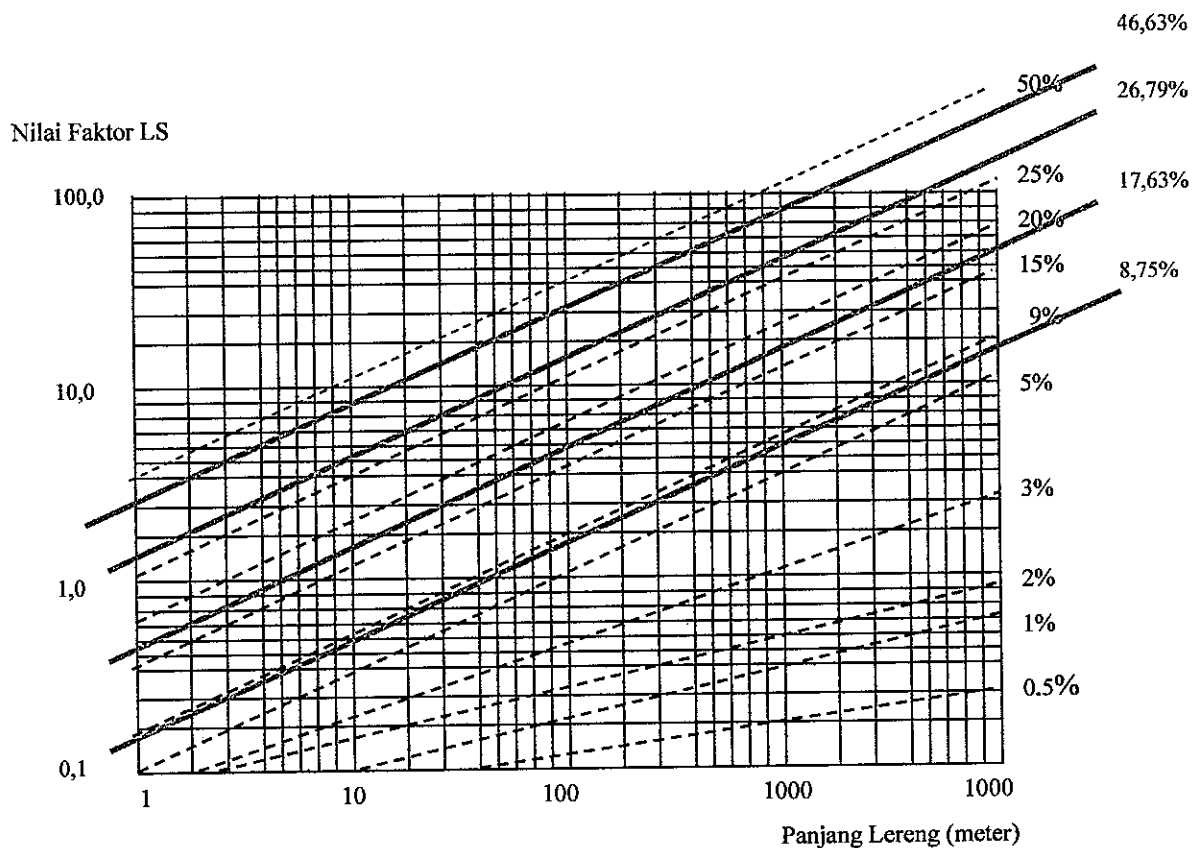
4.3.3. Panjang dan Kemiringan Lereng (LS)

Untuk menghitung LS, perlu diketahui panjang dan sudut kemiringan lereng. Pada penelitian ini panjang lereng (x) yang digunakan adalah 1 (satu) meter, sudut kemiringannya 5°; 10°; 15°; 25°, jika dibuat dalam prosen (%) maka diperoleh nilai LS :

$$LS = (x / 22,13)^m (0,065 + 0,045s + 0,0065s^2)$$

Tabel. 4-22. Panjang dan Kemiringan Lereng (LS)

Sudut Kemiringan	Prosentase Kemiringan Lereng (s)	Eksponen (m)	$(x/22,13)^m$	$0,065+0,045s+0,0065s^2$	LS
5°	8,75 %	0,5	0,2126	0,8466	0,18
10°	17,63 %	0,5	0,2126	2,8222	0,60
15°	26,79 %	0,5	0,2126	4,8918	1,04
25°	46,63 %	0,5	0,2126	9,8777	2,10



Gambar 4-12. Nomograf Faktor Panjang-Kemiringan Lereng

BAB 5 ANALISA DAN PEMBAHASAN

5.1. Besar Intensitas Hujan Terhadap Energi Kinetik (Ek)

Energi kinetik hujan merupakan salah satu daya perusak yang dapat menghancurkan butiran tanah menjadi lebih kecil, sehingga mudah terbawa oleh *runof*. Semakin besar intensitas hujan semakin besar energi kinetiknya, maka semakin besar tanah yang tererosi.

Tabel. 5-1. Hasil Pengukuran Energi Kinetik (Ek)

Intensitas (mm/jam)	Energi Kinetik $E = 11,87 + 8,73 \log I$ (joule/m ² /mm)	Energi Kinetik $E = 0,5 mv^2$ (joule/m ² /mm)
30	24,765	24,97
40	25,856	25,90
50	26,702	26,95
60	27,393	27,45

