

**PENANGGULANGAN EROSI SECARA STRUKTURAL
PADA DAERAH ALIRAN SUNGAI BANGO**

SKRIPSI

**Diajukan untuk memenuhi sebagian persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik**



Disusun oleh :

SAHIRUDDIN M

9901060084 - 61

**DEPARTEMEN PENDIDIKAN NASIONAL
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS TEKNIK
JURUSAN SIPIL
MALANG**

2006

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, puji syukur kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan Rahmat dan Hidayah-Nya sehingga penulis mampu menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan baik, sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik di Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.

Karya ini penyusun haturkan kepada Ayahanda dan Ibunda yang telah memberikan dorongan semangat dan kasih sayang yang tulus, doa serta dukungan dalam menyelesaikan tugas akhir ini.

Ucapan terima kasih dan penghargaan yang tak terhingga penyusun sampaikan kepada Bapak Ir. Ruslin Anwar, MT. dan Bapak Ir. Pudyono, MT. yang telah meluangkan waktu dan tenaga untuk memberikan bimbingan dan pengarahan kepada penyusun, serta Ir. IGN. Adipa selaku dosen penguji.

Pada kesempatan ini, penyusun tidak lupa menyampaikan terima kasih kepada :

1. Bapak Ir. A. Wicaksono, M. Eng. Ph D., selaku dosen wali dan Ir. Wisnumurti, MT., yang banyak memberikan arahan dan masukan dalam kelanjutan studi.
2. Jajaran Dosen di Jurusan Sipil Fakultas Teknik Universitas Brawijaya Malang.
3. Karyawan Jurusan Sipil Fakultas Teknik Universitas Brawijaya Malang.
4. Semua pihak yang telah membantu penyelesaian skripsi ini yang tidak bisa disebutkan satu persatu.

Penyusun menyadari bahwa tugas akhir ini masih memiliki banyak kekurangan, oleh karena itu kritik dan saran yang bersifat membangun sangat kami harapkan, demi penyempurnaan tugas ini.

Akhir kata penyusun berharap semoga tugas akhir ini dapat bermanfaat dan berguna bagi kita semua. Amin

Malang, Agustus 2006

Penyusun

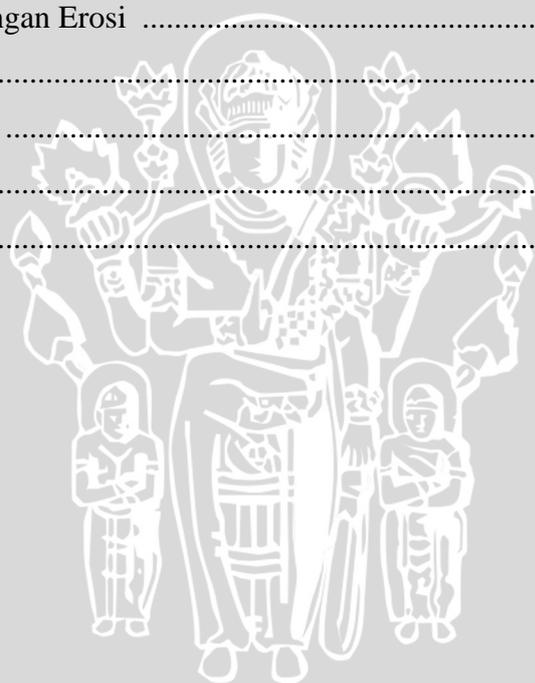


DAFTAR ISI

	Halaman
KATA PENGANTAR	i
RINGKASAN	ii
DAFTAR ISI	iii
DAFTAR TABEL	v
DAFTAR GAMBAR	vii
DAFTAR LAMPIRAN	viii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang Masalah	1
1.2 Identifikasi Masalah	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Rumusan Masalah	2
1.5 Tujuan Studi	2
1.6 Manfaat Studi	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Erosi	4
2.1.1 Definisi Erosi	4
2.1.2 Bentuk-Bentuk Erosi	6
2.1.3 Perhitungan Erosi dengan Metode USLE	10
2.2 Analisis Hidrologi	16
2.2.1 Pencatatan Data hujan	16
2.2.2 Uji Konsistensi	17
2.3 Pencegahan Erosi	19
2.3.1 Cara Vegetasi	19
2.3.2 Cara Struktural	20
2.3.2.1 Dinding Penahan Tanah	20
2.3.2.2 Bronjong	27
BAB III METODE PENELITIAN	29
3.1 Sistematika Penyusunan Skripsi	29
3.2 Deskripsi Daerah Studi	29
3.3 Data Pendukung Kajian	29
3.4 Langkah-Langkah Pengerjaan Studi	30



3.5 Diagram Alir Penelitian.....	31
BAB IV PENGOLAHAN DATA DAN ANALISIS	32
4.1 Kondisi Fisik DAS Bango	32
4.1.1 Kondisi Hidrologi	37
4.1.2 Uji Konsistensi Data	37
4.2 Pendugaan Laju Erosi	46
4.2.1 Perhitungan Faktor Erosivitas	46
4.2.2 Perhitungan Faktor Erodibilitas Tanah	47
4.2.3 Perhitungan Faktor Panjang dan Kemiringan Lereng	47
4.2.4 Faktor Tata Guna Lahan	48
4.2.5 Faktor pengelolaan Tanah Praktis	49
4.2.6 Perhitungan Besarnya Erosi pada Daerah Studi	50
4.3 Penanggulangan Erosi	51
BAB V PENUTUP	54
5.1 Kesimpulan	54
5.2 Saran	54
DAFTAR PUSTAKA	55
LAMPIRAN	



DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1 Batas Maksimum Laju Erosi yang dapat diterima untuk Berbagai Macam Kondisi Tanah	4
Tabel 2.2 Kode Struktur Tanah	13
Tabel 2.3 Kode Permeabilitas Tanah	13
Tabel 2.4 Nilai Faktor Erodibilitas Tanah Hasil Pengamatan Beberapa Jenis Tanah di Indonesia dan Amerika Serikat	13
Tabel 2.5 Nilai C untuk Berbagai Tanaman dan Pengelolaan Tanaman yang Bersumber dari Berbagai Penelitian	15
Tabel 2.6 Nilai Faktor P untuk Berbagai Tindakan Konservasi Tanah	16
Tabel 2.7 Nilai-Nilai Faktor Kapasitas Dukung Tanah Terzaghi	27
Tabel 2.8 Ukuran Bronjong Kawat	28
Tabel 4.1 Batas Sub DAS dan Administrasi DAS Bango	32
Tabel 4.2 Penyebaran Penggunaan Lahan DAS Bango	35
Tabel 4.3 Penyebaran Kemiringan Lereng DAS Bango	36
Tabel 4.4 Penyebaran Jenis Tanah DAS Bango	36
Tabel 4.5 Stasiun Curah Hujan dan Luas Daerah Pengaruh pada DAS Bango	37
Tabel 4.6 Data Curah Hujan Bulanan Periode 1994-2003 SPH Lowokwaru	38
Tabel 4.7 Data Curah Hujan Bulanan Periode 1994-2003 SPH Singosari	38
Tabel 4.8 Data Curah Hujan Bulanan Periode 1994-2003 SPH Karang Ploso	39
Tabel 4.9 Data Curah Hujan Bulanan Periode 1994-2003 SPH Kedung Kandang	39
Tabel 4.10 Data Curah Hujan Bulanan Periode 1994-2003 SPH Jabung	39
Tabel 4.11 Perhitungan Uji Konsistensi SPH Lowokwaru	40
Tabel 4.12 Perhitungan Uji Konsistensi SPH Singosari	40
Tabel 4.13 Perhitungan Uji Konsistensi SPH Karang Ploso	40
Tabel 4.14 Perhitungan Uji Konsistensi SPH Kedung Kandang	41
Tabel 4.15 Perhitungan Uji Konsistensi SPH Jabung	41
Tabel 4.16 Jumlah Hari Hujan Bulanan Periode 1994-2003 SPH Lowokwaru	43
Tabel 4.17 Jumlah Hari Hujan Bulanan Periode 1994-2003 SPH Singosari	43
Tabel 4.18 Jumlah Hari Hujan Bulanan Periode 1994-2003 SPH Karang Ploso	44
Tabel 4.19 Jumlah Hari Hujan Bulanan Periode 1994-2003 SPH Kedung Kandang	44
Tabel 4.20 Jumlah Hari Hujan Bulanan Periode 1994-2003 SPH Jabung	44

Tabel 4.21 Luas Pengaruh Poligon Thiessen Tiap Stasiun Penakar Hujan45

Tabel 4.22 Curah Hujan Bulanan dengan Metode Thiessen pada Kali Sumberawan 45

Tabel 4.23 Hujan Maksimum dengan Metode Thiessen pada Kali Sumberawan45

Tabel 4.24 Hari Hujan dengan Metode Thiessen pada Kali Sumberawan46

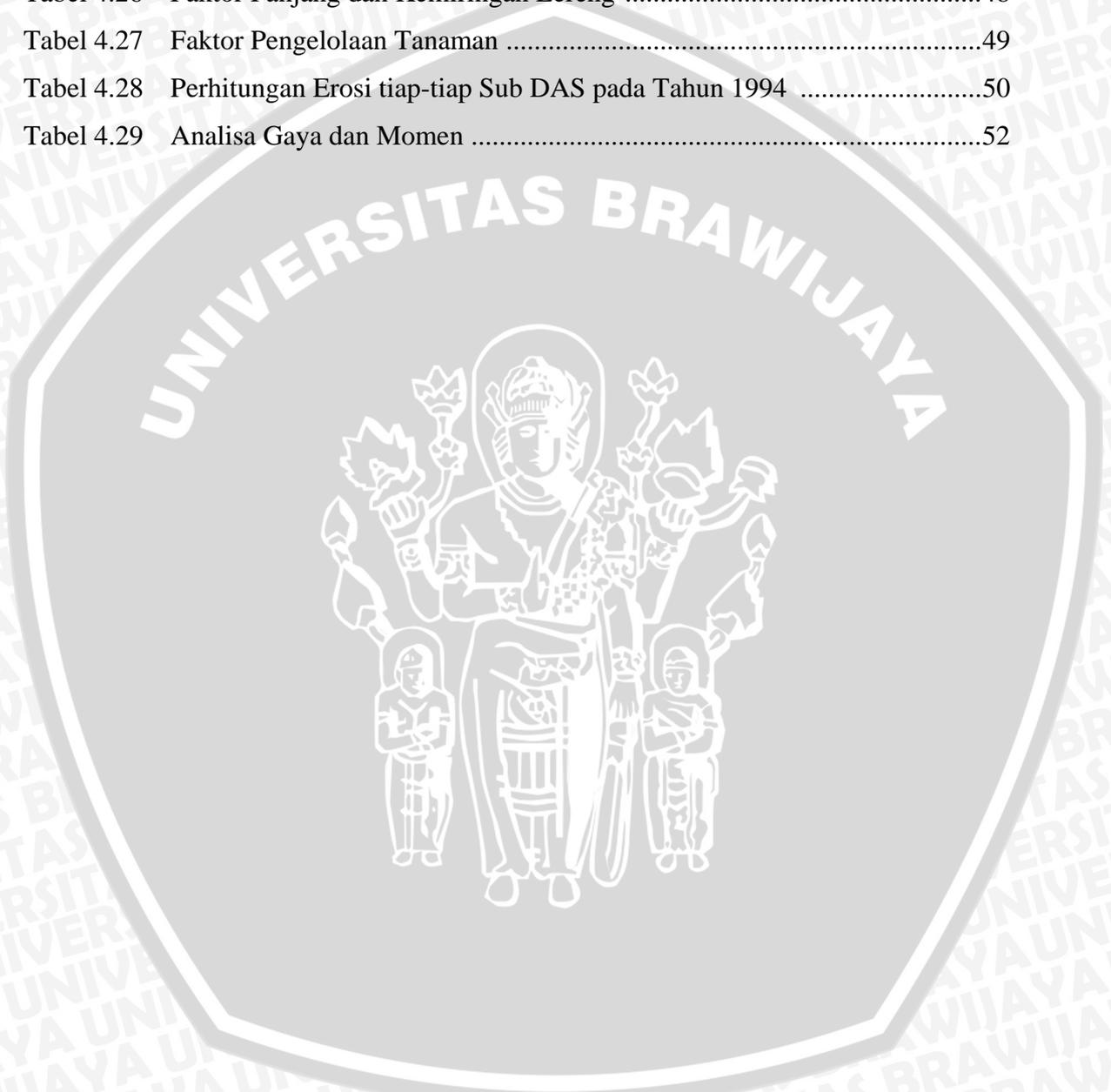
Tabel 4.25 Faktor Erodibilitas Tanah47

Tabel 4.26 Faktor Panjang dan Kemiringan Lereng48

Tabel 4.27 Faktor Pengelolaan Tanaman49

Tabel 4.28 Perhitungan Erosi tiap-tiap Sub DAS pada Tahun 199450

Tabel 4.29 Analisa Gaya dan Momen52



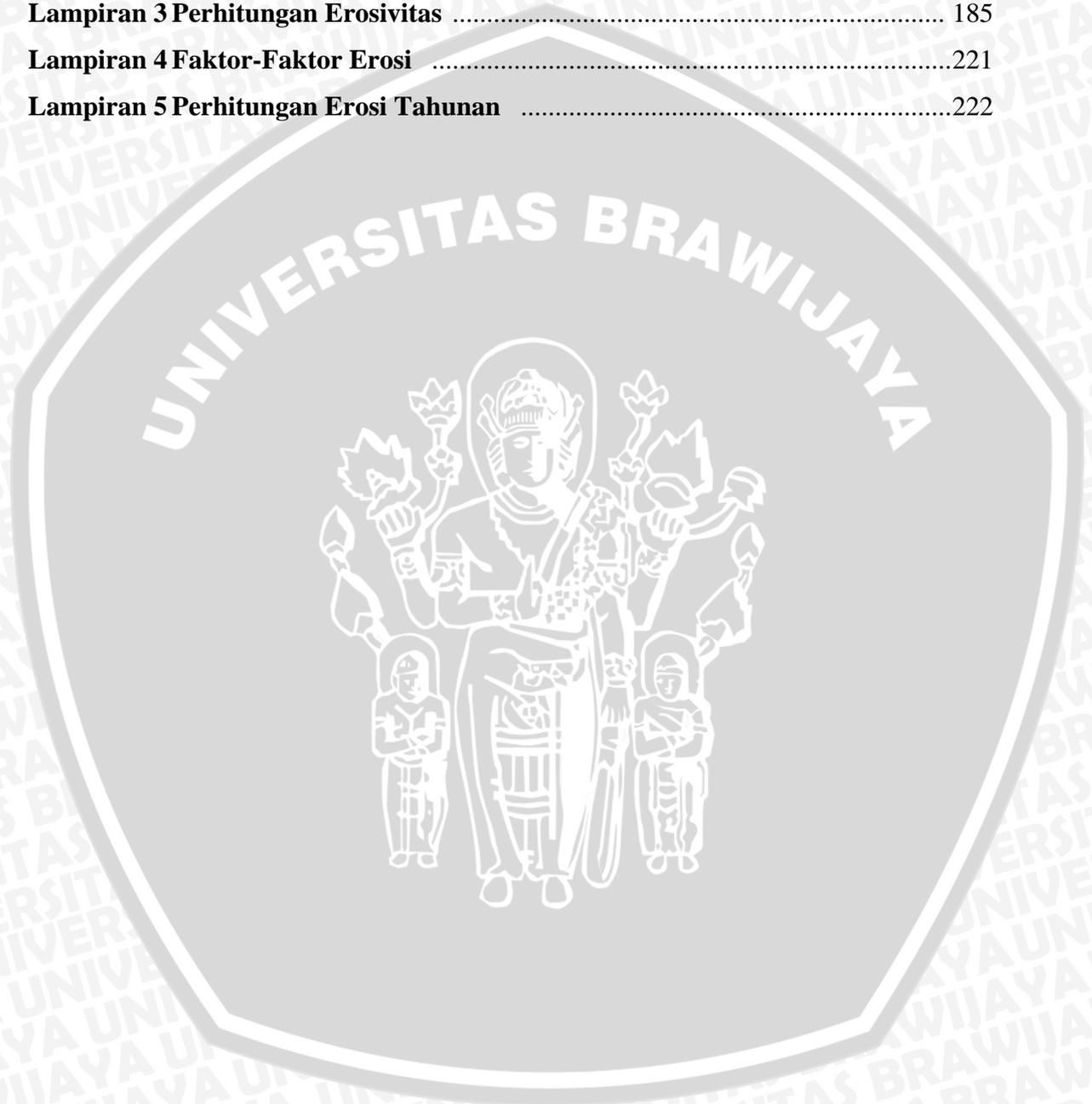
DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Bagan alir model proses erosi oleh air	6
Gambar 2.2 Perbedaan distribusi terlemparnya partikel tanah oleh percikan air hujan	7
Gambar 2.3 Hubungan antara kecepatan aliran kritis untuk terjadinya erosi, pengangkutan dan pengendapan sebagai fungsi ukuran partikel	8
Gambar 2.4 Tahapan terbentuknya parit pada suatu lereng bukit	9
Gambar 2.5 Skema persamaan USLE	11
Gambar 2.6 Nomograf faktor panjang kemiringan lereng	14
Gambar 2.7 Lengkung masa ganda	17
Gambar 2.8 Polygon Thiessen	18
Gambar 2.9 Dinding penahan grafitasi dan kantilever serta komponen-komponen gaya	21
Gambar 2.10 Dinding turap kantilever	22
Gambar 2.11 Distribusi gaya pada dinding turap kantilever	22
Gambar 2.12 Dinding turap dengan angkur	23
Gambar 2.13 Distribusi tekanan aktif dan pasif	24
Gambar 2.14 Potongan melintang dinding	25
Gambar 3.1 Diagram alir penelitian	31
Gambar 4.1 Uji konsistensi data hujan Sta. Lowokwaru	41
Gambar 4.2 Uji konsistensi data hujan Sta. Kedung Kandang	42
Gambar 4.3 Uji konsistensi data hujan Sta. Karang Ploso	42
Gambar 4.4 Uji konsistensi data hujan Sta. Singosari	42
Gambar 4.5 Uji konsistensi data hujan Sta. Jabung	43
Gambar 4.6 Gaya-gaya yang terjadi pada dinding penahan tanah	51
Gambar 4.7 Gaya tegangan dalam tanah	53



DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1 Gambar-Gambar	56
Lampiran 2 Perhitungan Curah Hujan	63
Lampiran 3 Perhitungan Erosivitas	185
Lampiran 4 Faktor-Faktor Erosi	221
Lampiran 5 Perhitungan Erosi Tahunan	222



ABSTRAK

SAHIRUDDIN MERIKI., Jurusan Sipil, Fakultas Teknik Universitas Brawijaya, Agustus 2006, *Penanggulangan Erosi Secara Struktural Pada Daerah Aliran Sungai Bango*, Dosen Pembimbing : Ir. Ruslin Anwar, MT. dan Ir. Pudyono, MT.

Sumber daya tanah dan air pada suatu daerah aliran sungai harus dapat dimanfaatkan dengan baik agar daerah aliran sungai dapat berfungsi secara optimal. Apabila hal tersebut tidak dilakukan dengan baik seperti perubahan fungsi lahan yang tidak dilakukan secara benar dan tidak terencana dengan baik akan merusak produktifitas lahan yang mana kondisi tanah menjadi rusak dan mudah tererosi. Erosi yang terjadi dapat menyebabkan pendangkalan sungai serta mengurangi kapasitas tampung pada sungai.

Faktor utama yang mempengaruhi terjadinya erosi pada daerah aliran sungai adalah tingkat curah hujan dan kondisi tanah, sehingga perlu dilakukan penanggulangan untuk mengurangi tingkat erosi yang terjadi di DAS Bango. Penanggulangan yang dilakukan di daerah studi menggunakan bangunan dinding penahan tanah berbentuk semi grafitasi.

Dalam studi ini, untuk mengetahui besarnya erosi dilakukan dengan menggunakan metode USLE (Universal Soil Loss Equation). USLE memungkinkan perencanaan memprediksi laju erosi lahan pada suatu kemiringan dengan pola hujan tertentu untuk setiap macam jenis tanah dan penerapan pengelolaan lahan. Erosi yang terjadi tidak boleh melebihi nilai erosi yang diijinkan (12.5 ton/ha/tahun), sehingga erosi yang besar dapat dilakukan penanggulangan sesuai dengan kondisinya.

Untuk penanggulangan dengan cara struktural, bangunan struktural yang digunakan untuk menanggulangi erosi adalah dinding penahan semi grafitasi karena bangunan tersebut tidak memerlukan dimensi yang besar untuk menahan tanah. Sehingga digunakan dinding penahan dengan dimensi: tinggi = 2.5 m, lebar = 1.68 m, tebal kaki dinding = 0.25 m, dan tebal dinding = 0.25 m.

Dinding penahan tanah semi grafitasi direncanakan pada kemiringan antara 8%-30%, dengan kondisi tanah yang mudah tererosi atau pada jenis tanah yang sangat peka terhadap erosi yang disebabkan oleh air hujan dan lahan yang memiliki kemiringan lebih besar dari 30% atau kurang dari 80% akan dilakukan penanggulangan secara vegetatif.

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Daerah aliran sungai merupakan sistem hidrologi dalam suatu wilayah daratan dimana secara topografi dibatasi oleh punggung-punggungan gunung yang menampung dan menyimpan air hujan untuk kemudian menyalurkannya ke laut melalui sungai. Pemanfaatan sumber daya alam pada suatu DAS secara garis besar dapat dikelompokkan menjadi 2 jenis yaitu pemanfaatan sumber daya tanah dalam hal ini lahan dan pemanfaatan sumber daya air. Pemanfaatan sumber daya tanah pada suatu daerah aliran sungai meliputi pertanian, hutan, perkebunan, perikanan, pertambangan, perumahan, industri dan lain-lain. Sedangkan pemanfaatan sumber daya air diperuntukan bagi suplai air irigasi, suplai air minum, PLTA, suplai air industri, dan lain-lain. Untuk dapat dimanfaatkan secara efektif dan efisien, maka DAS harus dikelola dengan baik agar DAS dapat berfungsi secara optimal.

Salah satu akibat dari pengelolaan DAS dan pengaturan lahan yang tidak dilakukan secara benar dan tidak terencana dengan baik, dapat mempengaruhi proses terjadinya erosi. Erosi adalah proses terkikisnya dan terangkutnya tanah atau bagian-bagian tanah oleh media alami yang berupa air. Erosi dapat mempengaruhi produktivitas lahan yang biasanya mendominasi DAS bagian hulu dan dapat memberikan dampak negatif pada DAS bagian hilir (sekitar muara sungai) yang berupa hasil sedimen.

Kemunduran kualitas lingkungan ini dapat dilihat dari perubahan tata guna lahan yang tidak memperhatikan prinsip kelestarian lingkungan menyebabkan terjadinya kekeruhan air pada sungai. Permasalahan kekeruhan air tersebut disebabkan adanya tanah yang terangkut bersama limpasan air sungai yang berasal dari tanah hasil erosi, hal ini juga dapat mengganggu kehidupan ekosistem air dan pendangkalan pada bagian hilir.

Dalam perencanaan perbaikan daerah aliran sungai, yang diutamakan adalah konsep pengendalian erosi dengan baik, guna mencegah terjadinya gerusan yang dapat menyebabkan sedimen. Dengan demikian usaha yang perlu dilakukan adalah membuat konsep pencegahan erosi pada lahan dengan menggunakan bangunan struktural sehingga daerah aliran sungai senantiasa dalam keadaan stabil.

1.2 Identifikasi Masalah

Tata guna lahan di Daerah Aliran Sungai (DAS) Bango meliputi wilayah administrasi Kabupaten dan Kotamadya Malang. Pada daerah Kota Malang dan Kota Batu sudah banyak mengalami perubahan dan pengembangan. Lahan yang ada pada awalnya memungkinkan terjadinya infiltrasi, berubah menjadi pemukiman dan jalan-jalan desa Akibat yang ditimbulkan adalah terjadinya limpasan permukaan (*run off*) air yang mengalir menuju sungai semakin banyak, sehingga volume air pada sungai akan bertambah dan menimbulkan banjir yang kemudian dapat menyebabkan erosi pada lahan maupun sungai.

1.3 Batasan Masalah

Oleh karena luasnya ruang lingkup pembahasan, maka dirumuskan batasan masalah sebagai berikut:

1. Tidak menghitung debit sungai
2. Tidak membahas proyeksi jumlah penduduk.
3. Tidak membahas masalah kualitas air yang melimpas
4. Tidak membahas masalah kandungan bahan-bahan kimia dalam tanah

1.4 Rumusan Masalah

Untuk memperjelas masalah yang dikaji, maka dibuat rumusan masalah sebagai berikut:

1. Berapa besar erosi yang terjadi di DAS Bango?
2. Bagaimana jenis bangunan struktural yang sesuai untuk penanggulangan erosi?

1.5 Tujuan Studi

Tujuan dari studi ini antara lain:

1. Menentukan besarnya erosi pada DAS Bango dengan menggunakan metode USLE.
2. Menentukan dan merencanakan jenis bangunan struktural yang sesuai dengan laju erosi.

1.6 Manfaat Studi

Manfaat dari studi ini adalah:

1. Menambah wawasan keilmuan serta sebagai masukan bagi pihak yang berwenang dalam upaya perencanaan sungai dan penanggulangan erosi.
2. Dapat mencegah terjadinya tanah longsor.
3. Dapat digunakan sebagai bahan masukan untuk penelitian selanjutnya.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Erosi

2.1.1 Definisi Erosi

Erosi tanah adalah suatu proses atau peristiwa hilangnya lapisan permukaan tanah atas, baik disebabkan oleh pergerakan air atau angin. Proses pengikisan kulit Bumi secara alamiah ini disebut erosi alam atau dikenal juga sebagai erosi geologi. Penyebab erosi geologi ini semata-mata oleh proses alam, tanpa adanya campur tangan manusia. Erosi juga dapat menyebabkan merosotnya produktifitas tanah, daya dukung tanah untuk produksi pertanian dan kualitas lingkungan hidup.

Secara keseluruhan terdapat lima faktor yang menyebabkan dan mempengaruhi besarnya laju erosi, yaitu iklim, tanah, topografi atau bentuk wilayah, vegetasi penutup tanah, dan kegiatan manusia. Faktor iklim yang paling menentukan dalam hal ini adalah hujan yang dinyatakan dalam “nilai indeks erosifitas hujan”. Besar kecilnya laju erosi banyak tergantung juga kepada sifat-sifat tanah itu sendiri yang dinyatakan sebagai faktor “erodibilitas tanah”, yaitu kepekaan tanah terhadap erosi atau mudah tidaknya tanah tersebut tererosi. Besarnya erosi dengan memperhitungkan kedua faktor ini saja, sedangkan faktor lainnya dianggap satu, disebut erosi potensial.

Namun demikian, penentuan batas laju erosi untuk berbagai macam kondisi tanah akan berbeda, hal itu dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 2.1 Batasan Maksimum Laju Erosi yang dapat diterima untuk Berbagai Macam Kondisi Tanah.

Kondisi tanah	Laju erosi (kg/m ² /th)
Skala makro (DAS)	0.2
Skala meso (lahan pertanian):	
Tanah berlempung tebal dan subur	0.6 – 1.1
Tanah dangkal yang mudah tererosi	0.2 – 0.5
Tanah belempong tebal, yang berasal dari endapan vulkanik	1.3 – 1.5
Tanah yang mempunyai kedalaman:	
0 – 25 cm	0.2
25 – 50 cm	0.2 – 0.5
50 – 100 cm	0.5 – 0.7
100 – 150 cm	0.7 – 0.9

Kondisi tanah	Laju erosi (kg/m ² /th)
> 150 cm	1.1
Tanah tropika yang sangat mudah tererosi	2.5
Skala mikro	2.5

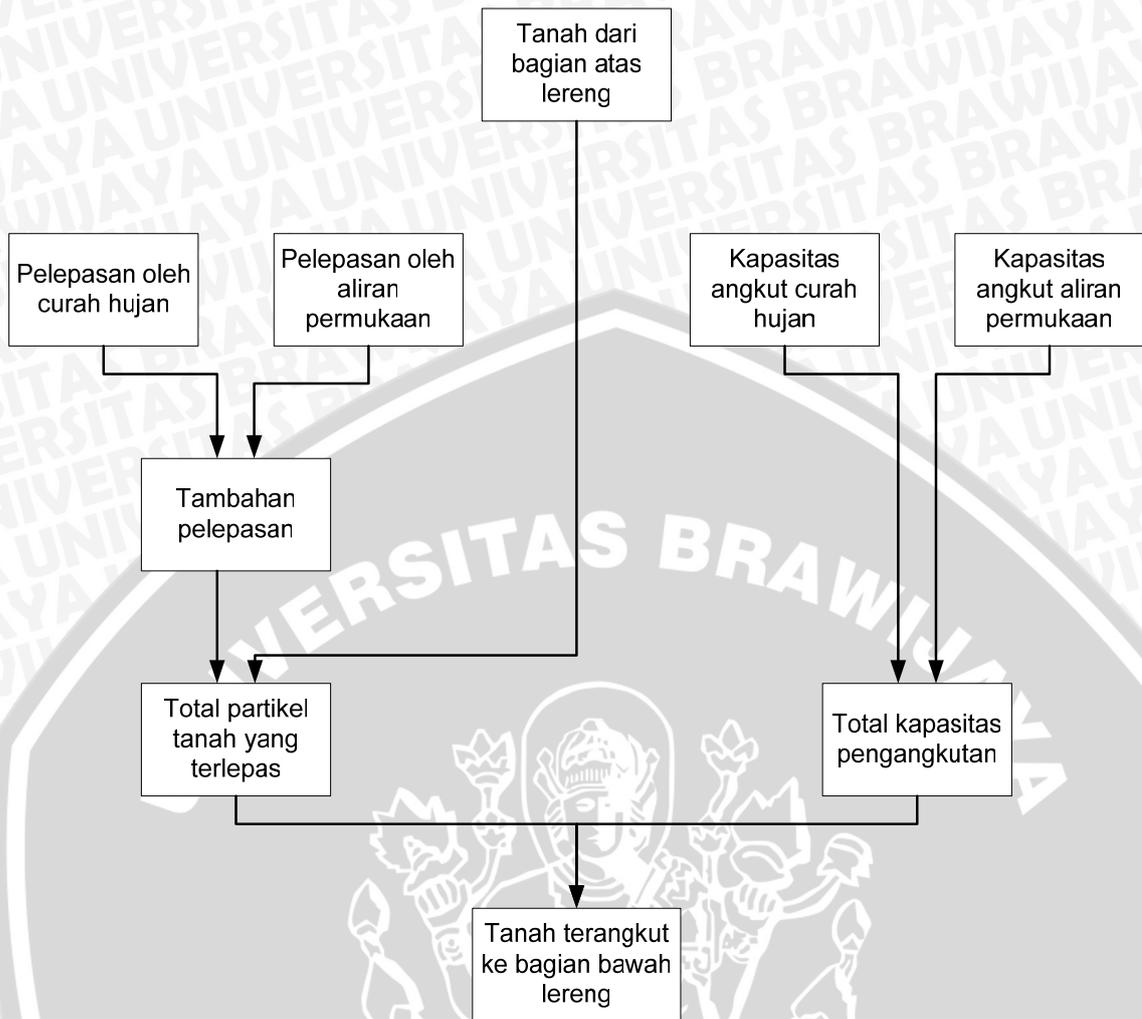
Sumber: Suripin; 2002; 30

Erosi tanah terjadi melalui tiga tahap, yaitu tahap pelepasan partikel tunggal dari massa tanah dan tahap pengangkutan oleh media yang erosif seperti aliran air dan angin. Pada kondisi dimana energi yang tersedia tidak lagi cukup untuk mengangkut partikel, maka akan terjadi tahap yang ketiga yaitu pengendapan.

Percikan air hujan merupakan media utama pelepasan partikel tanah. Pada saat butiran air hujan mengenai permukaan tanah yang gundul, partikel tanah dapat terlepas dan terlempar sampai beberapa centimeter ke udara. Pada lahan datar partikel-partikel tanah tersebar lebih kurang merata kesegala arah, tapi untuk lahan miring terjadi dominasi kearah bawah searah lereng. Partikel-partikel tanah yang terlepas ini akan menyumbat pori-pori tanah sehingga akan menurunkan kapasitas dan laju infiltrasi. Pada kondisi dimana intensitas hujan melebihi laju infiltrasi, maka akan terjadi genangan air dipermukaan tanah, yang kemudian akan menjadi aliran permukaan. Aliran permukaan ini menyediakan energi untuk mengangkut partikel-partikel yang terlepas baik oleh percikan air hujan maupun oleh adanya aliran permukaan itu sendiri. Pada saat aliran permukaan menurun dan tidak mampu lagi mengangkut partikel tanah yang terlepas, maka partikel tanah tersebut akan diendapkan.

Lahan terbuka yang terhantam hujan deras terus-menerus menyebabkan tanah menjadi lemah. Tanah juga mengalami penghancuran oleh proses pelapukan, baik secara mekanis, maupun biokimia. Disamping itu, tanah juga mengalami gangguan oleh pengolahan lahan, dan injakan kaki manusia maupun binatang. Lebih lanjut aliran air dan angin juga berperan terhadap perlepasan partikel tanah. Semua proses tersebut menyebabkan tanah menjadi gembur (*loos*) sehingga mudah terangkut oleh media pengangkut.

Berat ringannya erosi tergantung pada kualitas suplai material yang terlepas dan kapasitas media pengangkut. Jika media pengangkut mempunyai kapasitas lebih besar dari suplai material yang terlepas, proses erosi dibatasi oleh pelepasan. Sebaliknya jika kuantitas suplai material melebihi kapasitas, proses erosi dibatasi oleh kapasitas.



Gambar 2.1 Bagan alir model proses erosi oleh air

2.1.2 Bentuk- Bentuk Erosi

Berdasarkan bentuknya erosi dapat dibedakan menjadi:

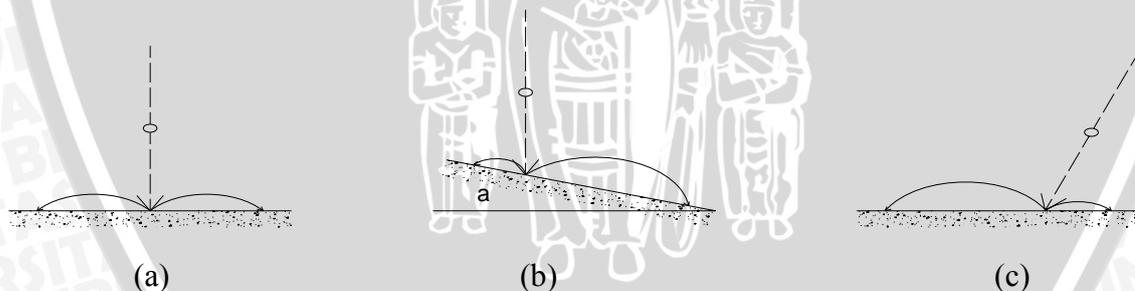
1. Erosi percikan (*splash erosion*)
2. Erosi aliran permukaan (*overland flow erosion*)
3. Erosi alur (*rill erosion*)
4. Erosi parit/selokan (*gully erosion*)
5. Erosi tebing (*stream bank erosion*)
6. Erosi internal (*internal or subsurface erosion*)
7. Tanah longsor (*land slide*)

1. Erosi Percikan (*splash erosion*)

Erosi percikan adalah terlepas dan terlemparnya partikel-partikel tanah dari massa tanah akibat pukulan butiran air hujan secara langsung. Erosi percikan terdiri dari tiga tahap, yaitu:

1. Terjadinya penggemburan yang cepat pada permukaan tanah sehingga kohesinya menurun, akibat laju erosi percikan yang meningkat.
2. Terjadinya pemadatan pada permukaan tanah akibat pukulan air hujan sehingga terbentuk lapisan kerak (*crust*) tipis yang akan menurunkan jumlah partikel tanah yang terlempar keudara dan meningkatkan akumulasi air permukaan.
3. Terjadinya turbulensi aliran permukaan yang mampu mengangkut sebagian lapisan kerak pada permukaan tanah.

Erosi percikan maksimum akan terjadi segera setelah tanah menjadi basah, dan kemudian akan menurun terhadap waktu sejalan dengan makin meningkatnya ketebalan air diatas permukaan tanah. Erosi percikan tidak akan menjadi masalah pada lahan atau tempat yang datar, karena percikan tanah akan tersebar secara acak kesegala arah dengan jarak yang relatif sama dari titik pusat butiran air hujan yang jatuh, tetapi pada lahan miring hal ini akan menjadi masalah, karena percikan tanah akan lebih dominan kearah bawah dan jarak lemparannya juga lebih jauh kearah bawah. Hal ini dipengaruhi oleh kemiringan lahan, sudut pukulan air hujan dan angin.



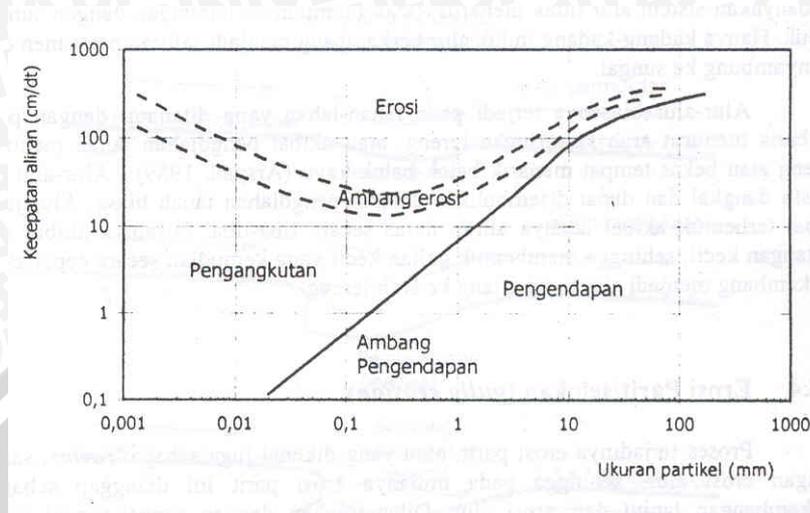
Gambar 2.2 Perbedaan distribusi terlemparnya partikel tanah oleh percikan air hujan

2. Erosi Aliran Permukaan (*overland flow erosion*)

Erosi aliran permukaan akan terjadi hanya dan jika intensitas atau lamanya hujan melebihi kapasitas infiltrasi atau kapasitas simpan air tanah. Mengingat bahwa aliran permukaan terjadi tidak merata dan arah aliran tidak beraturan, maka kemampuan untuk mengikis tanah juga tidak sama atau tidak merata untuk semua tempat.

Faktor yang mempengaruhi tahap laju erosi permukaan adalah kecepatan dan turbulensi aliran. Pada kecepatan rendah dan aliran tenang, aliran permukaan cenderung

tidak menyebabkan terjadinya erosi. Sebaliknya pada batas kecepatan tertentu aliran permukaan akan mampu mengikis permukaan tanah, hal ini terjadi bila energi aliran permukaan melebihi daya tahan tanah.