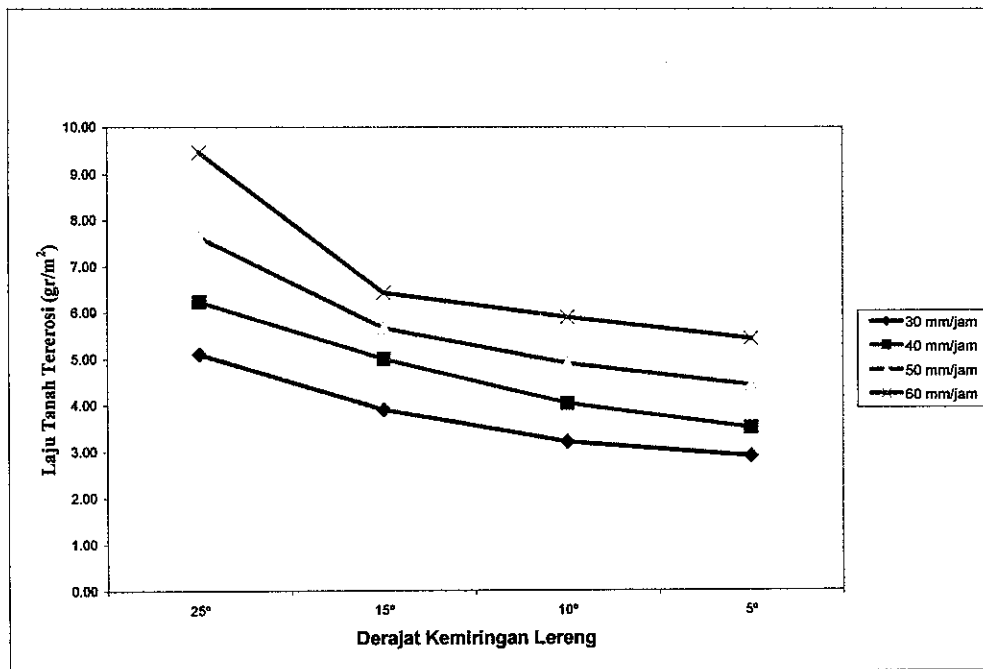
Dari tabel diatas dapat dilihat kedua hasil perhitungan Energi Kinetik (EK) hujan hampir sama, hal ini menunjukkan bahwa alat *rainfall simulator* yang digunakan masih dalam kondisi baik.

5.2. Pengaruh Intensitas Hujan dan Kemiringan Lereng Terhadap Laju Kehilangan Tanah

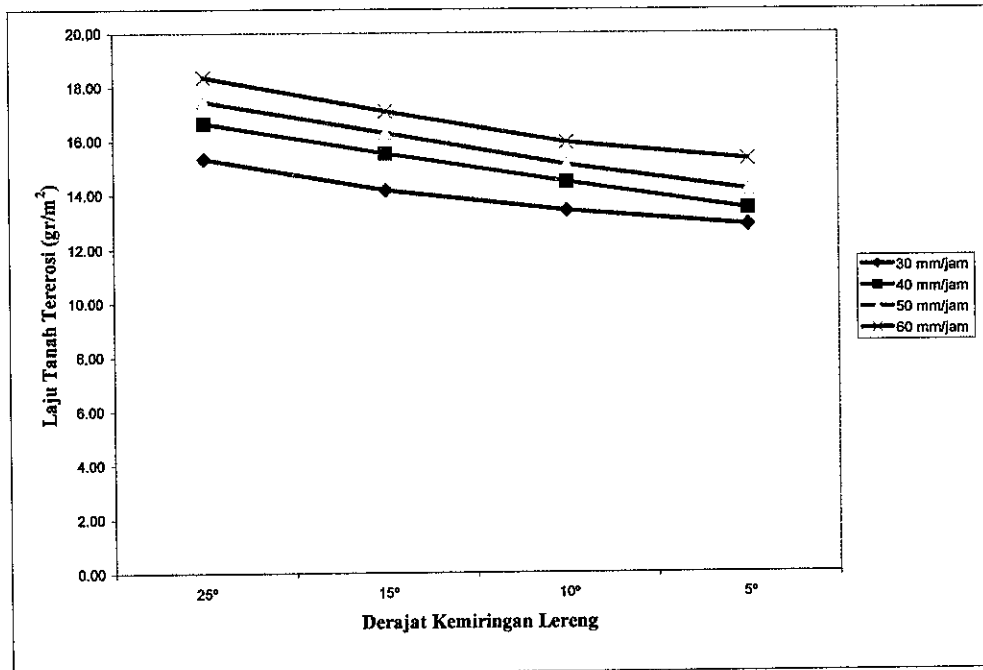
Penambahan intensitas hujan yang disertai penambahan kemiringan lereng dan lama hujan, akan menambah laju kehilangan tanah.

Tabel. 5-2. Laju Kehilangan Tanah (gr/m²)

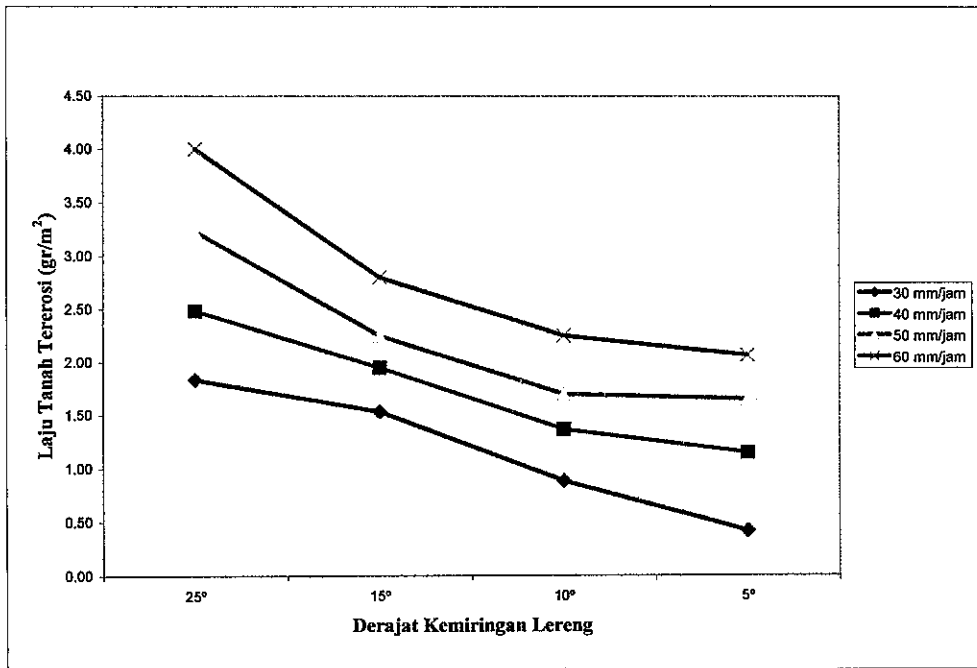
Intensitas (mm/jam)	Lokasi : Gunungpati Jenis Tanah : Latosol				Lokasi : Getasan Jenis Tanah : Andosol				Lokasi : Sruwen Jenis Tanah : Grumosol			
	25°	15°	10°	5°	25°	15°	10°	5°	25°	15°	10°	5°
30	5,10	3,90	3,20	2,90	15,33	14,17	13,40	12,87	1,83	1,53	0,88	0,42
40	6,23	5,00	4,03	3,50	16,67	15,53	14,47	13,47	2,48	1,95	1,37	1,15
50	7,63	5,67	4,90	4,43	17,47	16,30	15,10	14,17	3,23	2,25	1,70	1,65
60	9,47	6,43	5,90	5,43	18,37	17,10	15,93	15,30	4,00	2,80	2,25	2,07