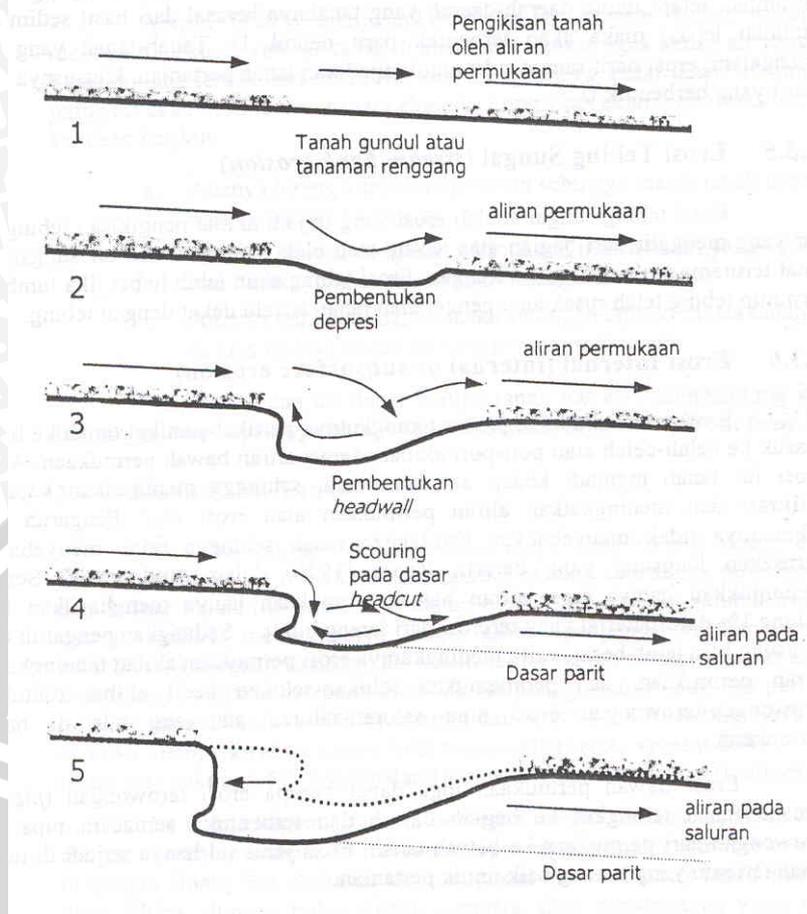
Gambar 2.3 Hubungan antara kecepatan aliran kritis untuk terjadinya erosi, pengangkutan, dan pengendapan sebagai fungsi ukuran partikel.

3. Erosi Alur (*rill erosion*)

Erosi alur terbentuk pada jarak tertentu ke arah bawah lereng sebagai akibat terkonsentrasinya aliran permukaan sehingga terbentuk alur-alur kecil. Jika alur yang terbentuk merupakan alur baru, maka alur-alur tersebut tidak selalu saling berkaitan dengan alur yang terbentuk sebelumnya. Kebanyakan sistem alur tidak menerus, tidak mempunyai hubungan dengan sungai induk. Hanya kadang-kadang induk alur berkembang menjadi saluran permanent dan menyambung kesungai.

4. Erosi Parit/selokan (*gully erosion*)

Erosi parit yang dikenal sebagai *ravine*, sama dengan erosi alur, sehingga pada mulanya erosi parit ini dianggap sebagai perkembangan lanjut dari erosi alur. Parit ditandai dengan adanya potongan depan tangga atau titik-titik penyempitan sepanjang alurnya. Parit juga mempunyai kedalaman yang relatif besar dengan lebarnya yang sempit, mengangkut beban sedimen yang tinggi dan sangat tidak teratur, sehingga korelasi antara debit sedimen dan aliran biasanya jelek. Parit hampir selalu berkaitan erat dengan percepatan erosi disertai dengan ketidak stabilan penampakan muka tanah (*landscape*).



Gambar 2.4 Tahapan terbentuknya parit pada suatu lereng bukit

5. Erosi Tebing Sungai (*stream bank erosion*)

Erosi tebing sungai adalah erosi yang terjadi akibat pengikisan tebing oleh air yang mengalir dari bagian atas tebing atau oleh terjangan arus air sungai yang kuat terutama pada tikungan-tikungan. Erosi tebing akan lebih hebat jika tumbuhan penutup tebing telah rusak atau pengolahan lahan terlalu dekat dengan tebing.

6. Erosi internal (*internal or subsurface erosion*)

Erosi internal adalah proses terangkutnya partikel-partikel tanah ke bawah masuk ke celah-celah atau pori-pori akibat adanya aliran bawah permukaan. Akibat dari erosi ini dapat menyebabkan tanah menjadi kedap air dan udara, sehingga menurunkan kapasitas infiltrasi dan meningkatkan aliran permukaan atau erosi alur. Pengaruh erosi ini tidak menyebabkan kehilangan tanah secara langsung tetapi berpengaruh secara tidak langsung, yaitu meningkatkan aliran permukaan, dan pembentukan selokan-selokan kecil akibat runtuhnya saluran-saluran air yang ada dibawah permukaan.

Erosi jenis ini hanya terjadi di tanah-tanah tertentu yang kurang baik untuk pertanian.

7. Tanah longsor (*land slide*)

Tanah longsor merupakan bentuk erosi dimana pengangkutan atau gerakan massa tanah terjadi pada suatu saat dalam volume yang relatif besar. Ditinjau dari segi gerakannya, ada beberapa erosi akibat gerakan massa tanah, yaitu:

1. Rayapan (*creep*).
2. Runtuhan batuan (*rock fall*)
3. Aliran lumpur (*mudflow*)

Longsoran terjadi sebagai akibat meluncurnya suatu volume tanah diatas suatu lapisan agak kedap air yang jenuh air. Lapisan kedap air dapat berupa tanah liat atau mengandung kadar tanah liat tinggi, atau dapat juga berupa lapisan batuan, seperti Napal liat (*clay shale*).

2.1.3 Perhitungan Erosi dengan Metode USLE

Pada dasarnya erosi dipengaruhi oleh iklim, sifat tanah, derajat dan panjang lereng, adanya penutup berupa vegetasi dan aktivitas manusia merupakan beberapa faktor yang perlu diperhitungkan karena faktor ini juga berpengaruh cukup besar terhadap besarnya laju erosi disuatu lahan.

Persamaan wischmeir dan Smith sama dengan atau identik dengan persamaan Universal Soil Lost Equation (USLE) atau biasa dikenal dengan rumus persamaan umum kehilangan tanah (PUKT). Perlu diketahui bahwa pada waktu ini telah ada perbaikan terhadap rumus USLE yang dikenal dengan RUSLE, tetapi karena banyak diperlukan data yang sulit didapat maka rumus USLE masih tetap dipakai oleh banyak kalangan.

Rumus kehilangan tanah secara keseluruhan (Suripin, 2001: 70) adalah sebagai berikut :

$$Ea = R \times K \times LS \times C \times P \quad (2.1)$$

Dimana :

Ea = Banyaknya tanah tererosi per satuan luas per satuan waktu, yang dinyatakan sesuai dengan satuan K dan periode R yang dipilih, dalam praktek dipakai satuan ton/ha/tahun.

R = Faktor erosivitas hujan dan aliran permukaan, yaitu jumlah satuan indeks erosi hujan, yang merupakan perkalian antara energi hujan total (E) dan intensitas hujan maksimum 30 menit (I_{30}), tahunan dalam KJ/ha.

K = Faktor erodibilitas tanah, yaitu laju erosi per indeks erosi hujan (R) untuk suatu tanah yang diperoleh dari petak percobaan yang panjangnya 22.13 m dan kemiringan seragam sebesar 9% tanpa tanaman, satuan ton/KJ.

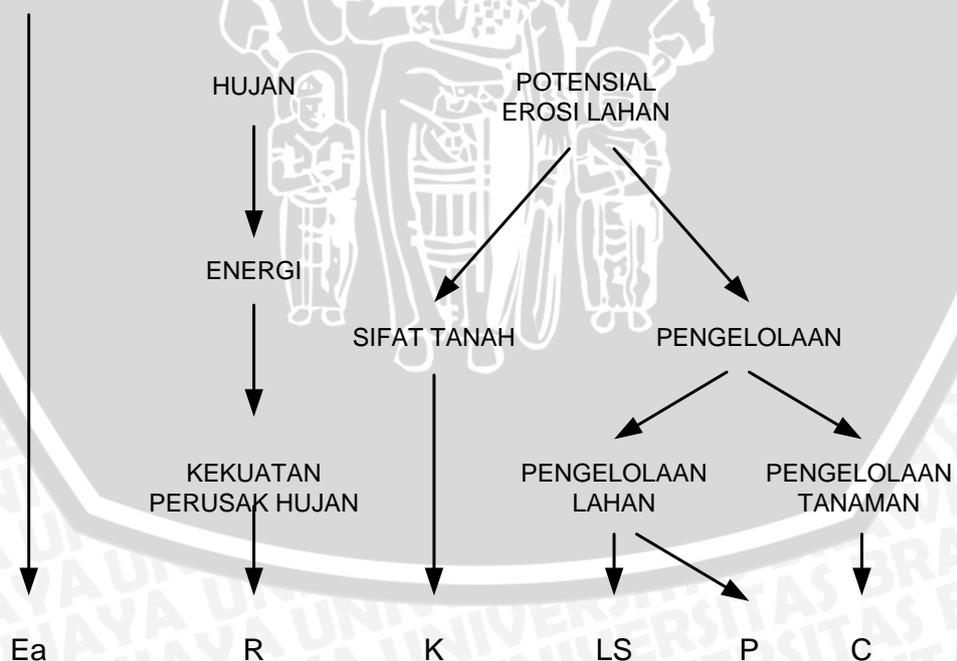
LS = Faktor panjang kemiringan lereng, yaitu nisbah antara besarnya erosi per indeks erosi dari suatu lahan dengan panjang dan kemiringan lahan tertentu terhadap besarnya erosi dari plot lahan dengan panjang 22.13 m dan kemiringan 9%, dibawah keadaan yang identik, tidak berdimensi.

C = Faktor tanaman penutup lahan dan manajemen tanaman, yaitu nisbah antara besarnya erosi dari suatu lahan dengan penutup tanaman dan manajemen tanaman tertentu terhadap lahan yang identik tanpa tanaman, tidak berdimensi.

P = faktor tindakan konservasi praktis, yaitu nisbah antara besarnya dari lahan dengan tindakan konservasi praktis dengan besarnya erosi dari tanah yang diolah searah lereng dalam keadaan yang identik, tidak berdimensi.

Metode USLE dapat digambarkan secara skematis seperti pada gambar 2.5 berikut:

BESARNYA EROSI
YANG TERJADI
SEBAGAI FUNGSI :



Gambar 2.5 Skema persamaan USLE (Arsyad, 1989)

a). Faktor Erosivitas Hujan, R

Penyebab utama erosi tanah adalah pengaruh pukulan air hujan pada tanah. Hujan menyebabkan erosi tanah melalui dua jalan; yaitu pelepasan butiran tanah oleh pukulan air hujan pada permukaan tanah dan kontribusi hujan terhadap aliran. Faktor erosivitas hujan, R, didefinisikan sebagai jumlah satuan indeks erosi hujan dalam setahun. Nilai R yang merupakan daya rusak hujan, dapat ditentukan dengan persamaan yang dilaporkan oleh Wischmeier, 1959 (dalam Renard, et.al., 1996) sebagai berikut:

$$R = \sum_{i=1}^n EI_{30} \quad (2.2)$$

Dimana R adalah faktor erosivitas hujan (KJ/ha/tahun); n adalah jumlah kejadian hujan dalam setahun, EI_{30} tahun adalah jumlah EI_{30} bulan. Dalam menghitung nilai EI_{30} digunakan persamaan Bols (1978) sebagai berikut:

$$EI_{30} = 6,119 P_b^{1,211} \cdot N^{-0,474} \cdot P_{\max}^{0,526} \quad (2.3)$$

Dimana EI_{30} adalah indeks erosi hujan bulanan (KJ/ha); P_b adalah curah hujan bulanan (cm); N adalah jumlah hari hujan per bulan; P_{\max} adalah hujan maksimum harian (24 jam) dalam bulan yang bersangkutan.

b). Faktor Erodibilitas Tanah, K

Erodibilitas tanah, atau faktor kepekaan erosi tanah, yang merupakan daya tahan tanah baik terhadap penglepasan dan pengangkutan, terutama tergantung pada sifat-sifat tanah, seperti tekstur, stabilitas agregat, kekuatan geser, kapasitas infiltrasi, kandungan bahan organik dan kimiawi. Disamping itu juga tergantung pada posisi topografi, kemiringan lereng, dan gangguan oleh manusia.

$$K = \left\{ 2.713 * 10^4 (12 - O) * M^{1.14} + 3.25 \frac{(P - 3)}{100} \right\} \quad (2.4)$$

Dimana :

M = Persentase pasir sangat halus dan debu (diameter 0.05–0.1 dan 0.02–0.05 mm) x (100–persentase tanah liat).

O = Persentase bahan organik

S = Kode struktur tanah yang dipergunakan dalam klasifikasi tanah

P = Klas permeabilitas tanah

Tabel 2.2 Kode Struktur Tanah

Kelas Struktur Tanah (ukuran diameter)	Kode
Granuler sangat halus (<1mm)	1
Granuler halus (1 – 2 mm)	2
Granuler sedang sampai kasar (2 sampai 10 mm)	3
Berbentuk blok, blocky, plat, masif	4

Sumber: Suripin; 2002; 74

Tabel 2.3 Kode Permeabilitas Tanah

Kelas permeabilitas	Kecepatan (cm/jam)	Kode
Sangat lambat	< 0.5	1
Lambat	0.5 – 2.0	2
Lambat sampai sedang	2.0 – 6.3	3
Sedang	6.3 – 12.7	4
Sedang sampai cepat	12.7 – 25.4	5
Cepat	> 25.4	6

Sumber: Suripin; 2002; 75

Tabel 2.4 Nilai Faktor Erodibilitas Tanah (K) Hasil Pengamatan Beberapa Jenis Tanah di Indonesia dan Amerika Serikat

Tanah/Lokasi	K (satuan AS) Pengamatan	K (metrik) Pendugaan USLE
Tanah di Indonesia		
1. Latosol, Darmaga	0.02	0.04
2. Mediteran, Citaman	0.10	0.13
3. Mediteran, Ciputat	0.25	0.22
4. Mediteran, Punung	0.25	0.22
5. Grumososl, Jegu	0.24	0.25
Tanah di Amerika Serikat		
1. Austin c. temple, Texas	0.29	0.28
2. Carobougl, Presque Island, Maine	0.28	0.27
3. Cecil sl., Statesville, K. C	0.28	0.28
4. Fayette sil., LaCrosse, Wiscosin	0.38	0.42
5. Keene sil., Zenesville, Ohio	0.48	0.46
6. Lexington sil., Holy Springs, Miss	0.45	0.45
7. Loring sil., Holy Springs, Miss	0.51	0.49
8. Mansie cl., Hays, Kansas	0.32	0.33
9. Marshall siel., Clarida, Iowa	0.33	0.32
10. Mexico sil., Mc Credie, Mo	0.32	0.33
11. Shelby l., Bethany, Mo	0.41	0.39
12. Tifton ls., Tifton, Ga	0.10	0.09
13. Zaneis ls., Guthrie, Okla	0.22	0.26

Sumber: Suripin; 2002; 76

c). Faktor Panjang dan Kemiringan Lereng, LS

Kombinasi antara faktor panjang lereng (L) dan kemiringan lereng (S) merupakan nisbah besarnya erosi dari suatu lereng dengan panjang dan kemiringan tertentu. Nilai LS untuk setiap tempat dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut :

$$LS = (L/22)^z (0.006541S^2 + 0.0456S + 0.065) \quad (2.5)$$

Dimana :

S = Kemiringan lereng

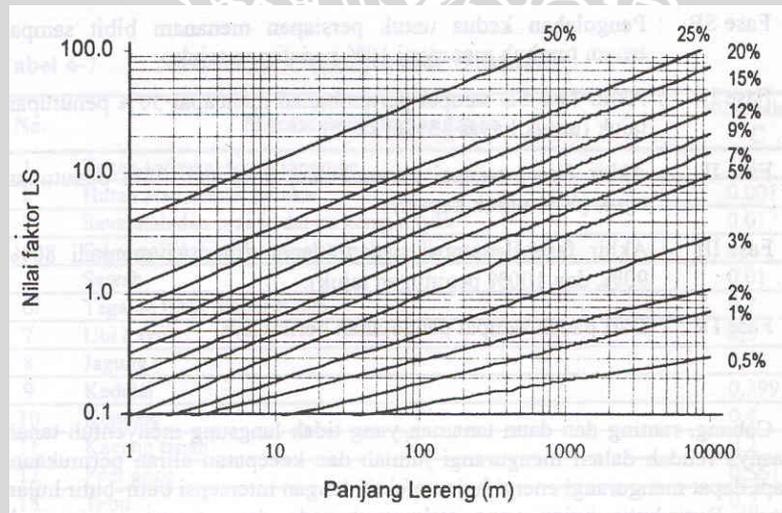
z = 0.5 jika S > 5 %

0.4 jika 5 % > S > 3 %

0.3 untuk 3 % > S > 1 %

0.2 untuk S < 1 %

Nilai LS dapat juga diperoleh dengan menggunakan nomograf seperti yang diperlihatkan dalam gambar 2.6.



Gambar 2.6. Nomograf faktor panjang-kemiringan lereng (LS)

d). Faktor Tanaman Penutup dan Manajemen Tanaman, C

Faktor C mengukur kombinasi pengaruh tanaman dan pengelolaan. Efektifitas tanaman dalam mencegah erosi

Tabel 2.5 Nilai C untuk Berbagai Tanaman dan Pengelolaan Tanaman yang Besumber dari Berbagai Penelitian

No	Macam penggunaan lahan	Nilai C	
1	Tanah terbuka, tanpa tanaman	1	
2	Hutan atau semak belukar	0.001	
3	Savannah dan prairie dalam kondisi baik	0.01	
4	Savannah dan prairie yang rusak untuk gembalaan	0.1	
5	Sawah	0.01	
6	Tegalan tidak dispesifikasi	0.7	
7	Ubi kayu	0.8	
8	Jagung	0.7	
9	Kedelai	0.399	
10	Kentang	0.4	
11	Kacang tanah	0.2	
12	Padi gogo	0.561	
13	Tebu	0.2	
14	Pisang	0.6	
15	Akar wangi	0.4	
16	Rumput Bede	0.287	
17		0.002	
18	Kopi dengan penutup tanah buruk	0.2	
19	Talas	0.85	
20	Kebun Campuran	Kerapatan tinggi	0.1
		Kerapatan sedang	0.2
		Kerapatan rendah	0.5
21	Perladangan	0.4	
22	Hutan alam	Serasah banyak	0.001
		Serasah sedikit	0.005
23	Hutan produksi	Tebang habis	0.5
		Tebang pilih	0.2
24	Semak belukar, padang rumput	0.3	
25	Ubi kayu+Kedelai	0.181	
26	Ubi kayu + Kacang tanah	0.195	
27	Padi – Sorghun	0.345	
28	Padi – Kedelai	0.417	
29	Kacang tanah + Gude	0.495	
30	Kacang tanah + Kacang tunggak	0.571	
31	Kacang tanah + mulsa jerami 4t/ha	0.049	
32	Padi + mulsa jerami 4t/ha	0.096	
33	Kacang tanah + mulsa Jagung 4t/ha	0.128	
34	Kacang tanah + mulsa Crotalaria 3t/ha	0.136	
35	Kacang tanah + mulsa kacang tunggak	0.259	
36	Kacang tanah + mulsa jerami 2t/ha	0.377	
37	Padi + mulsa Crotalaria 3t/ha	0.387	
38	Pola tanaman tumpang gilir + mulsa Jerami	0.079	
39	Pola tanaman berurutan + mulsa sisa tanaman	0.357	
40	Alang - alang murni subur	0.001	
41	Padang rumput (stepa) dan savanna	0.001	
42	Rumput Brachiaria	0.002	

Sumber: Suripin; 2002; 79

e). Faktor Konservasi Praktis, P

Konservasi tanah adalah perbandingan nilai antara besarnya erosi dari lahan dengan suatu tindakan konservasi tertentu terhadap besarnya erosi pada lahan tanpa tindakan konservasi. Tindakan konservasi dalam mengendalikan erosi tergantung pada panjang dan kemiringan lereng

Tabel 2.6 Nilai Faktor P untuk Berbagai Tindakan Konservasi Tanah

No	Tindakan khusus konservasi tanah	Nilai P	
1.	Tanpa tindakan pengendalian erosi	1.00	
2.	Terras bangku	Konstruksi baik	0.04
		Konstruksi sedang	0.15
		Konstruksi kurang baik	0.35
		Terras tradisional	0.40
3.	Strip tanaman	Rumput bahia	0.40
		Clotararia	0.64
		Dengan kontur	0.20
4.	Pengolahan tanah dan Penanaman menurut garis kontur	kemiringan 0 – 8 %	0.50
		Kemiringan 8 – 20 %	0.75
		Kemiringan > 20 %	0.90

Sumber: Suripin; 2002; 81

2.2 Analisis Hidrologi

2.2.1 Pencatatan Data hujan

Dari stasiun hujan yang berpengaruh pada DAS yang ditinjau diperlukan data curah hujan harian. Selanjutnya dipilih data curah hujan harian maksimum pada setiap stasiun. Pada stasiun yang lain juga ditinjau curah hujan maksimum pada waktu yang sama, dengan cara sebagai berikut:

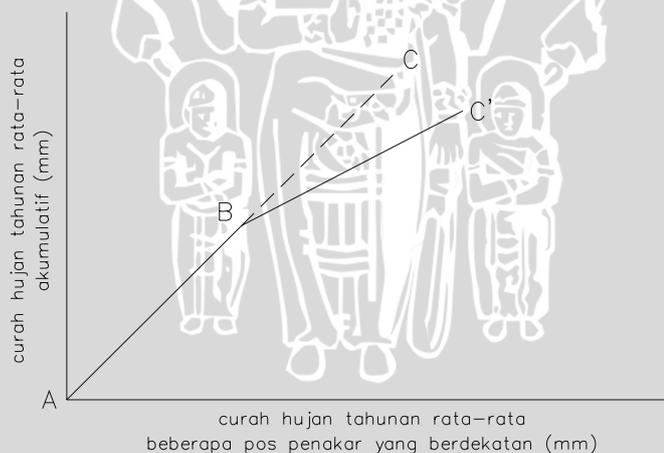
1. Menentukan titik di salah satu stasiun penakar hujan saat terjadi hujan harian maksimum.
2. Mencari besarnya curah hujan pada tanggal dan bulan yang sama untuk stasiun yang lain sesuai dengan tanggal dan bulan yang terjadi pada no.1

2.2.2 Uji Konsistensi

Dalam analisa hidrologi sebelum mengolah data yang ada, terlebih dahulu dilakukan suatu pengujian terhadap data yang tersedia, yaitu dikenal dengan uji konsistensi data. Uji konsistensi data dilakukan terhadap data curah hujan tahunan dengan tujuan untuk mengetahui adanya penyimpangan data hujan, sehingga dapat disimpulkan apakah data tersebut layak dipakai dalam analisa hidrologi atau tidak.