Gambar .5-1. Grafik Pengaruh Intensitas Hujan dan Kemiringan Lereng Terhadap Laju Kehilangan Tanah Latosol di Gunungpati



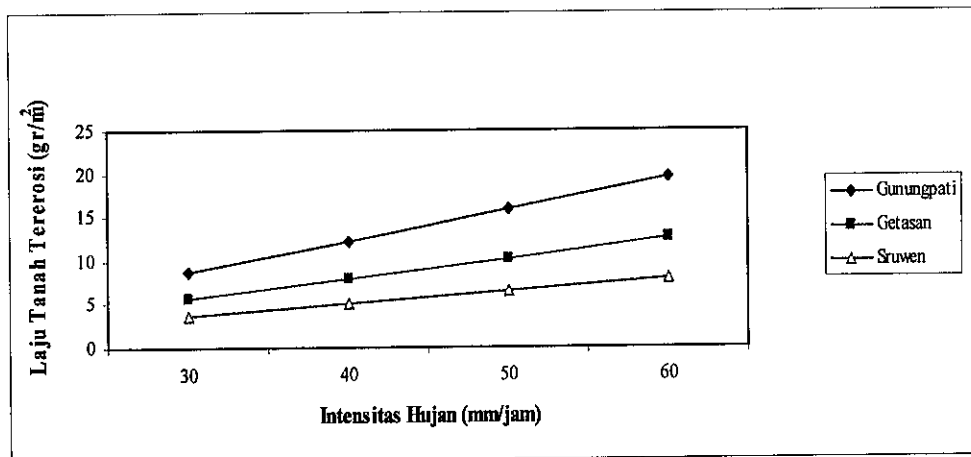
Gambar .5-2. Grafik Pengaruh Intensitas Hujan dan Kemiringan Lereng Terhadap Laju Kehilangan Tanah Andosol di Getasan



Gambar. 5-3. Grafik Pengaruh Intensitas Hujan dan Kemiringan Lereng Terhadap Laju Kehilangan Tanah Grumosol di Sruwen

5.3. Pengaruh Intensitas Hujan Terhadap Laju Erosi

Pada dasarnya intensitas hujan dan lama hujan akan mempengaruhi besar energi kinetik dan erosivitas hujan, Sedangkan semakin besar erosivitas hujan maka semakin besar erosi yang terjadi.



Gambar .5-4. Grafik Pengaruh Intensitas Hujan Terhadap Laju Erosi

Tabel. 5-3. Pengaruh Intensitas Hujan Terhadap Laju Erosi Pada Tanah Latosol di Gunungpati

Lokasi : Gunungpati				
Intensitas (mm/jam)	EK (J/m ² /mm)	R (J/m ²)	K (gr/J)	E (gr/m ²)
30	24,77	12,38	0,71	8,79
40	25,86	17,24	0,71	12,24
50	26,70	22,25	0,71	15,80
60	27,39	27,39	0,71	19,45

Tabel. 5-4. Pengaruh Intensitas Hujan Terhadap Laju Erosi Pada Tanah Andosol di Getasan

Lokasi : Getasan				
Intensitas (mm/jam)	EK (J/m ² /mm)	R (J/m ²)	K (gr/J)	E (gr/m ²)
30	24,77	12,38	0,46	5,70
40	25,86	17,24	0,46	7,93
50	26,70	22,25	0,46	10,24
60	27,39	27,39	0,46	12,60

Tabel. 5-5. Pengaruh Intensitas Hujan Terhadap Laju Erosi Pada Tanah Grumosol di Sruwen