Jika data hujan tidak konsisten karena perubahan atau gangguan lingkungan di sekitar tempat penakar hujan dipasang, misalnya penakar hujan terlindung oleh pohon, terletak berdekatan dengan gedung tinggi, perubahan cara penakaran dan pencatatan, pemindahan letak penakar dan sebagainya, memungkinkan terjadi penyimpangan terhadap trend semula. Hal tersebut dapat diselidiki dengan menggunakan lengkung massa ganda seperti yang terlihat pada gambar 2.7 (CD. Soemarto, 1995:14).

Kalau tidak ada perubahan terhadap lingkungan, maka akan diperoleh garis lurus ABC. Tetapi karena pada tahun tertentu terjadi perubahan lingkungan, maka didapat garis patah ABC'. Tujuan dari metode ini adalah membandingkan curah hujan kumulatif stasiun yang akan diuji dengan curah hujan rerata komulatif stasiun yang lain yang berdekatan.

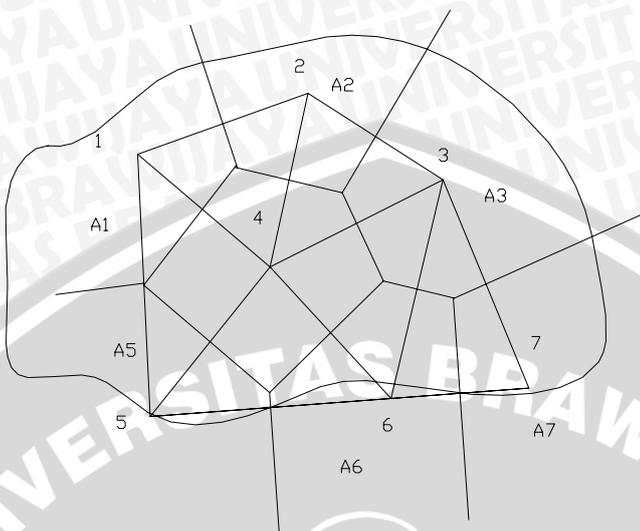


Gambar 2.7 Lengkung Massa Ganda

2.2.3 Menentukan Curah Hujan Daerah

Dalam menentukan curah hujan daerah, ada berbagai cara untuk mendapatkannya. Diantaranya dengan metode tiinggi rata-rata, metode *polygon thiessen*, metode *isohyet*. Mengingat letak/jarak stasiun-stasiun penakar hujan yang ada pada DAS Bango tidak teratur, maka metode *polygon thiessen* adalah yang paling tepat untuk menentukan curah hujan daerah. Cara ini didasarkan atas cara rata-rata timbang

(weight average). Masing-masing penakar mempunyai daerah pengaruh yang dibentuk dengan menggambarkan garis-garis sumbu tegak lurus terhadap garis penghubung antara dua pos penakar (lihat gambar 2.8)



Gambar 2.8 Polygon Thiessen

Misalnya A_1 adalah luas daerah pengaruh pos penakar 1, A_2 luas daerah penakar 2, dan seterusnya. Jumlah $A_1 + A_2 + A_3 + \dots + A_n = A$ adalah merupakan jumlah luas seluruh areal yang dicari tinggi curah hujannya.

Jika pos penakar 1 menakar tinggi hujan d_1 , pos 2 menakar d_2 , dst maka :

$$d = \frac{A_1 \cdot d_1 + A_2 \cdot d_2 + \dots + A_n \cdot d_n}{A} = \sum_{i=1}^n \frac{A_i \cdot d_i}{A} \tag{2.6}$$

Jika $\frac{A_i}{A} = p_i$ yang merupakan prosentasi luas, maka :

$$d = \sum_{i=1}^n p_i \cdot d_i \tag{2.7}$$

dengan :

A = luas area

D = tinggi curah hujan rata-rata areal

$d_1, d_2, d_3, \dots, d_n$ = tinggi curah hujan pada pos-pos penakar
1, 2, 3, n

$\sum_{i=1}^n p_i$ = jumlah prosentase luas = 100 %



2.3 Pencegahan Erosi

Pencegahan dan penanggulangan erosi pada suatu lahan dapat dilakukan dengan dua cara yaitu:

2.3.1 Cara Vegetasi

Vegetasi mempunyai pengaruh yang bersifat melawan terhadap pengaruh faktor-faktor yang erosif seperti hujan, topografi, dan karakteristik tanah.

Pengaruh vegetasi dalam memperkecil laju erosi dapat dijelaskan sebagai berikut:

1. Vegetasi mampu menangkap butir air hujan sehingga energi kinetiknya terserap oleh tanaman dan tidak menghantam langsung pada tanah. Pengaruh intersepsi air hujan oleh tumbuhan penutup pada erosi melalui dua cara, yaitu (1) memotong butir air hujan sehingga tidak jatuh ke bumi dan memberikan kesempatan terjadinya penguapan langsung dari dedaunan dan dahan, (2) menangkap butir hujan dan meminimalkan pengaruh negatif terhadap struktur tanah.
2. Tanaman penutup mengurangi energi aliran, meningkatkan kekasaran sehingga mengurangi kecepatan aliran permukaan, dan selanjutnya memotong kemampuan aliran permukaan untuk melepas dan mengangkut partikel sedimen.
3. Perakaran tanaman meningkatkan stabilitas tanah dengan meningkatkan kekuatan tanah.
4. Aktifitas biologi yang berkaitan dengan pertumbuhan tanaman memberikan dampak positif pada porositas tanah.
5. Tanaman mendorong transpirasi air, sehingga lapisan tanah atas menjadi kering dan memadatkan lapisan dibawahnya.

Tanaman penutup meningkatkan kekasaran permukaan dan memperpanjang lintasan aliran permukaan, sehingga mengurangi kecepatan aliran permukaan. Mengingat bahwa laju erosi merupakan fungsi kecepatan aliran dengan variasi tiga sampai lima, pengaruh pengurangan kecepatan aliran terhadap kehilangan tanah dapat sangat signifikan.

Perakaran tanaman meningkatkan stabilitas tanah dengan meningkatkan kohesifitas tanah, sehingga tanah lebih aman terhadap bahaya longsor. Namun demikian, kadang-kadang tanaman juga dapat memicu terjadinya tanah longsor karena tambahan beban dari pohon, dan meningkatkan infiltrasi yang memungkinkan lebih banyak air meresap dalam tanah, dan akibatnya menurunkan tegangan gesernya.

Vegetasi juga mampu memperbaiki agregasi tanah. Pembentukan agregat tanah dimulai dari penghancuran bongkah-bongkah tanah oleh perakaran tanaman. Akar-akar

tanaman masuk kebongkahan-bongkahan tanah dan menimbulkan tempat-tempat lemah, kemudian terpecah menjadi butir-butir sekunder. Sistem perakaran juga menyebabkan agregat menjadi stabil.

Disamping sistem perakaran, adanya sisa tanaman juga sangat membantu pembentukan dan pemantapan agregat tanah. Dengan adanya agregasi tanah yang baik, maka tanah akan lebih tahan terhadap pukulan air hujan. Jumlah dan kemantapan pori-pori tanah meningkat sehingga kapasitas infiltrasi tanah juga meningkat.

Pengaruh lain dari vegetasi terhadap erosi tanah adalah meningkatkan kehilangan air tanah. Kehilangan air tanah yang ada tanamannya terjadi melalui evaporasi dan transpirasi, sedangkan tanah yang terbuka hanya terjadi melalui evaporasi saja. Dengan demikian tanah yang ditumbuhi tanaman akan cepat kering, sehingga mempunyai kapasitas infiltrasi yang besar, dengan demikian akan mengurangi volume aliran permukaan.

Efektifitas tanaman penutup dalam mengurangi erosi tergantung pada ketinggian dan kontinuitas penutupan, kerapatan penutup tanah dan kerapatan perakaran. Makin tinggi tanaman penutup makin tinggi efektifitasnya. Butiran air hujan yang ditangkap tanaman kemungkinan terkumpul didaun dan membentuk butiran yang lebih besar. Dari tinggi jatuh sekitar 10 m, kecepatan butir air hujan akan mencapai kecepatan terminal, yaitu kecepatan dimana pengaruh gesekan udara sama dengan pengaruh grafitasi, sehingga butir air hujan menjadi erosif. Tanaman penutup yang rendah tidak hanya mengurangi kecepatan aliran permukaan karena meningkatnya kekasaran, tetapi juga terkonsentrasinya aliran permukaan. Penurunan kecepatan aliran permukaan memberi peluang waktu untuk terjadinya infiltrasi. Hutan yang terpelihara dengan baik, terdiri dari pepohonan dikombinasikan dengan tanaman penutup tanah, seperti rerumputan, semak atau perdu, dan belukar merupakan pelindung tanah yang ideal terhadap bahaya erosi.

2.3.2 Cara Struktural

2.3.2.1 Dinding Penahan Tanah

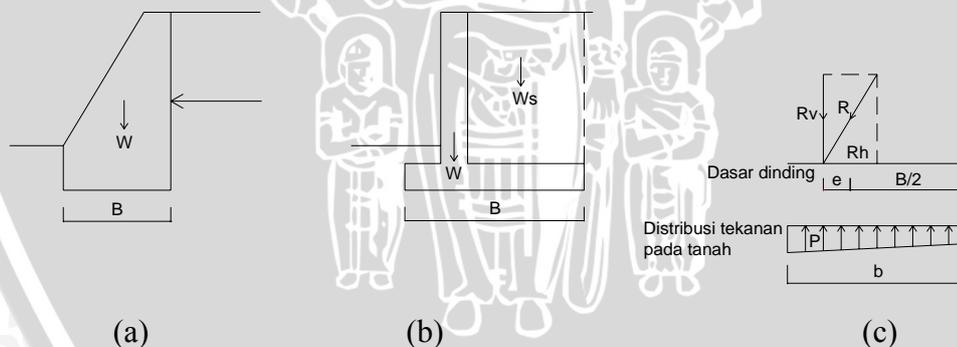
Dinding penahan tanah diperlukan untuk menjaga agar tanah tetap dalam keadaan stabil dan tidak mengalami keruntuhan/longsor. Dinding penahan tanah dapat dibangun pada daerah-daerah yang memiliki kemiringan tanah yang curam. Dalam mendesain dinding penahan harus memenuhi persyaratan-persyaratan tentang geser (sliding), guling (overturning) dan daya dukung (bearing capacity). Konstruksi penahan

tanah (dinding penahan, turap, dinding basement) biasanya digunakan dalam menahan massa tanah dengan talud vertikal. Dinding penahan bisa dikategorikan dalam beberapa bentuk:

1. Dinding gravitasi dan dinding kantilever

Stabilitas dinding penahan gravitasi (gravity retaining wall, Gambar 2.1a) diakibatkan oleh berat sendiri dinding dan mungkin dibantu oleh tahanan pasif yang terbentuk didepan dinding tersebut. Dinding jenis ini tidak ekonomis karena bahan dindingnya (pasangan batu atau beton), hanya dimanfaatkan untuk berat matinya. Dinding kantilever (cantilever wall) yang terbuat dari beton bertulang (Gambar 2.1b) lebih ekonomis karena urugan (backfill) itu sendiri dimanfaatkan untuk menahan berat sendiri yang diperlukan.

Kedua jenis dinding penahan tersebut dapat digunakan untuk menahan gerak-gerakan rotasi maupun translasi dengan teori “Rankine dan Coulomb” dalam perhitungan tekanan tanah lateral (Gambar 2.9c), menunjukkan komponen-komponen horizontal, R_h dan vertikal, R_v yang bekerja dari resultan gaya (R) pada dasar dinding. Posisi gaya R kemudian ditentukan dengan membagi jumlah aljabar momen-momen dari semua gaya terhadap sembarang titik pada dasar dinding dengan komponen vertikal (R_v).



Gambar 2.9.a dan b. Dinding penahan grafitasi dan kantilever c. Komponen-komponen gaya

Berdasarkan teori Rankine (Hari Christady H, 194) untuk menghitung nilai K_a dan K_p adalah sebagai berikut :

$$K_a = \tan^2 \left(45^\circ - \frac{\phi}{2} \right) \quad (2.8)$$

$$K_p = \tan^2 \left(45^\circ + \frac{\phi}{2} \right) \quad (2.9)$$

Dimana, K_a = Koefisien tekanan tanah aktif

K_p = Koefisien tekanan tanah pasif

ϕ = Sudut geser dalam

Untuk kedudukan aktif Rankine, tekanan tanah lateral pada dinding penahan tanah (p_a) pada sembarang kedalaman dapat dinyatakan dengan persamaan berikut :

$$P_a = z\lambda K_a; \text{ untuk } c = 0 \quad (2.10)$$

Tekanan tanah aktif total untuk dinding penahan tanah setinggi H sama dengan luas diagram tekanannya dinyatakan dengan persamaan :

$$P_a = \frac{1}{2} H^2 \times \gamma \times K_a \quad (2.11)$$

Sedangkan tekanan tanah pasif untuk semua kedalaman dinyatakan dengan persamaan :

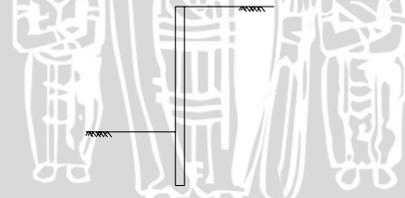
$$P_p = z\lambda K_p; \text{ untuk } c = 0 \quad (2.12)$$

Tekanan tanah pasif total adalah luas diagram tekanannya adalah :

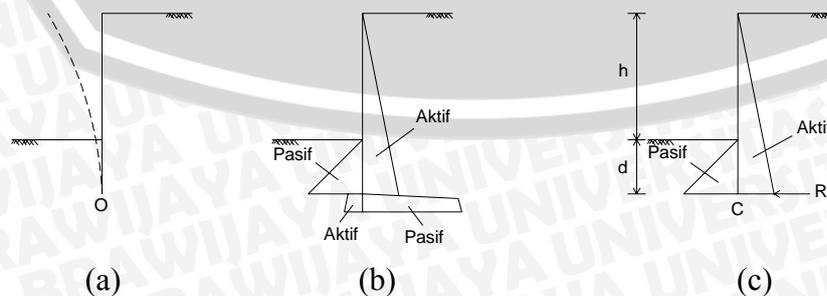
$$P_p = \frac{1}{2} H^2 \times \gamma \times K_p \quad (2.13)$$

2. Dinding turap kantilever

Dinding tipe ini hanya dipakai bila tanah yang akan ditahan tidak terlalu tinggi. Stabilitas dinding turap kantilever ini sepenuhnya diakibatkan oleh tahanan pasif yang timbul dibawah permukaan tanah yang lebih rendah.



Gambar 2.10 Dinding turap kantilever

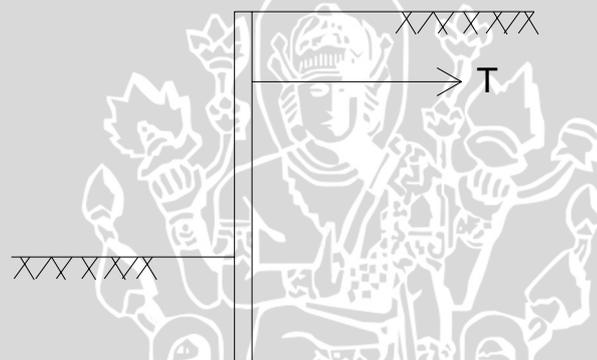


Gambar 2.11 Distribusi gaya pada dinding turap kantilever

Cara keruntuhan berupa rotasi terhadap titik O didekat ujung bawah dinding seperti terlihat pada gambar 2.3a. kosekuensinya tahanan pasif didepan dinding bekerja dititik O dan dibelakang dinding bekerja dibawah titik O (gambar 2.11b). Jadi ini melengkapi momen jepit yang terjadi. Akan tetapi distribusi tekanan ini hanya suatu idealisasi saja sebab tidak mungkin terdapat perubahan tekanan pasif secara tiba-tiba dari depan kebelakang dinding pada titik O. Dalam mendesain dinding turap kantilever biasanya didasarkan atas suatu penyederhanaan seperti pada gambar 2.11c, dimana diasumsikan bahwa tahanan pasif netto dibawah titik O dinyatakan oleh suatu gaya terpusat (R) pada titik C, sedikit dibawah titik O pada kedalaman dibawah permukaan tanah.

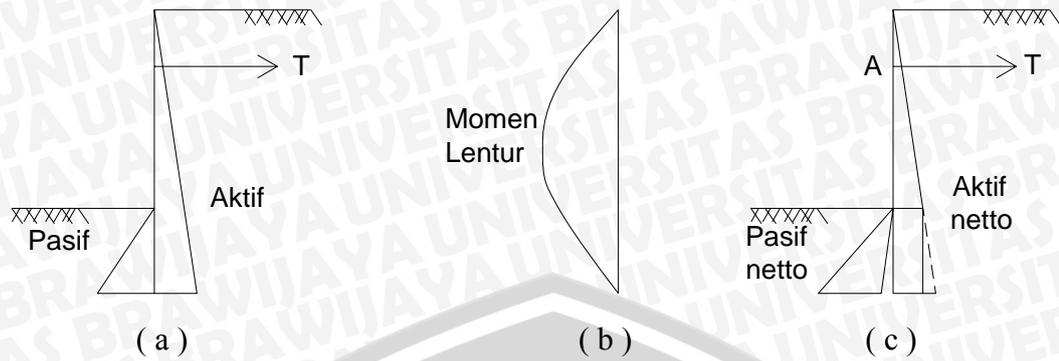
3. Dinding turap dengan angkur / penyangga

Dinding turap dapat dilengkapi penyangga tambahan berupa satu baris kabel pengikat (tie-back) atau penyangga (prop) yang diletakkan didekat puncak dinding.



Gambar 2.12 Dinding turap dengan angkur

Kabel pengikat biasanya berupa kabel-kabel atau batang baja mutu tinggi yang diangkurkan kedalam tanah beberapa meter dibelakang dinding. Dinding jenis ini digunakan secara luas pada konstruksi penahan air dan sebagai penyangga pada galian-galian yang dalam. Adapun dalam cara pemasangan metode tumpuan tanah bebas dimana distribusi tekanan aktif dan pasif dihitung secara terpisah (Gambar 2.13a). Dinding jenis ini dapat berotasi dengan bebas diujung bawahnya, sehingga bentuk diagram momen lenturnya ditunjukkan seperti gambar 2.13b. Dengan menggunakan analogi daya dukung tanah dari pondasi tapak (footing), Burland, Potts dan Walsh mengusulkan bahwa faktor keamanan harus didefinisikan berdasarkan tahanan pasif netto yang ada didepan dinding (Gambar 2.13c).



Gambar 2.13 Distribusi tekanan aktif dan pasif

Stabilitas Dinding Penahan Tanah

1. Stabilitas Terhadap Gelincir (*Sliding*), dan Daya Dukung (*Bearing Capacity*)

Faktor keamanan terhadap gelincir (*sliding*) dan daya dukung (*bearing capacity*) memiliki kesamaan. Dari Gambar 2.14 dapat diketahui bahwa jika menentukan faktor keamanan biasanya berada pada besaran 1.25 sampai 2.0 tergantung kepada sifat pentingnya dinding itu.

Untuk menghitung faktor keamanan terhadap geser dapat digunakan persamaan 2.12 (Joseph E.Bowles, 1993: 76) sebagai berikut:

$$Fk = \frac{\sum Pv + (C \times B) + Pp}{\sum Ph} > 2 \quad (2.14)$$

Dimana,

$$Pv = Ww + Ws$$

$$Ph = Pa$$

Dimana,

Fk = Faktor keamanan gelincir

Ww = Berat dinding penahan tanah

Ws = Berat tanah antara dinding dan bidang permukaan

C = Adesi antara tanah dan dasar pondasi

B = Lebar pondasi

2. Stabilitas Terhadap Guling (*overturning*)

Faktor keamanan terhadap guling pada stabilitas dinding penahan dapat didefinisikan sebagai rasio perbandingan antara jumlah momen penahan dengan jumlah momen penggerak.

Rumus Faktor keamanan terhadap guling dapat dilihat pada persamaan 2.13 (Joseph E. Bowles, 1993: 76) sebagai berikut:

$$Fk = \frac{\sum Mr}{\sum Mo} > 2 \quad (2.15)$$

$$Mr = (Ww \times x) + (Pp \times c) + (Ws \times x) \quad (2.16)$$

$$Mo = Pa \times y \quad (2.17)$$

Dimana,

Mr = Momen penahan guling

Mo = Momen guling

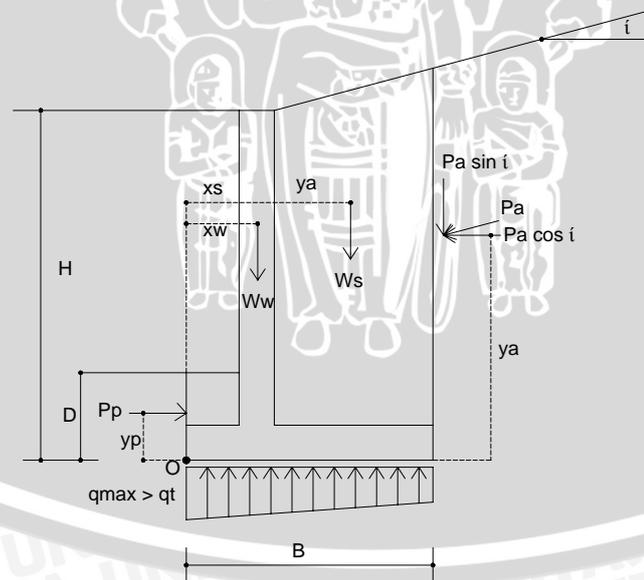
$x = y$ = Lengan momen

Kestabilan resultan pada alas dinding dapat dihitung dengan persamaan 2.16 (Joseph E. Bowles, 1993: 76) sebagai berikut :

$$\bar{x} = \frac{Mr - Mo}{Ww + Ws} \quad (2.18)$$

dan eksentrisitas pada pusat alas dihitung dengan persamaan 2.17 (Joseph E. Bowles, 1993: 76) sebagai berikut:

$$e = \frac{B}{2} - \bar{x} \quad (2.19)$$



Gambar 2.14 Potongan melintang dinding

3. Daya Dukung Tanah

Dinding penahan tanah harus memiliki faktor keamanan yang mencukupi (mampu) dalam menahan daya dukungnya. Biasanya faktor keamanan yang digunakan adalah; 2 untuk tanah granular, dan 3 untuk tanah kohesif. Apabila tanah memiliki daya dukung yang rendah atau pembesaran struktur dasar tidak bisa dilakukan, maka penggunaan tiang merupakan alternatif pilihan lain.

Tekanan tanah ijin dapat dihitung menggunakan Persamaan umum 2.18 (Hary Christady H, 2002: 270) untuk daya dukung sebagai berikut:

$$q_u = cN_c + D\gamma N_q + \frac{1}{2}\gamma BN_\gamma \quad (2.20)$$

Dalam menghitung tekanan tanah ijin diperlukan kapasitas dukung ultimit adalah beban maksimum persatuan luas dengan tidak terjadi kegagalan geser pada tanah yang mendukungnya.

Kapasitas dukung ultimit netto (q_{un}) adalah nilai intensitas beban pondasi total dimana tanah akan mengalami keruntuhan geser, ditunjukkan dengan dengan persamaan 2.19 (Hary Christady H, 2002: 270) sebagai berikut :

$$q_{un} = q_u - \gamma D \quad (2.21)$$

Tekanan pondasi netto (q_n) untuk suatu pondasi tertentu adalah tekanan tambahan pada dasar pondasi akibat beban yang diterima oleh struktur tersebut. Tekanan pondasi total dinyatakan dengan rumus 2.20 (Hary Christady H, 2002: 273) sebagai berikut:

$$q_n = q - \gamma D \quad (2.22)$$

Kapasitas dukung ijin (F) adalah besarnya intensitas beban maksimum dengan mempertimbangkan besarnya kapasitas dukung, penurunan dan kemampuan struktur untuk menyesuaikan terhadap pengaruh penurunan.

Faktor keamanan F dalam tinjauan kapasitas dukung ultimit dapat dihitung dengan persamaan 2.21 (Hary Christady H, 2002: 273) sebagai berikut:

$$F = \frac{q_{un}}{q_n} = \frac{q_u - \gamma D}{q - \gamma D} \quad (2.23)$$

Dimana,

q_u = beban ultimit

D = Faktor kedalaman

i = Faktor kemiringan

N_c, N_q, N_γ = faktor daya dukung

Tabel 2.7 Nilai-Nilai Faktor Kapasitas Dukung Tanah Terzaghi

Ø	Keruntuhan geser umum			Keruntuhan geser lokal		
	N_c	N_q	N_γ	N_c'	N_q'	N_γ'
0	5.7	1.0	0.0	5.7	1.0	0.0
5	7.3	1.6	0.5	6.7	1.4	0.2
10	9.6	2.7	1.2	8.0	1.9	0.5
15	12.9	4.4	2.5	9.7	2.7	0.9
20	17.7	7.4	5.0	11.8	3.9	1.7
25	25.1	12.7	9.7	14.8	5.6	3.2
30	37.2	22.5	19.7	19.0	8.3	5.7
34	52.6	36.5	35.0	23.7	11.7	9.0
35	57.8	41.4	42.4	25.2	12.6	10.1
40	95.7	81.3	100.4	34.9	20.5	18.8
45	172.3	173.3	297.5	51.2	35.1	37.7
48	258.3	287.9	780.1	66.8	50.5	60.4
50	347.6	415.1	1153.2	81.3	65.6	87.1

Sumber: Hary Christady Hardiyatmo; 2002; 271

Tekanan tanah dihitung untuk suatu telapak kaku dengan menggunakan persamaan 2.17 (Joseph E Browles, 1993: 84) sebagai berikut:

$$\sigma = \frac{N}{6} \pm \left(\frac{6 * e}{B} \right)^2 \leq \sigma_r \quad (2.24)$$

2.3.2.2 Bronjong

Bronjong kawat adalah kotak yang terbuat dari anyaman kawat baja berlapis seng yang pada penggunaannya berisi batu-batu untuk mencegah erosi yang dipasang pada daerah yang memiliki kemiringan yang sangat curam, pada tepi-tepi sungai yang proses pengayamannya menggunakan mesin.

Sifat bronjong kawat ini harus kokoh, bentuk ayaman heksagonal dengan lilitan ganda dan berjarak maksimum 40 mm serta harus simetri. Lilitan kawat ini harus erat tidak terjadi kerenggangan hubungan antara kawat sisi dan kawat anyaman dililit minimum 3 kali sehingga kawat mampu menahan beban dari segala arah.

Ukuran Bronjong kawat dapat ditampilkan pada tabel berikut:

Tabel 2.8 Ukuran Bronjong Kawat

Panjang (m)	Lebar (m)	Tinggi (m)
2	1	0.5
3	1	0.5
4	1	0.5
3	1.5	0.5
2	1	0.5
3	1	0.5
4	1	0.5
6	2	0.17
6	2	0.23
6	2	0.3



BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Sistematika Penyusunan Skripsi

Dalam kajian ini agar dapat mendapatkan hasil yang terbaik proses pengerjaan skripsi ini kami jabarkan sebagai berikut:

a. Studi Literatur

Menganalisis masalah dengan menggunakan teori, rumus-rumus empiris, dan data-data literatur.

b. Observasi Lapangan

Peninjauan langsung ke daerah studi untuk mendapatkan data-data yang belum diukur oleh pihak yang berwenang.

3.2 Deskripsi Daerah Studi

Studi dilaksanakan di Daerah Aliran Sungai (DAS) Bango yang merupakan sub DAS Brantas hulu yang secara administratif melewati tiga wilayah administrasi yaitu : Kabupaten Malang, Kota Malang dan Kota Batu Propinsi Jawa Timur. Secara geografis terletak antara $112^{\circ}32'6''$ - $112^{\circ}46'30''$ BT dan $7^{\circ}46'00''$ - $7^{\circ}59'45''$ LS.

Daerah studi terdiri dari dua belas daerah sub DAS, yaitu kali Sumber awan, kali Klampok, kali Bodo, kali Genitring, kali Jurang tamu, kali Mewek, kali Sumpil, Kali Bango, kali Lohor, kali Wendit, kali Sari, kali Mati. Untuk masing-masing daerah sub DAS memiliki karakteristik yang berbeda-beda yang sangat mempengaruhi terjadinya erosi dan penanggulangannya.

3.3 Data Pendukung Kajian

Berdasarkan batasan dan perumusan permasalahan seperti pada Bab I, maka data-data yang diperlukan dalam studi ini adalah:

- Peta tata guna lahan di DAS Bango skala 1: 25000 tahun 2000 dari Bakosurtanal. Outlet diperoleh dari Jurusan Geodesi Fakultas Teknik Sipil ITN Malang.
- Data curah hujan dari tahun 1994-2003 diperoleh dari Balai PSDA Bango Gedangan Malang.
- Peta Topografi di DAS Bango skala 1: 25.000 tahun 2000 dari Bakosurtanal. Outlet diperoleh dari Jurusan Geodesi Fakultas Teknik Sipil ITN Malang.

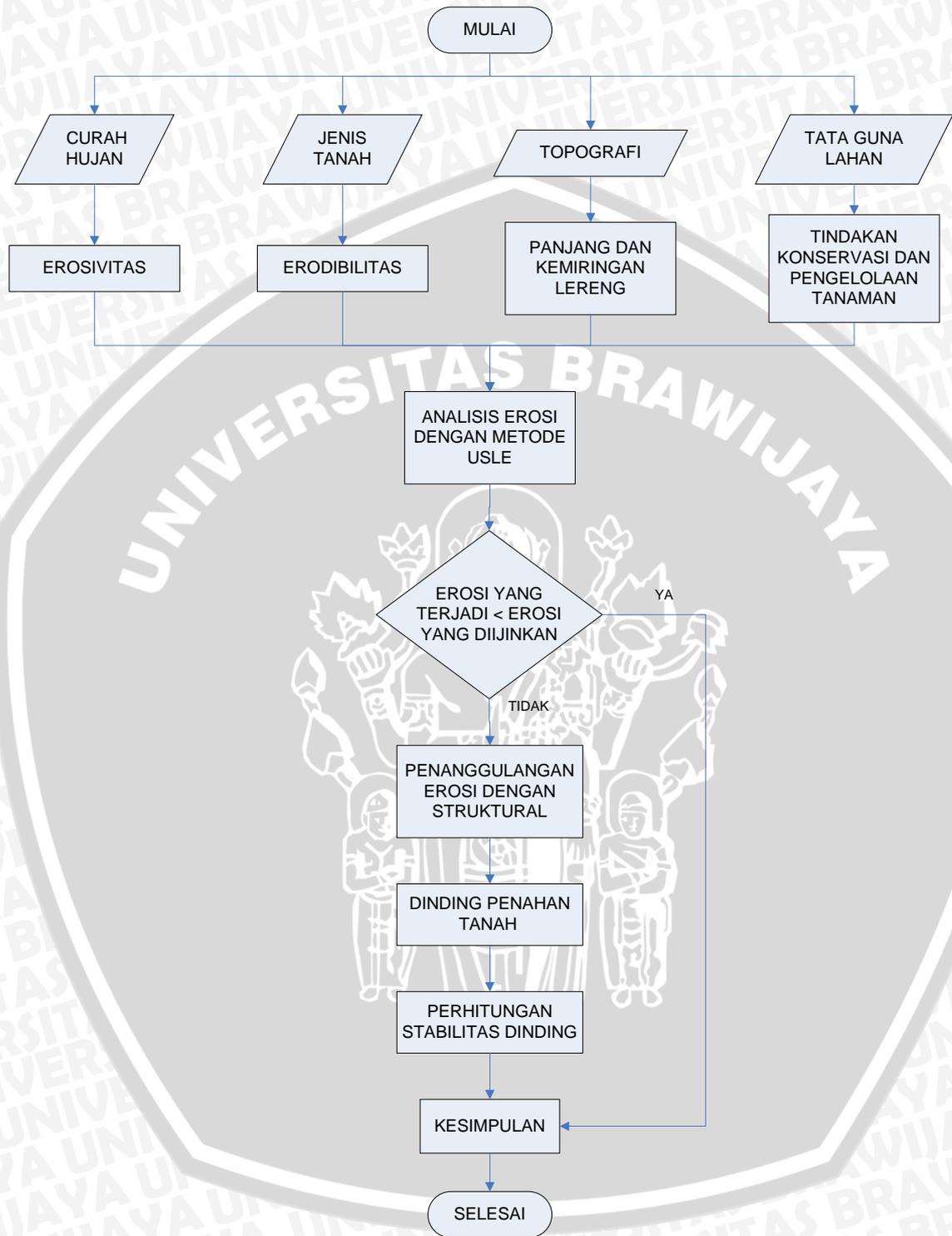
- Peta kemiringan lereng di DAS Bango Kota Malang skala 1: 50.000 tahun 1986 diperoleh dari Bapeda Propinsi Dati I Jawa Timur.
- Peta administrasi Kabupaten Malang, Kota Malang dan Kota Batu skala 1: 25.000 dari Bakosurtanal. Outlet diperoleh dari Jurusan Geodesi Fakultas Teknik Sipil ITN Malang.
- Peta jenis tanah pada daerah DAS Bango.

3.4 Langkah-Langkah Pengerjaan Studi

Untuk memudahkan dalam penyelesaian skripsi ini tentunya diperlukan tahapan-tahapan yang jelas. Adapun langkah-langkah pengerjaan skripsi ini dijabarkan sebagai berikut:

1. Pengumpulan Data
 - a. Peta topografi
 - b. Peta tata guna lahan
 - c. Data curah hujan
 - d. Data panjang dan kemiringan lereng
 - e. Data jenis tanah
2. Pengolahan Data
 - a. Menghitung curah hujan areal dengan menggunakan metode thiessen
 - b. Uji Konsistensi Data
 - c. Menentukan jenis tanah
 - d. Menentukan besarnya kemiringan lereng
 - e. Menentukan faktor tata guna lahan
 - f. Menentukan faktor pengelolaan tanaman
 - g. Menghitung atau memprediksi laju erosi di DAS Bango
 - h. Merencanakan bangunan struktural yang sesuai pada daerah studi

3.5 Diagram Alir Penelitian



Gambar 3.1 Diagram alir penelitian



BAB IV PENGOLAHAN DATA DAN ANALISIS

4.1. Kondisi Fisik DAS Bango

Daerah Aliran Sungai (DAS) Bango yang merupakan Sub DAS Brantas Hulu yang secara administratif melewati tiga wilayah administrasi yaitu Kabupaten Malang, Kota Malang dan Kota Batu Propinsi Jawa Timur. Secara geografis terletak antara $112^{\circ}32'6''-112^{\circ}46'30''$ BT dan $7^{\circ}46'00''-7^{\circ}59'45''$ LS atau 672625.98-696501.86 mT dan 9141393.26-9115793.05 mU. Gambar Peta batas DAS dan Administrasi DAS Bango ditampilkan pada lampiran 1.