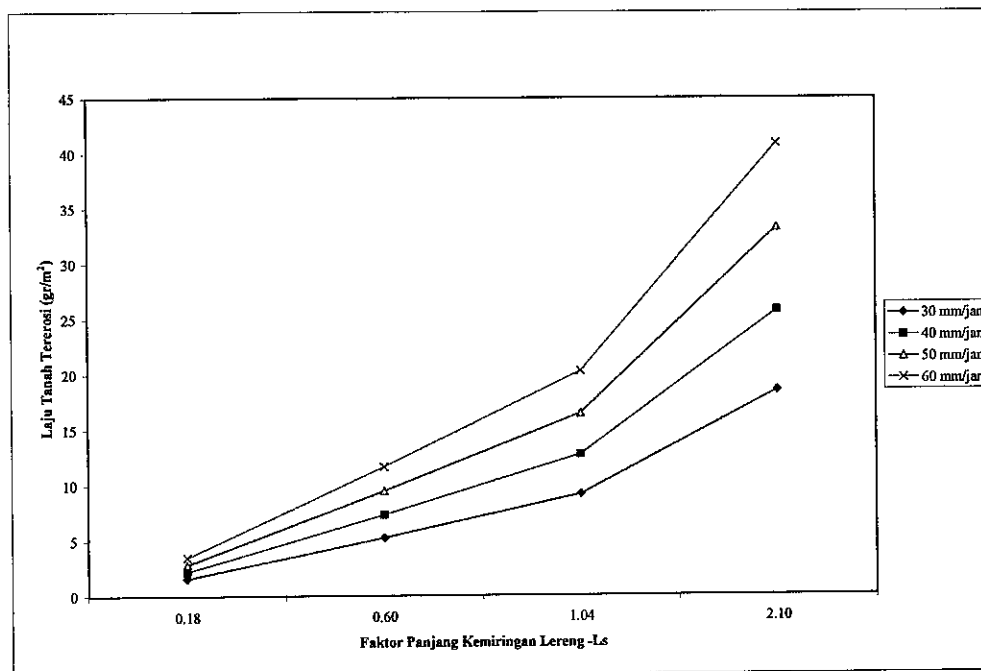
Lokasi : Sruwen				
Intensitas (mm/jam)	EK (J/m ² /mm)	R (J/m ²)	K (gr/J)	E (gr/m ²)
30	24,77	12,38	0,29	3,59
40	25,86	17,24	0,29	5,00
50	26,70	22,25	0,29	6,45
60	27,39	27,39	0,29	7,94

5.4. Pengaruh Kemiringan Lereng (Ls) Terhadap Laju Erosi

Faktor panjang dan kemiringan lereng merupakan pendukung terhadap laju erosi. Dengan bertambahnya kemiringan suatu lereng akan bertambah pula besar erosi tanah, Tabel. 5-6 sampai 5-8 berikut adalah hasil perhitungan laju kehilangan tanah dengan intensitas dan lama hujan yang sama pada kemiringan lereng (Ls) yang berbeda.

Tabel. 5-6. Pengaruh Kemiringan Lereng (Ls) Terhadap Laju Erosi Pada Tanah Latosol di Gunungpati

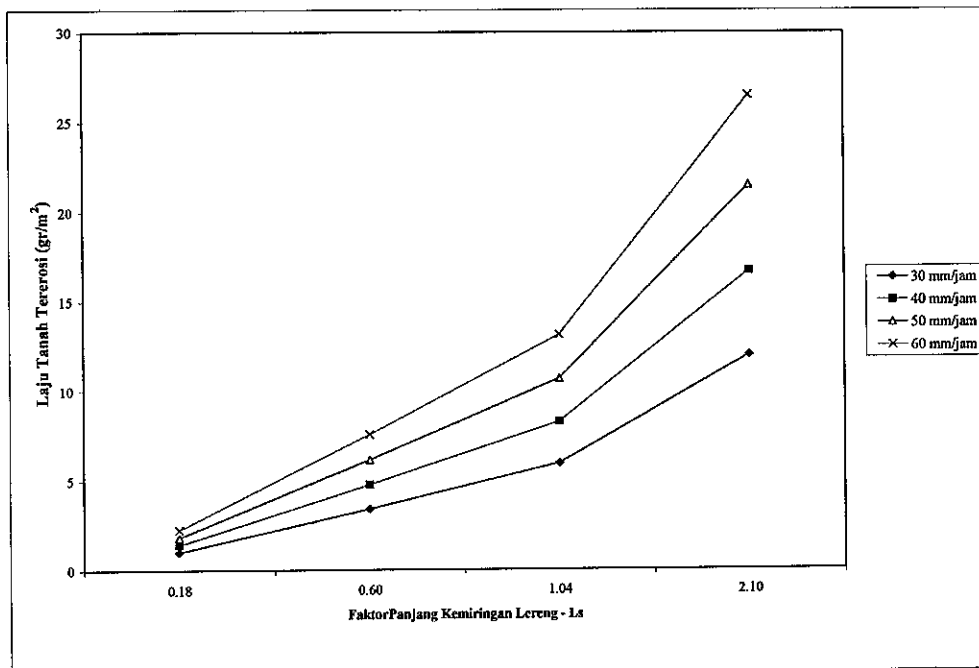
Lokasi : Gunungpati							
Intensitas (mm/jam)	Kemiringan (o)	Lereng (%)	Ls	EK (J/m ² /mm)	R (J/m ²)	K (gr/J)	E (gr/m ²)
30	5	8,75	0,18	24,77	12,38	0,71	1,58
	10	17,63	0,60	24,77	12,38	0,71	5,27
	15	26,79	1,04	24,77	12,38	0,71	9,14
	25	46,63	2,10	24,77	12,38	0,71	18,46
40	5	8,75	0,18	25,86	17,24	0,71	2,20
	10	17,63	0,60	25,86	17,24	0,71	7,34
	15	26,79	1,04	25,86	17,24	0,71	12,73
	25	46,63	2,10	25,86	17,24	0,71	25,70
50	5	8,75	0,18	26,70	22,25	0,71	2,84
	10	17,63	0,60	26,70	22,25	0,71	9,48
	15	26,79	1,04	26,70	22,25	0,71	16,43
	25	46,63	2,10	26,70	22,25	0,71	33,18
60	5	8,75	0,18	27,39	27,39	0,71	3,50
	10	17,63	0,60	27,39	27,39	0,71	11,67
	15	26,79	1,04	27,39	27,39	0,71	20,23
	25	46,63	2,10	27,39	27,39	0,71	40,84



Gambar . 5-5. Grafik Pengaruh Kemiringan Lereng (Ls) Terhadap Laju Erosi Tanah Latosol di Gunungpati

Tabel. 5-7. Pengaruh Kemiringan Lereng (Ls) Terhadap Laju Erosi Pada Tanah Andosol di Getasan