DAS Bango bertemu dengan DAS Kali Amprong dan bersatu menuju DAS Kali Brantas. Panjang Kali Bango $\pm 11.780,833$ Km dengan luas DAS ± 216.582 Km². Wilayah DAS Bango terbagi menjadi beberapa sub DAS dengan wilayah administrasi seperti pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Batas Sub Das dan Administrasi DAS Bango

Nama Sub Das	Luas Sub Das (m2)	Prosentase(%)	Kel.
1. Kali Sumberawan	24786320,000	10,618	Kel. Pecalukan Desa Cendono Desa Sumbergondo Desa Toyomarto Desa Randuagung Desa Ardimulyo Kel. Candirenggo Kel. Losari Desa Tamanharjo Kel. Pagentan Desa Watugede
2. Kali Klampok	25258240,000	10,820	Desa Toyomarto Desa Bulukerto Desa Bumiaji Desa Giripurno Desa Tawangargo Desa Donowarih Desa Langlang Desa Klampok Desa Gunungejo Kel. Candirenggo Desa Purwoasri Desa Tamanharjo Kel. Pagentan Desa Watugede Desa Banjararum

Nama Sub Das	Luas Sub Das (m2)	Prosentase(%)	Kel.
3. Kali Jurang Tamu	20412070,000	8,744	Desa Toyomarto Desa Bumiaji Desa Giripurno Desa Tawangargo Desa Donowarih Desa Bocek Desa Giripurno Desa Girimoyo Desa Ngijo
4. Kali Genitring	18742050,000	8,029	Desa Toyomarto Desa Donowarih Desa Langlang Desa Klampok Desa Gunungrejo Desa Bocek Desa Ngenep Desa Tunjungtirto Desa Kepuharjo
5. Kali Bodo	28692280,000	12,292	Desa Langlang Desa Klampok Desa Bocek Desa Ngenep Desa Purwoasri Desa Girimoyo Desa Ngijo Desa Tunjungtirto Desa Kepuharjo Desa Banjararum Desa Tasikmadu Desa Balearjosari Kel. Polowijjen Kel. Arjosari
6. Kali Mewek	11799060,000	5,055	Desa Tawangargo Desa Donowarih Desa Girimoyo Desa Ngijo Desa Pendem Desa Tunjungtirto Desa Ampeldento Desa Kepuharjo Desa Tegalgondo Desa Tasikmadu Desa Balearjosari Desa Tunggulwulung Kel. Tunjungsekar Kel. Polowijjen Kel. Arjosari Kel. Purwodadi Kel. Pandanwangi
7. Kali Mati	52606100,000	22,536	Desa Bedali Desa Sidodadi

Nama Sub Das	Luas Sub Das (m2)	Prosentase(%)	Kel.
			Desa Srigading Desa Ardimulyo Desa Sidoluhur Desa Baturetno Kel. Losari Desa Wonorejo Desa Tamanharjo
8. Kali Mendit	15223580,000	6,522	Desa Dengkol Desa Watugede Desa Banjararum Desa Jabung Desa Gunungjati Desa Saptorenggo Desa Bunut Wetan Desa Tirtomoyo
9. Kali Sari	4564720,000	1,956	Desa Purwoasri Desa Watugede Desa Banjararum Desa Tirtomoyo
10. Kali Sumpil	4518946,000	1,936	Desa Ampeldento Desa Kepuharjo Desa Tegalgondo Desa Tasikmadu Desa Tunggulwulung Kel. Tunjungsekar Kel. Polowijjen Kel. Purwodadi Kel. Pandanwangi
11. Kali Bango	17419508,000	7,462	Desa Banjararum Desa Tegalgondo Desa Balearjosari Desa Tunggulwulung Desa Tirtomoyo Kel. Tunjungsekar Kel. Arjosari Kel. Mojolangu Kel. Purwodadi Kel. Pandanwangi Kel. Blimbing Kel. Purwantoro Desa Mangliawan Kel. Bunulrejo Kel. Sawojajar Kel. Kesatrian Kel. Polehan Kel. Jodipan Kel. Kedungkandang Kel. Kotalama Desa Asrikaton Desa Mangliawan Desa Sekarpuro

Nama Sub Das	Luas Sub Das (m2)	Prosentase(%)	Kel.
			Desa Ampeldendo Kel. Sawojajar Desa Mangliawan Desa Sekarpuro Kel. Sawojajar Kel. Lesanpuro Kel. Ked. Kandang
12.Kali Lahor	9406733,000	4,030	Desa Tunggulwulung Kel. Jatimulyo Kel. Mojolangu Kel. Pandanwangi Kel. Tulusrejo Kel. Purwantoro Kel. Lowokwaru Kel. Bunulrejo Kel. Rampalcelaket Kel. Kesatrian Kel. Klojen Kel. Polehan Kel. Kiduldalem
Jumlah	233429607,000	100,000	

Sumber: Analisa Data

DAS Kali Bango merupakan daerah dengan kondisi geomorfologi yang beragam. Tata guna lahan terbagi menjadi 8 tataguna lahan yaitu seperti yang tercantum pada Tabel 4.2 . Keterangan jenis tanah yang berbeda dan kemiringan lahan disajikan pada Tabel 4.3 dan Tabel 4.4.

Tabel 4.2 Penyebaran Penggunaan Lahan DAS Bango

Jenis Tata Guna Lahan	Jumlah Area	Luas Area (HA)	Luas Area (m2)	Prosentase (%)
Danau	3	0,748	7480	0,003
Hutan	5	425,588	4255880	1,823
Kebun/Perkebunan	114	1989,84	19898400	8,524
Pemukiman	269	4060,026	40600260	17,393
Rumput/Tanah Kosong	73	701,87	7018700	3,007
Sawah Irigasi	51	4659,225	46592250	19,960
Sawah Tadah Hujan	5	104,599	1045990	0,448
Semak/Belukar	94	2076,786	20767860	8,897
Tegalan/Ladang	70	9324,302	93243020	39,945
Jumlah	684	23342,984	233429840	100

Sumber: Analisa Data

Tabel 4.3 Penyebaran Kemiringan Lereng DAS Bango

Kelas Lereng	Jumlah Area	Luas Area (HA)	Luas Area (m ²)	Prosentase (%)
1. 0 - 3 %	471	13267,034	132670340	56,835
2. 3 - 8 %	132	3061,9	30619000	13,117
3. 8 - 15 %	110	2405,022	24050220	10,303
4. 15 - 30 %	74	1214,413	12144130	5,202
5. 30 - 40 %	67	836,408	8364080	3,583
6. > 40 %	62	2558,36	25583600	10,960
Jumlah	916	23343,137	233431370	100

Sumber: Analisa Data

Tabel 4.4 Penyebaran Jenis Tanah DAS Bango

Jenis Tanah	Jumlah Area	Luas Area (HA)	Luas Area (m ²)	Prosentase (%)
1. Aluvial Kelabu Tua	284	6631,481	66314810	28,40869309
2. Ass. Andosol Coklat & Glei Humus	86	1736,657	17366570	7,439688919
3. Ass. Andosol Coklat & Regosol Coklat kekuningan	60	2282,068	22820680	9,776182639
4. Ass. Latosol Coklat & Regosol Kelabu	316	6229,559	62295590	26,68689388
5. Ass. Latosol Coklat Kemerahan & Latosol Coklat	10	50,696	506960	0,217177295
6. Brown Forest Soil	157	5227,677	52276770	22,39491774
7. Latosol Coklat Kemerahan	102	938,517	9385170	4,020525945
8. Mediteran Coklat Kemerahan	20	70,956	709560	0,303969389
9. Regosol Kelabu	8	175,529	1755290	0,751951109
Jumlah	1043	23343,14	233431400	100

Sumber: Analisa Data

4.1.1 Kondisi Hidrologi

DAS Bango merupakan daerah dengan curah hujan yang cukup tinggi. Data curah hujan diambil pada lima stasiun hujan yang mewakili, yaitu stasiun hujan Lowokwaru, Singosari, Jabung, Kedung Kandang dan Karang Ploso. Daerah curah hujan dan letak stasiun ditampilkan pada Tabel 4.5 dan secara spasial ditampilkan pada lampiran 1.

Tabel. 4.5 Stasiun Curah Hujan dan Luas Daerah Pengaruh pada DAS Bango

Kode Stasiun	Nama Stasiun	Luas (m ²)	Luas (Ha)	Koord. Lintang Selatan	Koord. Bujur Timur
30	Karang Ploso	82983417,878	8298,342	07 57' 58"	112 36' 02"
51	Singosari	90394390,701	9039,439	07 53' 39"	112 39' 40"
83	Jabung	27694943,010	2769,494	07 57' 16"	112 45' 09"
54	Lowokwaru	25017578,816	2501,758	07 58 10"	112 38' 09"
0	Kedung Kandang	7339221,158	733,922	07 59' 34"	112 39' 19"

Sumber: BPSAW Bango Gedangan

Data yang digunakan didalam menganalisis hidrologi adalah data curah hujan selama 10 tahun yaitu mulai dari tahun 1994 sampai tahun 2003. Hasil analisis digunakan untuk mencari besarnya faktor erosifitas yang terjadi didaerah kajian yang diambil.

4.1.2 Uji konsistensi data

Data curah hujan yang diambil dari berbagai stasiun penakar hujan diuji konsistensinya atau tidak. Uji konsistensi ini merupakan suatu cara untuk menguji kebenaran data dilapangan yang dapat menggambarkan keadaan sebenarnya. Data hujan yang digunakan berasal dari data hujan sederhana atau manual yang berasal dari 5 (lima) stasiun penakar hujan. Stasiun tersebut antara lain: stasiun penakar hujan Jabung, stasiun penakar hujan Karang Ploso, stasiun penakar hujan Singosari, stasiun penakar hujan Gedung Kandang, stasiun penakar hujan Lowokwaru.

Untuk melakukan uji konsistensi diperlukan langkah-langkah sebagai berikut:

1. Menghitung curah hujan tahunan stasiun penakar hujan yang diuji.
2. Menghitung komulatif curah hujan tahunan stasiun pengamat hujan yang diuji.
3. Menghitung curah hujan rerata dari suatu stasiun pembanding yang berkesesuaian atau berdekatan dengan stasiun penakar hujan yang ditinjau.

4. Menghitung komulatif curah hujan tahunan rerata dari stasiun pembanding.
5. Komulatif data curah hujan tahunan stasiun penakar yang diuji dan komulatif curah hujan rerata stasiun pembanding yang diplotkan dalam grafik.
6. Apabila terjadi perubahan trend yang diindikasikan dengan perubahan kemiringan garis maka dilakukan koreksi terhadap data hujan yang menyimpang tersebut.
7. Perhitungan uji konsistensi dapat dilihat pada tabel 4.11 sampai tabel 4.15 dan lengkung masa ganda untuk setiap stasiun disajikan pada gambar 4.1 sampai 4.5.

Apabila dari uji konsistensi yang dilakukan tidak ada perubahan trend yang besar antara data komulatif hujan daerah yang ditinjau dengan data komulatif hujan stasiun pembanding, maka data bisa digunakan untuk keperluan analisis berikutnya tanpa perlu dilakukan perbaikan pada data curah hujan pada stasiun yang ditinjau. Trend yang dimaksud adalah garis linier yang didapat dari hasil hubungan antara komulatif curah hujan stasiun yang diuji dengan stasiun pembanding.

Tabel 4.6 Data Curah Hujan (CH) Bulanan Periode 1994-2003 SPH Lowokwaru

TAHUN	CURAH HUJAN BULAN (mm)											
	JAN	FEB	MAR	APR	MEI	JUN	JUL	AGS	SEPT	OKT	NOP	DES
1994	629	179	565	171	7	0	0	0	0	0	133	237
1995	365	312	410	383	97	119	16	0	0	121	374	114
1996	320	209	184	41	6	89	25	28	24	304	205	304
1997	298	414	101	179	3	0	0	0	0	0	194	189
1998	229	339	348	0	132	0	0	114	56	79	341	536
1999	481	170	307	175	38	46	53	25	0	192	341	399
2000	213	292	187	300	114	33	0	45	57	259	346	68
2001	511	196	353	116	113	161	44	0	47	344	117	212
2002	444	325	406	234	117	9	0	0	0	0	301	554
2003	387	289	458	69	77	37	0	0	41	21	334	461

Sumber: BPSAWS Bango Gedangan Malang dan Pengolahan Data

Tabel 4.7 Data Curah Hujan (CH) Bulanan Periode 1994-2003 SPH Singosari

TAHUN	BULAN											
	JAN	FEB	MAR	APR	MEI	JUN	JUL	AGS	SEPT	OKT	NOP	DES
1994	269	208	274	177	0	0	0	0	0	0	214	135
1995	491	392	279	297	93	135	0	0	23	140	738	225
1996	619	375	181	85	0	9	0	93	0	245	459	245
1997	342	493	108	265	73	0	0	0	0	0	112	200
1998	745	189	84	100	97	15	0	8	10	129	147	175
1999	991	582	825	933	96	0	0	0	0	323	305	241
2000	255	111	203	63	18	0	20	5	7	91	96	179
2001	189	133	98	81	145	166	0	0	0	161	107	32
2002	425	304	172	184	13	0	0	0	0	25	154	366
2003	306	346	283	40	32	25	0	0	0	2	249	163

Sumber: BPSAWS Bango Gedangan Malang dan Pengolahan Data

Tabel 4.8 Data Curah Hujan (CH) Bulanan Periode 1994-2003 SPH Karang Ploso

TAHUN	BULAN											
	JAN	FEB	MAR	APR	MEI	JUN	JUL	AGS	SEPT	OKT	NOP	DES
1994	501	334	325	222	0	0	0	0	0	0	128	132
1995	404	422	151	192	3	149	2	0	0	128	288	88
1996	306	291	130	206	13	14	4	51	0	222	367	211
1997	246	387	44	166	0	0	0	0	0	9	135	127
1998	141	440	227	80	86	80	135	0	69	98	156	335
1999	225	246	343	241	8	0	0	0	0	152	86	311
2000	221	217	297	115	20	0	26	0	114	245	356	104
2001	270	268	358	36	143	155	0	0	0	232	216	209
2002	456	288	110	139	16	0	0	0	0	9	177	442
2003	180	362	229	63	99	0	0	0	0	12	234	259

Sumber: BPSAWS Bango Gedangan Malang dan Pengolahan Data

Tabel 4.9 Data Curah Hujan (CH) Bulanan Periode 1994-2003 SPH Kedung Kandang

TAHUN	BULAN											
	JAN	FEB	MAR	APR	MEI	JUN	JUL	AGS	SEPT	OKT	NOP	DES
1994	545	506	493	106	32	0	0	0	0	10	106	237
1995	456	425	362	239	64	138	22	0	0	75	378	188
1996	294	227	215	270	0	3	47	93	8	152	160	326
1997	222	498	32	157	7	0	0	0	0	23	114	74
1998	204	367	280	175	66	139	108	30	55	117	101	418
1999	475	253	232	355	14	0	18	37	52	139	317	242
2000	260	310	258	316	61	46	0	11	47	246	419	113
2001	389	191	246	112	64	153	40	0	3	504	250	285
2002	408	366	415	145	83	0	0	0	0	0	195	449
2003	267	223	249	91	49	9	0	9	25	24	259	617

Sumber: Balai PSAWS Bango Gedangan Malang

Tabel 4.10 Data Curah Hujan (CH) Bulanan Periode 1994-2003 SPH Jabung

TAHUN	BULAN											
	JAN	FEB	MAR	APR	MEI	JUN	JUL	AGS	SEPT	OKT	NOP	DES
1994	461	456	429	264	38	0	0	0	0	0	259	190
1995	307	339	415	229	23	136	0	0	0	7	518	306
1996	395	332	191	5	19	0	0	111	0	407	258	407
1997	268	483	70	193	20	0	0	0	0	0	135	257
1998	260	396	272	418	122	131	224	55	0	96	241	355
1999	331	253	162	368	12	0	0	0	0	213	446	336
2000	347	504	335	372	156	39	0	33	0	227	514	170
2001	274	396	336	252	94	131	6	0	35	230	163	307
2002	296	389	268	182	146	0	0	0	0	0	351	557
2003	397	242	0	46	0	0	0	0	10	81	468	237

Sumber: BPSAWS Bango Gedangan Malang dan Pengolahan Data

Tabel 4.11 Perhitungan Uji Konsistensi SPH Lowokwaru

Tahun	Curah Hujan Tahunan (mm)					Rata2 Sta Pemb. (mm)	Kom. Lowok. (mm)	Kom. Pemb. (mm)
	Sta Lowok.	Sta Kd. Kand.	Sta. Kr. Ploso	Sta. Singo.	Sta. Jab.			
1994	1910	2029	1641	1277	2061	1752	1910	1752
1995	2302	2455	1825	2813	2206	2324.75	4212	4076.75
1996	1734	1743	1785	2311	2121	1990	5946	6066.75
1997	1378	1102	1114	1593	1426	1308.75	7324	7375.5
1998	2165	2060	1845	1699	2641	2061.25	9489	9436.75
1999	2220	2134	1601	4296	2121	2538	11709	11974.75
2000	1914	2087	1715	1048	2697	1886.75	13623	13861.5
2001	2214	2217	1887	1112	2216	1858	15837	15719.5
2002	2390	2061	1637	1643	2186	1881.75	18227	17601.25
2003	2174	1856	1438	1446	1872	1653	20401	19254.25

Sumber: Hasil perhitungan

Tabel 4.12 Perhitungan Uji Konsistensi SPH Singosari

Tahun	Curah Hujan Tahunan (mm)					Rata2 Sta Pemb. (mm)	Kom. Singo. (mm)	Kom. Pemb. (mm)
	Sta Lowok.	Sta Kd. Kand.	Sta. Kr. Ploso	Sta. Singo.	Sta. Jab.			
1994	1910	2029	1641	1277	2061	1910.25	1277	1910.25
1995	2302	2455	1825	2813	2206	2197	4090	4107.25
1996	1734	1743	1785	2311	2121	1845.75	6401	5953
1997	1378	1102	1114	1593	1426	1255	7994	7208
1998	2165	2060	1845	1699	2641	2177.75	9693	9385.75
1999	2220	2134	1601	4296	2121	2019	13989	11404.75
2000	1914	2087	1715	1048	2697	2103.25	15037	13508
2001	2214	2217	1887	1112	2216	2133.5	16149	15641.5
2002	2390	2061	1637	1643	2186	2068.5	17792	17710
2003	2174	1856	1438	1446	1872	1835	19238	19545

Sumber: Hasil perhitungan

Tabel 4.13 Perhitungan Uji Konsistensi SPH Karang Ploso

Tahun	Curah Hujan Tahunan (mm)					Rata2 Sta Pemb. (mm)	Kom. Kr. Ploso (mm)	Kom. Pemb. (mm)
	Sta Lowok.	Sta Kd. Kand.	Sta. Kr. Ploso	Sta. Singo.	Sta. Jab.			
1994	1910	2029	1641	1277	2061	1819.25	1641	1819.25
1995	2302	2455	1825	2813	2206	2444	3466	4263.25
1996	1734	1743	1785	2311	2121	1977.25	5251	6240.5
1997	1378	1102	1114	1593	1426	1374.75	6365	7615.25
1998	2165	2060	1845	1699	2641	2141.25	8210	9756.5
1999	2220	2134	1601	4296	2121	2692.75	9811	12449.25
2000	1914	2087	1715	1048	2697	1936.5	11526	14385.75
2001	2214	2217	1887	1112	2216	1939.75	13413	16325.5
2002	2390	2061	1637	1643	2186	2070	15050	18395.5
2003	2174	1856	1438	1446	1872	1837	16488	20232.5

Sumber: Hasil perhitungan

Tabel 4.14 Perhitungan Uji Konsistensi SPH Kedung Kandang

Tahun	Curah Hujan Tahunan (mm)					Rata2 Sta Pemb. (mm)	Kom. Kd. Kand. (mm)	Kom. Pemb. (mm)
	Sta Lowok.	Sta Kd. Kand.	Sta. Kr. Ploso	Sta. Singo.	Sta. Jab.			
1994	1910	2029	1641	1277	2061	1722.25	2029	1722.25
1995	2302	2455	1825	2813	2206	2286.5	4484	4008.75
1996	1734	1743	1785	2311	2121	1987.75	6227	5996.5
1997	1378	1102	1114	1593	1426	1377.75	7329	7374.25
1998	2165	2060	1845	1699	2641	2087.5	9389	9461.75
1999	2220	2134	1601	4296	2121	2559.5	11523	12021.25
2000	1914	2087	1715	1048	2697	1843.5	13610	13864.75
2001	2214	2217	1887	1112	2216	1857.25	15827	15722
2002	2390	2061	1637	1643	2186	1964	17888	17686
2003	2174	1856	1438	1446	1872	1732.5	19744	19418.5

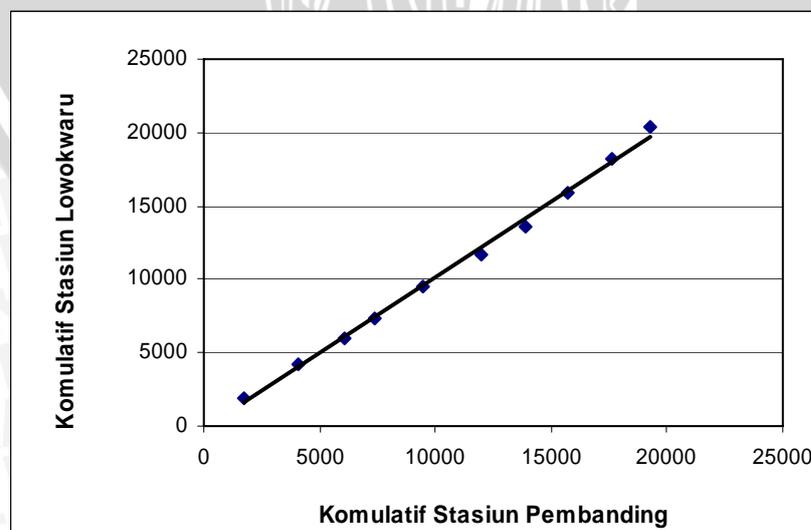
Sumber: Hasil perhitungan

Tabel 4.15 Perhitungan Uji Konsistensi SPH Jabung

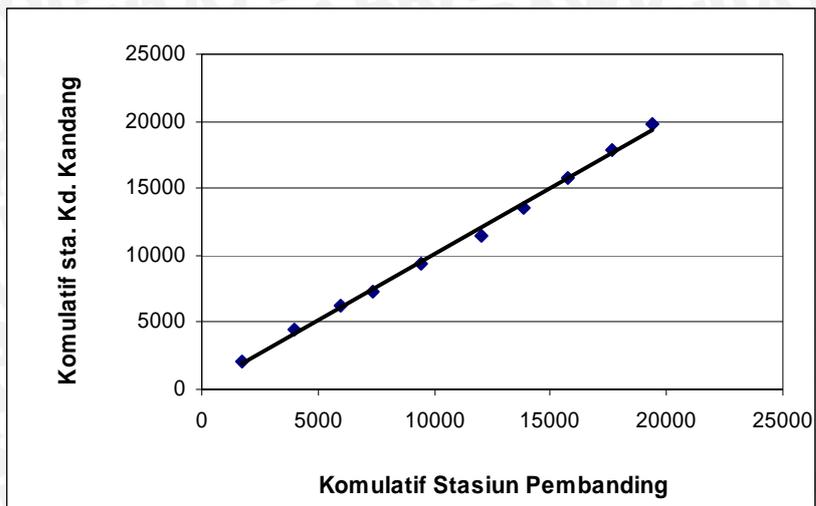
Tahun	Curah Hujan Tahunan (mm)					Rata2 Sta Pemb. (mm)	Kom. Jab. (mm)	Kom. Pemb. (mm)
	Sta Lowok.	Sta Kd. Kand.	Sta. Kr. Ploso	Sta. Singo.	Sta. Jab.			
1994	1910	2029	1641	1277	2061	1714.25	2061	1714.25
1995	2302	2455	1825	2813	2206	2348.75	4267	4063
1996	1734	1743	1785	2311	2121	1893.25	6388	5956.25
1997	1378	1102	1114	1593	1426	1296.75	7814	7253
1998	2165	2060	1845	1699	2641	1942.25	10455	9195.25
1999	2220	2134	1601	4296	2121	2562.75	12576	11758
2000	1914	2087	1715	1048	2697	1691	15273	13449
2001	2214	2217	1887	1112	2216	1857.5	17489	15306.5
2002	2390	2061	1637	1643	2186	1932.75	19675	17239.25
2003	2174	1856	1438	1446	1872	1728.5	21547	18967.75

Sumber: Hasil perhitungan

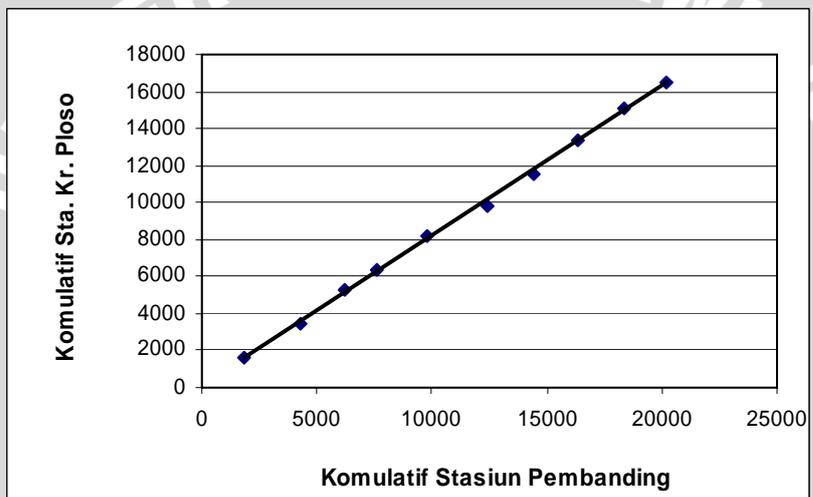
Lengkung masa ganda untuk tiap-tiap stasiun dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



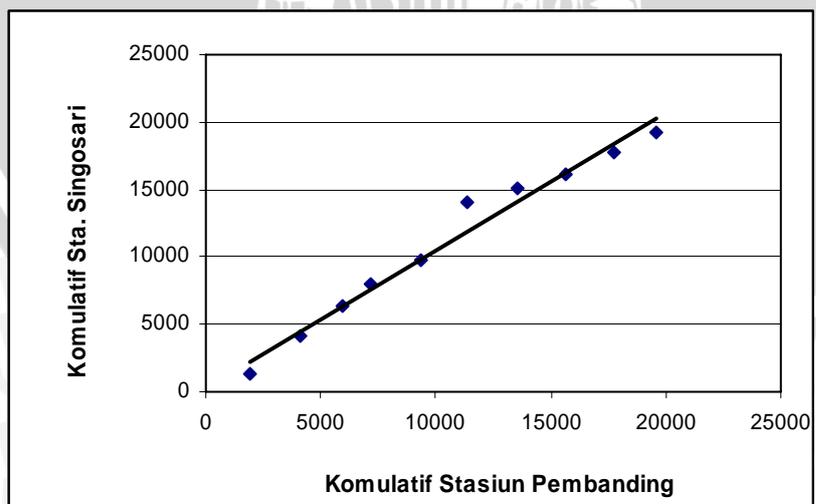
Gambar 4.1 Uji konsistensi data hujan satasiun Lowokwaru



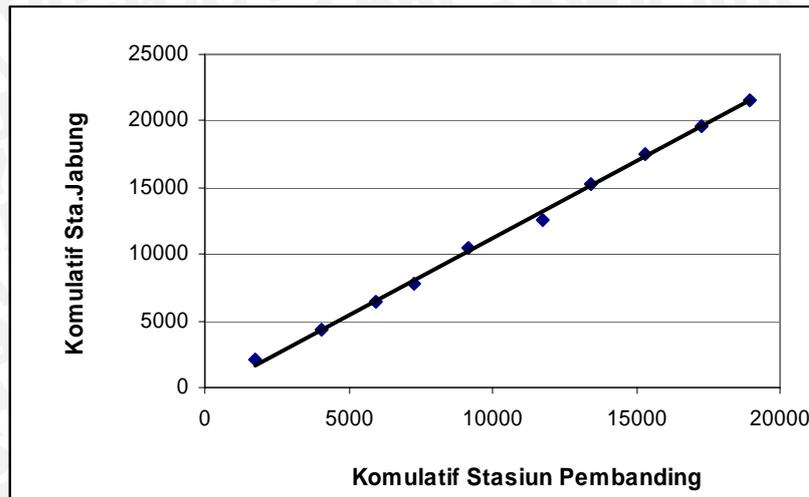
Gambar 4.2 Uji konsistensi data hujan satasiun Kd. Kandang



Gambar 4.3 Uji konsistensi data hujan satasiun Kr. Ploso



Gambar 4.4 Uji konsistensi data hujan satasiun Singosari



Gambar 4.5 Uji konsistensi data hujan satasiun Jabung

Dilihat dari grafik diatas menunjukkan bahwa tidak ada perubahan trend yang besar antara data komulatif hujan daerah yang ditinjau dengan data komulatif hujan stasiun pembanding, maka data bisa digunakan untuk keperluan analisis berikut tanpa perlu dilakukan perbaikan pada data curah hujan daerah yang ditinjau.

Tabel 4.16 Jumlah Hari Hujan (HH) Bulanan Periode 1994-2003 SPH Lowokwaru

Tahun	JUMLAH HARI HUJAN											
	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Ags	Sept	Okt	Nop	Des
1994	20	12	16	8	1	0	0	0	0	0	5	11
1995	17	15	17	10	4	9	1	0	0	8	21	14
1996	14	11	12	3	1	5	2	2	1	12	7	12
1997	15	17	8	10	1	0	0	0	0	0	11	6
1998	11	11	16	0	9	0	0	6	4	7	17	20
1999	16	10	13	7	2	4	3	1	0	8	17	17
2000	10	15	13	11	5	3	0	2	3	11	13	7
2001	20	15	16	13	4	12	7	0	3	18	11	17
2002	16	18	18	12	6	1	0	0	0	0	18	18
2003	18	19	15	7	5	3	0	0	3	4	22	19

Sumber: Hasil perhitungan

Tabel 4.17 Jumlah Hari Hujan (HH) Bulanan Periode 1994-2003 SPH Singosari

Tahun	JUMLAH HARI HUJAN											
	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Ags	Sept	Okt	Nop	Des
1994	12	11	18	8	0	0	0	0	0	2	6	12
1995	18	19	15	11	6	9	0	0	2	6	22	16
1996	19	23	11	3	1	2	1	2	0	9	18	9
1997	14	15	6	19	3	0	0	0	0	0	4	11
1998	22	10	6	6	5	3	0	1	1	7	13	14
1999	26	21	27	23	4	0	0	0	0	10	22	20
2000	19	12	13	8	6	0	1	1	1	8	10	9
2001	10	19	12	10	5	7	0	0	0	9	9	2
2002	25	26	22	18	5	0	0	0	0	1	13	25
2003	18	21	1	6	9	3	0	0	0	1	17	20

Sumber: Hasil perhitungan

Tabel 4.18 Jumlah Hari Hujan (HH) Bulanan Periode 1994-2003 SPH Karang Ploso

Tahun	JUMLAH HARI HUJAN											
	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Ags	Sept	Okt	Nop	Des
1994	24	19	18	8	0	0	0	0	0	0	3	10
1995	23	23	15	10	1	12	1	0	0	6	16	6
1996	17	13	9	9	4	1	1	5	0	10	17	13
1997	17	17	5	11	0	0	0	0	0	2	6	10
1998	10	18	19	7	7	6	10	0	6	8	9	18
1999	16	15	15	10	4	0	0	0	0	10	6	17
2000	17	16	15	12	3	0	1	0	4	12	18	9
2001	12	17	17	6	3	4	0	0	0	10	12	11
2002	19	20	9	8	1	0	0	0	0	1	10	16
2003	18	18	10	3	7	0	0	0	0	2	10	13

Sumber: Hasil perhitungan

Tabel 4.19 Jumlah Hari Hujan (HH) Bulanan Periode 1994-2003 SPH Kd. Kandang

Tahun	JUMLAH HARI HUJAN											
	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Ags	Sept	Okt	Nop	Des
1994	20	18	21	6	3	0	0	0	0	2	9	17
1995	25	21	20	12	5	11	4	0	0	9	20	13
1996	19	15	9	9	0	1	1	5	1	6	8	13
1997	18	17	5	11	1	0	0	0	0	5	13	13
1998	16	20	21	24	12	16	9	6	9	16	18	20
1999	17	16	15	13	4	0	1	1	2	9	19	17
2000	18	13	12	10	6	3	0	1	2	13	21	7
2001	19	12	12	8	2	9	5	0	1	14	9	18
2002	16	20	16	13	6	0	0	0	0	0	16	19
2003	16	12	13	6	4	2	0	1	5	5	18	23

Sumber: Hasil perhitungan

Tabel 4.20 Jumlah Hari Hujan (HH) Bulanan Periode 1994-2003 SPH Jabung

Tahun	JUMLAH HARI HUJAN											
	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Ags	Sept	Okt	Nop	Des
1994	20	19	21	13	2	0	0	0	0	0	13	11
1995	23	23	20	11	2	8	0	0	0	1	24	11
1996	20	17	10	1	2	0	0	4	0	0	16	15
1997	15	18	6	14	3	0	0	0	0	0	10	8
1998	11	18	17	22	7	7	10	3	6	7	14	19
1999	20	18	8	14	1	0	0	0	0	9	18	19
2000	14	16	19	16	8	3	0	1	0	10	20	5
2001	16	11	13	13	5	7	1	0	2	9	6	11
2002	18	16	17	6	3	0	0	0	0	0	16	23
2003	17	13	8	4	4	2	0	0	1	2	18	14

Sumber: Hasil perhitungan

Tabel 4.21 Luas Daerah Pengaruh Poligon Thiessen Tiap Stasiun Penakar Hujan

No	Stasiun Penakar Hujan SPH	Luas		Koef. Thiessen
		m ²	ha	
1	Lowokwaru	25,017,578,816	2,501,758	0.10717401
2	Singosari	90,394,390,701	9,039,439	0.38724485
3	Karang Ploso	82,983,417,878	8,298,342	0.35549664
4	Kedung Kandang	7,339,221,158	733,922	0.03144084
5	Jabung	27,694,943,010	2,769,494	0.11864368

Sumber: Hasil perhitungan

Dari tabel diatas dapat diketahui besarnya koefisien Thiessen sebagai faktor koreksi untuk mendapatkan besarnya curah hujan (CH), curah hujan maksimum (H24), dan jumlah hari hujan (HH) dalam satu bulan. Perhitungan besarnya CH, H24, dan HH dapat dilihat pada lampiran 2. Hasil perhitungan CH, H24, dan HH tercantum pada table berikut:

Tabel 4.22 Curah Hujan Bulanan (CH) dengan Metode Thiessen pada Kali Sumberawan

No	Tahun	CBH mm											
		Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Ags	Sept	Okt	Nop	Des
1	1994	380	267.8	298.4	198.5	0	0	0	0	0	0	172.8	133.6
2	1995	449.4	406.4	217.7	246.7	49.92	141.7	0	0	11.99	134.3	522.6	159.4
3	1996	468.7	334.8	153.7	139.1	6.222	11.3	1.92	72.9	0	234	407.8	228.7
4	1997	296.1	442.3	77.37	217.6	38.06	0	0	0	0	4.308	123	165.1
5	1998	455.9	309.1	152.4	90.43	91.74	46.1	63.7	4.17	38.24	114.2	151.3	251.6
6	1999	621	421.2	594.3	601.8	53.88	0	0	0	0	241.2	200.2	272.6
7	2000	238.7	161.7	248	87.89	18.96	0	22.9	2.607	58.21	164.7	220.4	143.1
8	2001	227.8	197.6	222.4	59.46	144	160.7	0	0	0	195	159.2	116.7
9	2002	439.8	296.3	142.3	162.5	14.44	0	0	0	0	17.34	165	402.4
10	2003	245.7	353.7	257.2	51.01	64.07	13.03	0	0	0	6.786	241.8	208.9

Sumber: Hasil perhitungan

Tabel 4.23 Hujan Maksimum (H24) dengan Metode Thiessen pada Kali Sumberawan

No	Tahun	CBH mm											
		Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Ags	Sept	Okt	Nop	Des
1	1994	54.7	49.2	44.4	48.2	0	0	0	0	0	0	45.6	35.5
2	1995	95.4	84.8	27.6	37	23.5	32.1	0	0	47.9	47.9	53.7	24.3
3	1996	203	50.9	58.2	46	10.4	0	0	34.9	36	36	61.1	55.1
4	1997	25	50	19.8	34.3	28.2	0	0	0	0	0	37.0	22.9
5	1998	86	92.1	11	29.2	46.7	6.8	0	4.2	18.1	18.1	18.6	46.7
6	1999	50.6	51.5	91.3	53.2	21.4	0	0	0	51	51	22.9	28.3
7	2000	23.3	24.8	30.3	9.4	2.6	0	22.9	2.6	17.5	17.5	15.6	89.1
8	2001	37.8	20.3	57.3	10.5	60.2	49.8	0	0	31	31	29.7	26.8
9	2002	89.4	53.5	44.1	19.7	7.7	0	0	0	4.3	4.3	46	37.8
10	2003	28.4	56.1	32.6	19.9	26.3	0	0	0	3.4	3.4	45.5	46.3

Sumber: Hasil perhitungan

Tabel 4.24 Hari Hujan (HH) dengan Metode Thiessen pada Kali Sumberawan

No	Tahun	Jumlah Hari Hujan											
		Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Ags	Sept	Okt	Nop	Des
1	1994	17.7	14.8	18.0	7.5	0	0	0	0	0	0	4.6	11.0
2	1995	20.4	20.9	15.0	10.5	3.6	10.4	0	0	1.0	5.5	19.1	11.2
3	1996	18.0	18.2	9.1	5.4	1.9	1.5	0.5	3.4	0	9.5	17.0	10.9
4	1997	15.4	16.0	5.5	15.2	1.6	0	0	0	0	1.0	5.0	10.5
5	1998	15.7	13.8	12.2	6.5	6.0	3.9	4.3	0.5	3.4	7.5	11.1	15.9
6	1999	20.7	18.1	21.3	16.8	4.0	0	0	0	0	10.0	14.3	18.6
7	2000	18.0	13.9	14.0	9.9	4.6	0	1.0	0.5	2.4	9.9	13.8	9.0
8	2001	11.0	18.0	14.4	8.1	4.0	5.6	0	0	0	9.5	10.4	6.3
9	2002	22.1	23.1	15.3	13.7	3.1	0	0	0	0	1.0	11.6	20.7
10	2003	18.0	19.6	14.7	4.6	8.0	1.6	0	0	0	1.5	13.7	16.7

Sumber: Hasil perhitungan

4.2 Pendugaan Laju Erosi

4.2.1 Perhitungan faktor erosivitas

Faktor erosivitas hujan adalah besarnya kemampuan hujan untuk menyebabkan erosi. Perhitungan faktor erosivitas hujan yang tepat akan menghasilkan laju erosi yang mendekati kondisi lapangan, perhitungannya dapat menggunakan persamaan (2.3).

Faktor erosivitas hujan metode Bols (1978):

$$EI = 6.119 P_b^{1.211} \cdot N^{-0.474} \cdot P_{Max}^{0.526}$$

Contoh perhitungan untuk menghitung faktor erosivitas hujan menurut metode Bols untuk bulan Januari tahun 1994:

1. Menghitung jumlah rerata curah hujan bulanan (CH)
 $CH = 380 \text{ mm}$ (Tabel 4.22 Curah hujan bulana (CH))
 $= 38.04 \text{ cm}$
2. Menghitung jumlah rerata hari hujan bukaan (HH)
 $HH = 17.7 \text{ hari}$ (tabel 4.24 Jumlah hari hujan (HH))
3. Menghitung jumlah rerata curah hujan maksimum (H₂₄)
 $H_{24} = 54.27 \text{ mm}$ (Tabel 4.23 Hujan maksimum (H₂₄))
 $= 5.427 \text{ cm}$
4. Menghitung indeks erosivitas hujan metode Bols

$$EI_{30} = 6.119 * 42.1^{1.211} * 18.4^{-0.474} * 4.623^{0.526}$$

$$= 312.7 \text{ KJ/ha}$$

Jadi erosivitas hujan dalam setahun (R) = 1226.879 KJ/ha/th.

Perhitungan faktor erosivitas pada bulan-bulan berikutnya disajikan pada lampiran 3.

4.2.2 Perhitungan Faktor Erodibilitas Tanah

Faktor erodibilitas tanah dalam menentukan besarnya laju erosi metode PUKT (Persamaan Umum Kehilangan Tanah) ditentukan dengan menggunakan nilai K yang tercantum pada tabel 2.5. Besarnya nilai K didasarkan atas data jenis tanah yang terdapat pada daerah yang ditinjau. Data berasal dari peta jenis tanah di DAS Bango.

Tanah yang ada di daerah DAS termasuk tanah berjenis regrosol kelabu, ass andosol coklat, aluvial kelabu tua, mediteran coklat kemerahan dan brown forest soil. Kelima jenis tanah ini memiliki faktor erodibilitas tanah yang berbeda, masing-masing memiliki faktor sebesar 0.27, 0.2, 0.05, 0.22 dan 0.15. Nilai ini didapat dari rata-rata nilai faktor K tiap masing-masing jenis tanah yang ada di DAS Bango.

Contoh perhitungan faktor K:

Sub Das : Kali Sumber Awan
 Jenis Tanah : $0.27 + 0.2 + 0.05 + 0.22 + 0.15$
 Nilai : 0.178 ton/KJ

Perhitungan faktor erodibilitas untuk sub DAS yang lain selengkapnya disajikan pada lampiran 4, sedangkan hasil perhitungan faktor erodibilitas ditunjukkan pada tabel 2.25.