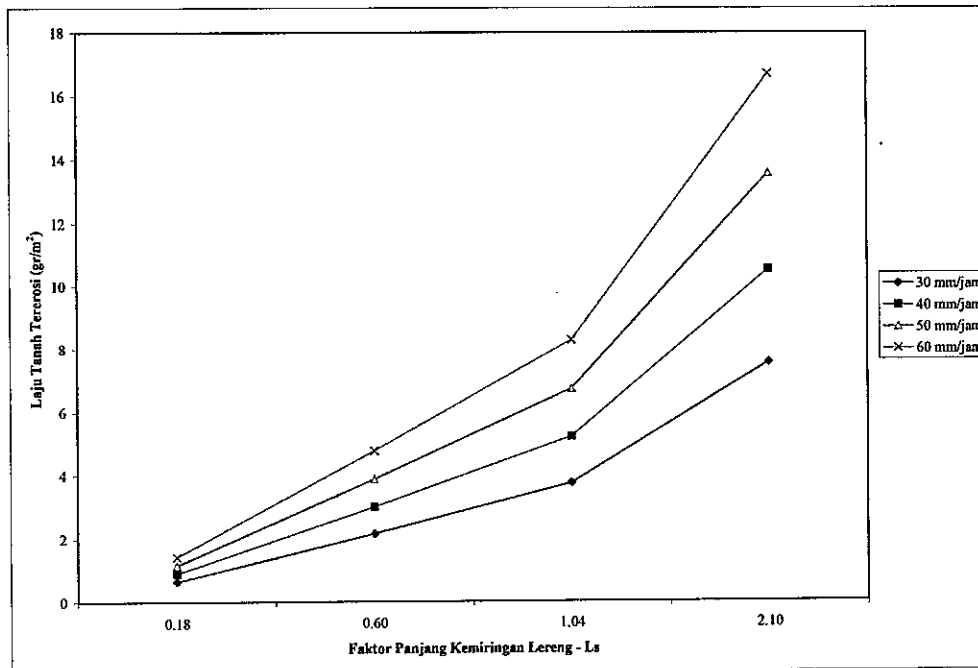
Lokasi : Getasan							
Intensitas (mm/jam)	Kemiringan (o)	Lereng (%)	Ls	EK (J/m ² /mm)	R (J/m ²)	K (gr/J)	E (gr/m ²)
30	5	8,75	0,18	24,77	12,38	0,46	1,03
	10	17,63	0,60	24,77	12,38	0,46	3,42
	15	26,79	1,04	24,77	12,38	0,46	5,92
	25	46,63	2,10	24,77	12,38	0,46	11,96
40	5	8,75	0,18	25,86	17,24	0,46	1,43
	10	17,63	0,60	25,86	17,24	0,46	4,76
	15	26,79	1,04	25,86	17,24	0,46	8,25
	25	46,63	2,10	25,86	17,24	0,46	16,65
50	5	8,75	0,18	26,70	22,25	0,46	1,84
	10	17,63	0,60	26,70	22,25	0,46	6,14
	15	26,79	1,04	26,70	22,25	0,46	10,65
	25	46,63	2,10	26,70	22,25	0,46	21,50
60	5	8,75	0,18	27,39	27,39	0,46	2,27
	10	17,63	0,60	27,39	27,39	0,46	7,56
	15	26,79	1,04	27,39	27,39	0,46	13,10
	25	46,63	2,10	27,39	27,39	0,46	26,46



Gambar . 5-6. Grafik Pengaruh Kemiringan Lereng (Ls) Terhadap Laju Erosi Tanah Andosol di Getasan

Tabel. 5-8. Pengaruh Kemiringan Lereng (Ls) Terhadap Laju Erosi Pada Tanah Grumosol di Sruwen

Lokasi : Sruwen							
Intensitas (mm/jam)	Kemiringan (o)	Lereng (%)	Ls	EK (J/m ² /mm)	R (J/m ²)	K (gr/J)	E (gr/m ²)
30	5	8,75	0,18	24,77	12,38	0,29	0,65
	10	17,63	0,60	24,77	12,38	0,29	2,15
	15	26,79	1,04	24,77	12,38	0,29	3,73
	25	46,63	2,10	24,77	12,38	0,29	7,54
40	5	8,75	0,18	25,86	17,24	0,29	0,90
	10	17,63	0,60	25,86	17,24	0,29	3,00
	15	26,79	1,04	25,86	17,24	0,29	5,20
	25	46,63	2,10	25,86	17,24	0,29	10,50
50	5	8,75	0,18	26,70	22,25	0,29	1,16
	10	17,63	0,60	26,70	22,25	0,29	3,87
	15	26,79	1,04	26,70	22,25	0,29	6,71
	25	46,63	2,10	26,70	22,25	0,29	13,55
60	5	8,75	0,18	27,39	27,39	0,29	1,43
	10	17,63	0,60	27,39	27,39	0,29	4,77
	15	26,79	1,04	27,39	27,39	0,29	8,26
	25	46,63	2,10	27,39	27,39	0,29	16,68



Gambar. 5-7. Grafik Pengaruh Kemiringan Lereng (Ls) Terhadap Laju Erosi Tanah Grumosol di Sruwen

Dari Tabel 5-11, dapat dilihat laju erosi tanah sruwen pada intensitas hujan yang sama (30 mm/jam) dan kemiringan yang berbeda ($5^\circ = 0,65 \text{ gr/m}^2$ dan $10^\circ = 2,15 \text{ gr/m}^2$) selisih erosi tanah sebesar $1,51 \text{ gr/m}^2$. Sedangkan pada kemiringan yang sama (5°) dan intensitas hujan yang berbeda ($I_{30 \text{ mm/jam}} = 0,65 \text{ gr/m}^2$ dan $I_{40 \text{ mm/jam}} = 0,90 \text{ gr/m}^2$) selisih kehilangan tanah sebesar $0,25 \text{ gr/m}^2$. Hal ini membuktikan bahwa kemiringan lereng sangat mempengaruhi besar laju erosi tanah dibanding dengan intensitas hujan.

Tabel. 5-9. Analisa Laju Erosi Tanah Latosol di Gunungpati (gr/m^2)

Slope	I=30 mm/jam	δE	δE	I=40 mm/jam	δE	δE	I=50 mm/jam	δE	δE	I=60 mm/jam
		δS	δI		δS	δI		δS	δI	
5°	1.58		0.62	2.20		0.64	2.84		0.66	3.50
		3.69			5.14			6.64		
10°	5.27		2.07	7.34		2.14	9.48		2.19	11.67
		3.87			5.38			6.95		
15°	9.14		3.58	12.73		3.70	16.43		3.80	20.23
		9.32			12.97			16.75		
25°	18.46		7.24	25.70		7.48	33.18		7.67	40.84

Tabel. 5-10. Analisa Laju Erosi Tanah Andosol di Getasan (gr/m^2)

Slope	I=30 mm/jam	δE	δE	I=40 mm/jam	δE	δE	I=50 mm/jam	δE	δE	I=60 mm/jam
		δS	δI		δS	δI		δS	δI	
5°	1.03		0.40	1.43		0.42	1.84		0.43	2.27
		2.39			3.33			4.30		
10°	3.42		1.34	4.76		1.38	6.14		1.42	7.56
		2.51			3.49			4.50		
15°	5.92		2.32	8.25		2.40	10.65		2.46	13.10
		6.04			8.40			10.85		
25°	11.96		4.69	16.65		4.84	21.50		4.97	26.46

Tabel. 5-11. Analisa Laju Erosi Tanah Grumosol di Sruwen (gr/m^2)

Slope	I=30 mm/jam	δE	δE	I=40 mm/jam	δE	δE	I=50 mm/jam	δE	δE	I=60 mm/jam
		δS	δI		δS	δI		δS	δI	
5°	0.65		0.25	0.90		0.26	1.16		0.27	1.43
		1.51			2.10			2.71		
10°	2.15		0.84	3.00		0.87	3.87		0.89	4.77
		1.58			2.20			2.84		
15°	3.73		1.46	5.20		1.51	6.71		1.55	8.26
		3.81			5.30			6.84		
25°	7.54		2.96	10.50		3.05	13.55		3.13	16.68

5.5. Laju Erosi Tanah Andosol, Latosol dan Grumosol

Hasil perhitungan laju erosi tanah dari ketiga jenis tanah uji yang mempunyai sifat fisik berbeda (Andosol, Latosol dan Grumosol) pada tingkat kemiringan dan intensitas hujan yang berbeda, dapat dilihat sebagaimana pada Tabel 5-9 s/d 5-11. Pada tabel tersebut, antara laju erosi hasil uji laboratorium dengan hasil perhitungan menggunakan rumus USLE berbeda. Hal ini dikarenakan saat pengujian dilaboratorium tidak semua parameter USLE diterapkan.

Tabel. 5-12. Perbandingan Laju Erosi Tanah Latosol di Gunungpati (gr/m^2)

Kemiringan	I=30 mm/jam		I=40 mm/jam		I=50 mm/jam		I=60 mm/jam	
	Lab.	USLE	Lab.	USLE	Lab.	USLE	Lab.	USLE
5°	2,90	1,58	3,50	2,20	4,43	2,84	5,43	3,50
10°	3,20	5,27	4,03	7,34	4,90	9,48	5,90	11,67
15°	3,90	9,14	5,00	12,73	5,67	16,43	6,43	20,23
25°	5,10	18,46	6,23	25,70	7,63	33,18	9,47	40,84

Tabel. 5-13. Perbandingan Laju Erosi Tanah Andosol di Getasan (gr/m^2)

Kemiringan	I=30 mm/jam		I=40 mm/jam		I=50 mm/jam		I=60 mm/jam	
	Lab.	USLE	Lab.	USLE	Lab.	USLE	Lab.	USLE
5°	12,87	1,03	13,47	1,43	14,17	1,84	15,30	2,27
10°	13,40	3,42	14,47	4,76	15,10	6,14	15,93	7,56
15°	14,17	5,92	15,53	8,25	16,30	10,65	17,10	13,10
25°	15,33	11,96	16,67	16,65	17,47	21,50	18,37	26,46

Tabel. 5-14. Perbandingan Laju Erosi Tanah Grumosol di Sruwen (gr/m^2)

Kemiringan	I=30 mm/jam		I=40 mm/jam		I=50 mm/jam		I=60 mm/jam	
	Lab.	USLE	Lab.	USLE	Lab.	USLE	Lab.	USLE
5°	0,42	0,65	1,15	0,90	1,65	1,16	2,07	1,43
10°	0,88	2,15	1,37	3,00	1,70	3,87	2,25	4,77
15°	1,53	3,73	1,95	5,20	2,25	6,71	2,80	8,26
25°	1,83	7,54	2,48	10,50	3,23	13,55	4,00	16,68

Seperti diketahui rumus USLE meliputi indeks erosivitas hujan (R), indeks erodibilitas tanah (K), Indeks panjang kemiringan lereng (LS), Indeks peranan (pengelolaan) tanaman (C), Indeks peranan usaha pengawetan tanah (P).