Tabel 2.25 Faktor Erodibilitas Tanah

No	Sub. DAS	Luas (ha)	Nilai K
1	Kali Sumber Awan	2478.632	0.178
2	Kali Klampok	2525.824	0.163
3	Kali Bodo	2869.228	0.173
4	Kali Genitring	1874.205	0.173
5	Kali Jurang Tamu	2041.201	0.213
6	Kali Mewek	1179.906	0.173
7	Kali Sumpil	451.895	0.187
8	Kali Bango	1741.951	0.188
9	Kali Lohor	940.673	0.187
10	Kali Wendit	1522.358	0.100
11	Kali Sari	456.472	0.100
12	Kali Mati	5260.610	0.115

Sumber: Hasil perhitungan

4.2.3 Perhitungan Faktor Panjang dan Kemiringan Lereng

Metode PUKT menyajikan nilai S untuk masing-masing kemiringan lereng yang ada di DAS Bango. Besarnya kemiringan lereng di kawasan DAS Bango ditentukan berdasarkan kondisi lahan tersebut.

Contoh perhitungannya adalah:

Sub Das : Kali Sumber Awan

- Kemiringan rata-rata : 17.6 % > 5 % dengan $z = 0.5$
 (nilai z terhadap besarnya kemiringan lereng (s))
- Panjang slope rata-rata : 17.4 km
- Nilai LS : 2.57

Untuk menghitung nilai panjang dan kemiringan lereng dapat digunakan persamaan (2.5).

$$LS = \left(\frac{L}{22} \right)^{0.5} (0.006541 * 17.6^2 + 0.0456 * 17.6 + 0.065)$$

$$= 2.57$$

Perhitungan faktor panjang dan kemiringan lereng untuk sub DAS yang lain selengkapnya disajikan pada lampiran 4, sedangkan hasil perhitungan faktor panjang dan kemiringan lereng ditunjukkan pada table 2.26.

Tabel 2.26 Faktor Panjang dan Kemiringan Lereng

No	Sub. DAS	Luas (ha)	Nilai LS
1	Kali Sumber Awan	2478.632	2.569830284
2	Kali Klampok	2525.824	3.376155471
3	Kali Bodo	2869.228	4.337918737
4	Kali Genitring	1874.205	2.970188757
5	Kali Jurang Tamu	2041.201	2.673596578
6	Kali Mewek	1179.906	0.28949926
7	Kali Sumpil	451.895	0.173356083
8	Kali Bango	1741.951	0.226946846
9	Kali Lohor	940.673	0.153843066
10	Kali Wendit	1522.358	0.142814661
11	Kali Sari	456.472	0.083873607
12	Kali Mati	5260.610	2.317918966

Sumber: Hasil perhitungan

4.2.4 Faktor Tata Guna Lahan

Faktor tanaman dalam perhitungan laju erosi dengan metode PUKT tergantung juga jenis tanaman yang ditanam maupun tata guna lahan pada daerah tersebut. Untuk menentukan besarnya faktor tata guna lahan (faktor C) maka digunakan data tata guna lahan yang ada di daerah studi. Tata guna lahan memberikan pengaruh yang signifikan terhadap bahaya erosi, sedimentasi dan limpasan permukaan yang terjadi. Rata-rata pemanfaatan lahan di kawasan DAS Bango digunakan sebagai lahan persawahan, hutan, kebun, tegalan, tanah terbuka dan semak belukar.

Setelah diketahui pemanfaatan tata guna lahan maka data-data tersebut dikonversikan kedalam suatu nilai pengaruh sebagai faktor C.

Contoh perhitungan faktor tata guna lahan (faktor C) adalah sebagai berikut:

Sub Das : Kali Sumber Awan

Penggunaan lahan : Sawah, tegalan, perkebunan, hutan, semak belukar dan tanah terbuka

Faktor C : 0.01, 0.4, 0.5, 0.001, 0.001 dan 1

Nilai C : $0.01 + 0.4 + 0.5 + 0.001 + 0.001 + 1 = 0.3187$

Perhitungan faktor penggunaan lahan untuk sub DAS yang lain selengkapnya disajikan pada lampiran 4, sedangkan hasil perhitungannya ditunjukkan pada tabel 2.27.

Tabel 2.27 Faktor Pengelolaan Tanaman

No	Sub. DAS	Luas (ha)	Nilai C
1	Kali Sumber Awan	2478.632	0.3187
2	Kali Klampok	2525.824	0.3822
3	Kali Bodo	2869.228	0.3822
4	Kali Genitring	1874.205	0.3822
5	Kali Jurang Tamu	2041.201	0.3187
6	Kali Mewek	1179.906	0.3822
7	Kali Sumpil	451.895	0.0055
8	Kali Bango	1741.951	0.3822
9	Kali Lohor	940.673	0.3778
10	Kali Wendit	1522.358	0.3822
11	Kali Sari	456.472	0.3033
12	Kali Mati	5260.610	0.3822

Sumber: Hasil perhitungan

4.2.5 Faktor Pengelolaan Tanah Praktis (P)

Penduduk dikawasan DAS Bango didalam melakukan pengelolaan tanah garapan terkadang tidak menginginkan bentuk kontur tanah tersebut. Kondisi semacam ini sangat berpengaruh terhadap tanah yang ada dilahan tersebut. Menurut data yang diperoleh dari Dinas Pertanian Kabupaten Malang, pengelolaan tanah yang dilakukan oleh penggarap ada 3 macam cara yaitu dengan teras bangku tradisional, teras bangku baik dan tanpa penerapan sistem teras bangku atau sistem yang lain. Faktor pengelolaan tanah diperoleh dari jenis upaya konservasi tanah yang telah dilaksanakan dilahan tersebut.

Contoh perhitungannya adalah:

Sub Das : Kali Sumber Awan

Pengelolaan lahan : Tradisional (0.4) + Teras bangku baik (0.04)+
Tanah gundul (1)

Nilai rata-rata : 0.48

Perhitungan faktor pengelolaan tanah untuk sub DAS yang lain dapat dilihat pada lampiran 4.

4.2.6 Perhitungan Besarnya Erosi pada Daerah Studi

Setelah faktor erosivitas, faktor erodibilitas tanah, faktor panjang dan kemiringan lereng, faktor tata guna lahan, dan faktor pengelolaan tanah didapatkan, maka erosi tanah pada daerah yang ditinjau dapat dihitung. Hasil perhitungan dapat dilihat pada tabel 4.28.

Contoh perhitungan laju erosi adalah sebagai berikut :

Faktor erosivitas hujan	= 1226.879 KJ/ha
Faktor erodibilitas tanah	= 0.178 ton/KJ
Faktor panjang dan kemiringan lereng	= 2.57
Faktor tata guna lahan	= 0.319
Faktor pengelolaan tanah	= 0.48

Sehingga besarnya erosi yang terdapat di DAS Bango berdasarkan persamaan (2.1) adalah:

$$E_A = R \times K \times LS \times P \times C$$

$$E_a = 1226.879 \times 0.178 \times 2.57 \times 0.319 \times 0.48$$

$$= 85.843 \text{ ton/ha/tahun}$$

Tabel 4.28 Perhitungan Erosi tiap-tiap Sub DAS pada Tahun 1994

No	Sub DAS	Luas	K	C	P	LS	R _{Bols}	E _a (ton/ha/t)
1	Kali Sumber Awan	2478.632	0.178	0.3187	0.48	2.570	1226.879	85.843 102.260
2	Kali Klampok	2525.824	0.163	0.3822	0.398	3.376	1226.879	
3	Kali Bodo	2869.228	0.173	0.3822	0.46	4.338	1226.879	161.406
4	Kali Genitring	1874.205	0.173	0.3822	0.448	2.970	1226.879	107.512
5	Kali Jurang Tamu	2041.201	0.213	0.3187	0.448	2.674	1452.748	118.161
6	Kali Mewek	1179.906	0.173	0.3822	0.398	0.289	1217.539	9.237
7	Kali Sumpil	451.895	0.187	0.0055	0.04	0.173	1217.539	0.009
8	Kali Bango	1741.951	0.188	0.3822	0.398	0.227	1202.394	7.794
9	Kali Lohor	940.673	0.187	0.3778	0.48	0.154	1407.496	7.329
10	Kali Wendit	1522.358	0.100	0.3822	0.398	0.143	1311.495	2.846
11	Kali Sari	456.472	0.100	0.3033	0.197	0.084	1349.302	0.676
12	Kali Mati	5260.61	0.115	0.3822	0.448	2.318	1347.11	61.416

Sumber: Hasil Perhitungan

Untuk perhitungan erosi pada tahun-tahun berikutnya dapat dilihat pada lampiran 5.

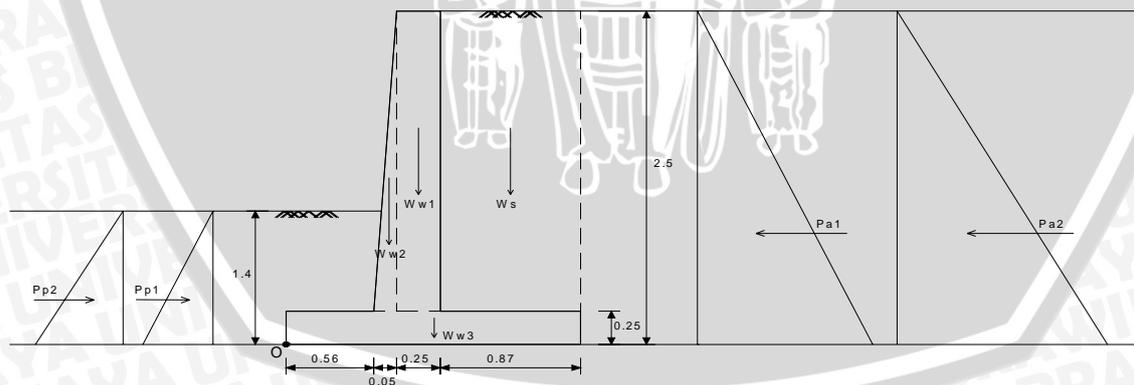
4.3 Penanggulangan Erosi

Erosi yang terjadi rata-rata lebih besar dari pada erosi yang diijinkan, erosi yang diijinkan antara 2.5 – 12.5 ton/ha/th (Suripin, 2001 : 61). Hal ini disebabkan oleh banyaknya faktor yang telah disebutkan sebelumnya, untuk itu diperlukan suatu usaha penanggulangan erosi, dikarenakan erosi dapat menimbulkan permasalahan yang cukup besar terhadap suatu area DAS.

Usaha penanggulangan erosi salah satunya dapat dilakukan dengan cara struktural Selanjutnya dalam studi ini untuk analisa dengan cara struktural digunakan beberapa batasan:

- ❖ Data-data karakteristik tanah dan dinding penahan tanah yang diperlukan dalam perhitungan ini diperoleh dari asumsi dan berlaku bagi semua bentuk dinding yang akan dianalisis.
- ❖ Sudut geser dalam tanah (ϕ) yang akan dianalisis mulai dari $\phi = 34^\circ$ (Joseph E. Bowles, 1993: 82)
- ❖ Kedalaman dinding antara 1-1.5 m (Joseph E. Bowles, 1993: 71)
- ❖ Lebar alas berkisar 0.5H (Joseph E. Bowles, 1993: 73)
- ❖ Tebal dinding antara 2.5-30 cm (Joseph E. Bowles, 1993: 72)

Sehingga sebagai analisis digunakan Dinding Penahan Tanah semi grafitasi yang ditunjukkan pada gambar 4.6.



Gambar 4.6 Gaya-Gaya Yang Terjadi Pada Dinding Penahan

Perhitungan nilai koefisien K_a dan K_p menggunakan persamaan 2.8 dan 2.9.

$$K_a = \tan^2 \left(45 - \frac{34}{2} \right) = 0.283$$

$$Kp = \tan^2\left(45 + \frac{34}{2}\right) = 3.537$$

Perhitungan tekanan tanah dan dan berat struktur dapat dilihat pada tabel 4.29 :

Tabel 4.29 Analisis Gaya dan Momen

No	Gaya	Berat (KN/m)	Lengan momen (m)	Momen Mo	Momen Mr
1	Pa1	$1/2*18*0.283*2.5^2 = 15.918$	0.833	13.259	
2	Pa2	$1/2*1*2.5^2 = 1.25$	0.833	1.041	
1	Ws	$18*(0.87*2.25) = 35.235$	1.245		43.868
2	Ww1	$24*(0.2*2.25) = 10.8$	0.71		7.668
3	Ww2	$24*(1/2*0.05*2.25) = 1.35$	0.593		0.806
4	Ww3	$24*(1.68*0.25) = 10.08$	0.84		8.467
Jumlah				14.249	60.80926

Sumber: Hasil perhitungan

Jadi, tekanan total yang terjadi pada dinding penahan adalah sebesar:

$$Pa = Pa1 + Pa2 = 17.168 \text{ KN/m}$$

Dan berat total dinding penahan

$$Wt = Ws + Ww1 + Ww2 + Ww3 = 57.465 \text{ KN/m}$$

Sedangkan faktor keamanan terhadap guling digunakan persamaan 2.15 sebagai berikut:

$$Fk_{guling} = \frac{60.809 \text{ KNm}}{14.249 \text{ KNm}} = 4.267 > 2$$

Dan Faktor keamanan terhadap geser digunakan persamaan 2.14.

$$Fk_{geser} = \frac{57.465 \text{ KN/m}}{17.168 \text{ KN/m}} = 3.347 > 2$$

Letak eksentrisitas (e)

$$x = \frac{60.809 - 14.249}{57.465} = 0.81$$

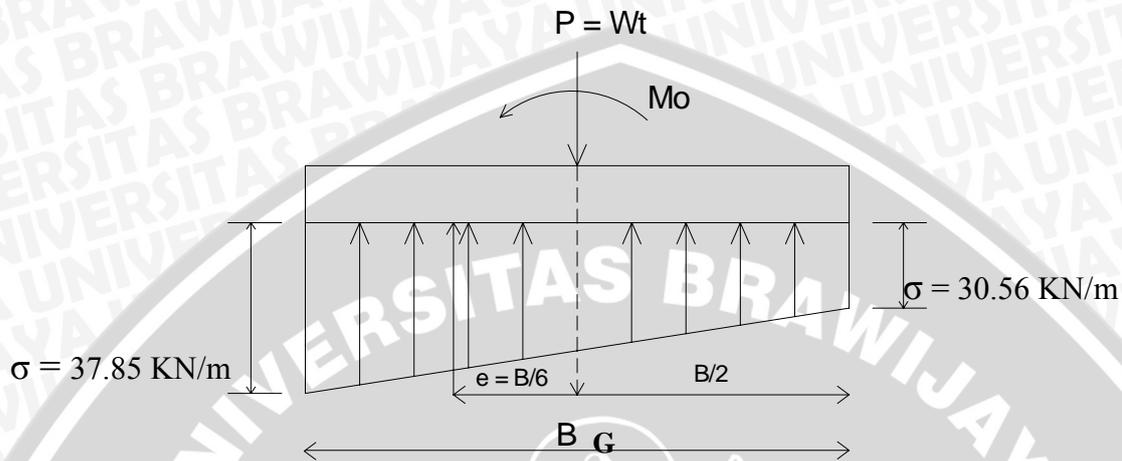
$$e = 1.68/2 - 0.81 < 1/6 * 1.68 = 0.029 < 0.28$$

Jadi tegangan yang terjadi pada dasar dinding sesuai dengan persamaan 2.24 adalah :

$$\sigma = \frac{57.465}{1.68} \left(1 \pm \frac{6 \times 0.029}{1.68} \right)$$

$$\sigma_{Max} = 37.85 \text{ KN/m}^2$$

$$\sigma_{Min} = 30.56 \text{ KN/m}^2$$



Gambar 4.7 Gaya tegangan dalam tanah

Kapasitas daya dukung ultimit netto dapat dihitung dengan persamaan 2.20:

Untuk $\phi = 34$: $N_c = 52.6$; $N_q = 36.5$; $N_\gamma = 35$ (tabel 2.7)

$$\begin{aligned} q_U &= 0.5 \times 52.6 + 1.4 \times 18 \times 36.5 + 0.5 \times 18 \times 1.68 \times 35 \\ &= 1212.5 \text{ KN/m}^2 > \sigma = 30.56 \text{ KN/m}^2 \end{aligned}$$

$$F_K = \frac{q_U}{\sigma_{Max}} = \frac{1212.5}{37.85} = 38.972$$

Dari analisis yang dilakukan, dinding tersebut aman terhadap guling, geser, dan daya dukung tanah. Sehingga dinding penahan dengan dimensi diatas dapat digunakan.

Untuk daerah dengan kemiringan lereng antara 8 % sampai 30 % akan digunakan penanggulangan dalam bentuk struktural. Penanggulangan ini hanya dilakukan pada lahan yang mudah tererosi dan daerah-daerah yang telah mengalami banyak perubahan tata guna lahan. Sedangkan untuk daerah dengan kemiringan lereng yang lebih besar dari 30 % dapat dilakukan penanggulangan dengan melakukan penanaman vegetasi yang cukup besar dan untuk daerah dengan kemiringan lereng yang relatif datar (lebih kecil dari 8%) dapat digunakan vegetasi yang lebih kecil (semak belukar). Selanjutnya penanggulangan erosi berdasarkan kemiringan lahan pada DAS Bango ditunjukkan pada lampiran 1.

BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil perhitungan tentang penanggulangan erosi secara struktural pada DAS Bango, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Dari hasil perhitungan dengan menggunakan metode USLE diperoleh nilai erosi yang berbeda-beda tiap daerah sub DAS antara lain :kali Sumberawan besarnya erosi 85.843 t/ha/th, kali Klampok besarnya erosi 102.260 t/ha/th, kali Bodo besarnya erosi 161.406 t/ha/th, kali Genitring besarnya erosi 107.512 t/ha/th, kali Jurang Tamu besarnya erosi 118.161 t/ha/th, kali Mewek besarnya erosi 9.237 t/ha/th, kali Sumpil besarnya erosi 0.009 t/ha/th, kali Bango besarnya erosi 7.794 t/ha/th, kali Lohor besarnya erosi 7.329 t/ha/th, kali Wendit besarnya erosi 2.846 t/ha/th, kali Sari besarnya erosi 0.676 t/ha/th dan kali mati besarnya erosi 61.416 t/ha/th.

Sedangkan nilai erosi yang diijinkan sebesar 2.5-12.5 t/ha/th (Suripin,2001: 61), pada kali Sumberawan, Kali Klampok, Kali Bodo, Kali Genitring, Kali Jurang Tamu dan Kali Mati tidak memenuhi sehingga diperlukan penanggulangan.

2. Bangunan struktural yang digunakan untuk menanggulangi erosi adalah dinding penahan semi grafitasi karena bangunan tersebut tidak memerlukan dimensi yang besar untuk menahan tanah. Sehingga digunakan dinding penahan dengan dimensi: tinggi = 2.5 m, lebar = 1.68 m, tebal kaki dinding = 0.25 m, dan tebal dinding = 0.25 m.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil analisa yang dilakukan, maka dapat diberikan beberapa saran sebagai berikut :

1. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut dengan melakukan pengukuran langsung dilapangan untuk mengetahui kemiringan, panjang lereng, jenis tanah. Aliran air dan sedimen yang keluar dapat diamati.
2. Perlu diadakan penelitian lebih lanjut untuk mengetahui kondisi tanah agar perencanaan strukturnya lebih ekonomis dengan membandingkan jenis bangunan struktural yang lain.

DAFTAR PUSTAKA

- Asdak, C. (2002). *“Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai”*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- G. Djatmiko Soedarmo & S. J. Edy Purnomo. (1997). *“Mekanika Tanah”*. Kanisius
- Hary Christady Hardiyatmo. (2002). *“Mekanika Tanah II”*. Beta offset.
- Joseph E. Bowles (1993). *“Analisis dan Desain Pondasi”*. Erlangga.
- Karl Terzaghi dan Ralph B.Peck (1987). *“Mekanika Tanah dalam Praktek Rekayasa”*. Erlangga.
- Soemarto, C.D. (1987). *“Hidrologi Teknik”*. Surabaya: Usaha Nasional.
- Soewarno. (1991). *“Pengukuran dan Pengolahan Data Aliran Sungai”*. Nova Bandung
- Supli Effendi Rahim. (2000). *“Pengendalian Erosi Tanah”*. PT. Bumi Aksara.
- Suripin. (2001). *“Pelestarian Sumber Daya Tanah dan Air”*. Andi Yogyakarta.