Tabel. 5-15. Perbandingan Antara Uji Laboratorium Terhadap Perhitungan USLE

Parameter	Hasil Uji Laboratorium	Hasil Perhitungan USLE
Hujan	Menggunakan intensitas hujan 30, 40, 50 dan 60 mm/jam	Menggunakan intensitas hujan 30, 40, 50 dan 60 mm/jam. Dan faktor erosivitas dihitung dengan rumus energi kinetik hujan (E_k) dikalikan dengan total kedalaman air hujan (h).
Tanah	Tidak menyamakan antara kondisi lapangan dengan sampel uji. Penyamaan kondisi lapangan hanya kadar air guna menentukan berat tanah yang akan diuji. Faktor lain seperti kepadatan, permeabilitas dan kelekatan tanah tidak diperhatikan.	Semua unsur yang berpengaruh terhadap erodibilitas tanah diperhitungkan, seperti tekstur tanah, struktur tanah, prosentase debu, prosentase pasir, kadar bahan organik dan permeabilitas tanah.
Panjang Lereng	Panjang lereng menggunakan panjang kotak uji 1m x 1m, sehingga hampir semua butiran tanah yang terlepas (tererosi) akan terangkat dan terukur.	Merupakan nisbah besarnya erosi dari suatu lereng dengan panjang standar 22,13m dengan luas standar 1,8 m. Sehingga tidak semua butiran tanah tererosi.
Tanaman	Pengujian dilakukan pada tanah tanpa tanaman	Tidak ada tanaman (C=1)
Pengelolaan Tanah	Tidak ada usaha pengelolaan tanah	Tidak ada pengelolaan tanah (P=1)

BAB 6 KESIMPULAN DAN SARAN

6.1. Kesimpulan

Pada penelitian ini, lebih banyak menggunakan persamaan Universal Soil Loss Equation (USLE), dengan parameter-parameter Erosivitas (R), Erodibilitas (K), Panjang dan Kemiringan Lereng (LS). Unsur-unsur yang terkait pada parameter tersebut adalah :

a. Parameter Erosivitas (R):

Meliputi Energi Kinetik Hujan (EK) dan Intensitas Hujan (I).

b. Parameter Erodibilitas (K):

Meliputi Indeks Tekstur Tanah (M), Bahan organik yang terkandung dalam tanah (O), Kelas Struktur Tanah (S) dan Kelas Permeabilitas (P).

c. Parameter Panjang dan Kemiringan Lereng (LS):

Meliputi panjang benda uji (L) dan sudut kemiringan benda uji (S).

Dari uji karakteristik yang dilakukan pada tanah pertanian di daerah Kabupaten Semarang, yaitu tanah Andosol di Kecamatan Getasan, tanah Latosol di Kecamatan Ungaran dan tanah Grumosol di Kecamatan Tengaran, diperoleh unsur parameter erodibilitas sebagai berikut:

Hasil Uji Karakteristik Tanah	Latosol	Andosol	Grumosol
Berat Isi Tanah (γ_b)	1,97 gr/cm ³	1,48 gr/cm ³	2.04 gr/cm ³
Kadar Air (Ka)	19,5%	27,97%	22.48%
Berat Jenis Butiran Tanah (Gs)	2,61	2,73	2.84
Prosentase Lolos (Analisa Saring)	91,3%	54,1%	31.80%
Koefisien Permeabilitas (k)	1,290 E-5 cm/dt	1,95 E-5 cm/dt	8,541 E-5 cm/dt
Unsur Debu	84,6 %	46,6 %	27,7 %
Unsur Pasir	7,7 %	41,8 %	45,4 %
Unsur Bahan Organik	1,2	2,8	2,2
Erodibilitas (K)	0,71	0,46	0,29

Hasil penelitian dan analisa data yang dilakukan, diperoleh kesimpulan bahwa :

1. Semakin curam kemiringan tanah maka semakin besar laju kehilangan tanah yang terjadi.
2. Semakin tinggi intensitas hujan maka semakin besar laju kehilangan tanahnya.
3. Antara kemiringan tanah dan intensitas hujan, ternyata yang paling berperan dalam memperbesar laju kehilangan tanah adalah kemiringan tanah. Dari penelitian dapat dilihat bahwa kemiringan lereng lebih dominan dibanding intensitas hujan dalam memperbesar laju erosi tanah. Besar intensitas hujan terkecil (I_{30}) pada kemiringan lereng tercuram (25°) tingkat kehilangan tanah lebih besar dibandingkan pada intensitas hujan terbesar (I_{60}) dengan kemiringan lereng terlandai (5°).
4. Dari ketiga jenis tanah yang uji (Latosol, Andosol dan Grumosol), ternyata yang paling peka terhadap erosi adalah jenis tanah Latosol. Hal ini disebabkan unsur bahan organik jenis tanah latosol paling rendah dan nilai erodibilitas tanahnya paling tinggi dibandingkan dua jenis tanah uji yang lain.
5. Ada perbedaan antara hasil laju kehilangan tanah uji laboratorium dengan hasil perhitungan menggunakan rumus USLE, hal ini dikarenakan pada pengujian laju kehilangan tanah dilaboratorium, sebelumnya tidak menyamakan parameter erodibilitas (kandungan bahan organik dan permeabilitas tanah) antara kondisi lapangan dengan sampel yang digunakan di laboratorium. Untuk mengukur kepadatan tanah dan jumlah tanah yang diuji hanya menyamakan kadar air antara kondisi lapangan dan dilaboratorium.

6.2. Saran

Dari kajian laju erosi ini dapat dijadikan pertimbangan pada penelitian selanjutnya, bahwa perlu dilakukan penyamaan karakteristik tanah lebih mendalam antara kondisi tanah dilapangan dan tanah uji dilaboratorium, terutama parameter erodibilitasnya.

Diharapkan penelitian ini dapat dijadikan saran dalam rangka pengendalian erosi. Pemanfaatan lahan pertanian di Kec. Getasan yang mempunyai kecuraman lereng 0% - 45% sebaiknya tidak ditanami tanaman semusim dan disertai teknik-

teknik konservasi tanah, supaya tidak memperbesar laju erosi. Tingginya laju kehilangan tanah yang terjadi di daerah Getasan dan Sruwen yang terbawa aliran hujan akan menumpuk di muara sungai berupa sedimen yang sangat halus akan mengakibatkan pendangkalan dan penyempitan penampang basah muara sungai serta berkurangnya kapasitas waduk Rawapening.

Kondisi sosial ekonomi masyarakat berpengaruh pada pengelolaan tanah didaerahnya. Pemekaran wilayah pemukiman baru di daerah Gunungpati dan banyaknya penambangan bahan galian yang tidak dikelola secara benar dan tidak disertai upaya pemulihan daerah bekas penambangan ini menimbulkan peningkatan erosi lahan dan sedimentasi pada sungai-sungai di Sub DAS Garang.

Perlunya menjaga keseimbangan lingkungan dengan menetapkan Kec. Gunungpati dan Kec. Mijen sebagai zona penyangga yang berfungsi sebagai daerah resapan hujan semestinya didukung oleh semua pihak dengan tidak menebang habis tanaman keras perkebunan jati dan karet guna dipakai pengembangan perumahan-perumahan baru. Pengendalian penambangan bahan galian yang serampangan tanpa disertai kepedulian terhadap lingkungan sudah saatnya mendapat perhatian.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim, (1998). *Instruction Manual Rainfall Simulator*. Amfield Ltd, Hampshire, England.
- Arsyad S, (1989). **Konservasi Tanah dan Air**. IPB, Bogor.
- Arsyad S. (1976). **Pengawetan Tanah dan Air**. Depat. Ilmu-ilmu Tanah IPB, Bogor.
- Baver L.D, (1956). *Soil Phisics*. John Wiley and Sons, Inc., New York.
- Commarindo Mahameru.PT, (1999). **Laporan Akhir Proyek Perencanaan Tata Lingkungan DAS Rawapening**. Pemerintah Daerah Kabupaten Semarang, Ungaran.
- Dep. Kehutanan, (2001). **Laporan Monitoring dan Evaluasi Tata Air DAS Di Wilayah DAS Garang**. Balai Rehabilitasi Lahan dan Konservasi Tanah Pemali Jratun, Semarang.
- Dep. Kehutanan, (2002). **Hasil Monitoring Pengelolaan DAS Pada Catchment Area SPAS Sub DAS Garang Hulu**. Balai Pengelolaan DAS Pemali Jratun, Semarang.
- Dep. Kehutanan, (2002). **Laporan Monitoring dan Evaluasi Tata Air DAS Pada SPAS Di Wilayah Sub DAS Garang Hulu**. Balai Rehabilitasi Lahan dan Konservasi Tanah Pemali Jratun, Semarang.
- Dinas Perhutanan, (2001). **Laproran Proyek Penyusunan Rencana Tanaman Penghijauan Tahun 2001/2002**. Dinas Perhutanan dan Konservasi Tanah Pemerintah Daerah Kabupaten Semarang, Ungaran.
- Gabriels D dan M de Boodt, (1975). *Rainfall Simulator for Soil Erosion Studies in the Laboratory*. Pedologie XXV (2) : 80-86.
- Kirkby M.J dan Morgan R.P.C, (1980). *Soil Erosion*. John Wiley and Sons, Ltd, New York.
- Komarudin Nanang, (1988). **Erosi Pada Tanah Regosol Dalam Berbagai Intensitas Hujan**. Tugas Akhir Fakultas Pertanian UGM, Yogyakarta

- Kusumastuti Dyah, (1994). **Model Fisis Pemanfaatan Bahan Sintetis Pada Lereng Tanah Pasir Untuk perlindungan Erosi Hujan.** Tugas Akhir Fakultas Teknik UGM, Yogyakarta
- Martono, (2004). **Pengaruh Intensitas Hujan Dan Kemiringan Lereng Terhadap Laju Kehilangan Tanah Pada tanah Regosol Kelabu Jatinom Klaten.** Tesis Magister Teknik Sipil Program Pasca Sarjana UNDIP, Semarang.
- Mech S.J, (1965). *Estimation of Simulated Rainfall as a Research Tool.* Trans. of the ASAE. Vol 8 (1) : 66-67.
- Morgan R.P.C, (1979). *Soil Erosion.* Longman. London.
- Morgan R.P.C, (1985). *Soil Erosion and Conservation.* Longman Scientific & Tehnical. London.
- Risman, (2004). **Pengaruh Pemakaian Pupuk Kandang pada Tanah Regosol Kelabu Terhadap Erosi.** Tesis Magister Teknik Sipil Program Pasca Sarjana UNDIP, Semarang.
- Santun R.P Sitorus, (1985). **Evaluasi Sumberdaya Lahan.** Tarsito, Bandung.
- Soegiman, (1982). **Ilmu Tanah.** Bratara Karya Aksara, Jakarta.
- Supli Effendi Rahim, (2000). **Pengendalian Erosi Tanah Dalam Rangka Pelestarian Lingkungan Hidup.** PT, Bumi Aksara, Jakarta.
- Suresh. R, (2000). *Soil and Water Conservation Engineering.* Lomus Offset Press, Delhi.
- Suripin, (2000). **Konservasi Tanah dan Air.** UNDIP, Semarang.
- Suripin, (2001). **Pelestarian Sumber Daya Tanah dan Air.** Andi, Yogyakarta.
- Triadmojo B, (1992). **Metode Numerik.** Beta Affset, Yogyakarta.
- Wani Hadi Utomo, (1994). **Erosi dan Konservasi Tanah.** IKIP, Malang.
- Wigoeno. S (2003). **Klasifikasi Tanah dan Pedogenesis.** Akademika Pressindo, Jakarta.
- Wischmeier W.H dan Smith, (1958). *Rainfall Energy and It's Relationship to Soil Loss.* Trans. AM Geophysical Union. Vol (2) : 285-291.
- Wischmeier W.H dan Smith, (1978). *Predicting Rainfall Erosion Losses.* USDA Agr. Serv. Handbook 537.