

PENANGGULANGAN EROSI SECARA STRUKTURAL PADA DAERAH ALIRAN SUNGAI BANGO

M Ruslin Anwar, Pudyono, dan Sahiruddin M.
Jurusan Sipil Fakultas Teknik Universitas Brawijaya Malang
Jl. Mayjen Haryono 147 Malang

ABSTRAK

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.

Kata kunci : erosi, daerah aliran sungai, dinding penahan tanah

PENDAHULUAN

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.

TINJAUAN PUSTAKA

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 erosititas 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.

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.

Analisis Hidrologi

• 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

• 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.

• 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*).

Pencegahan Erosi

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

• 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 ke bongkahan-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 pematangan 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 di daun 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 gravitasi, 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.

• Cara Struktural 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:

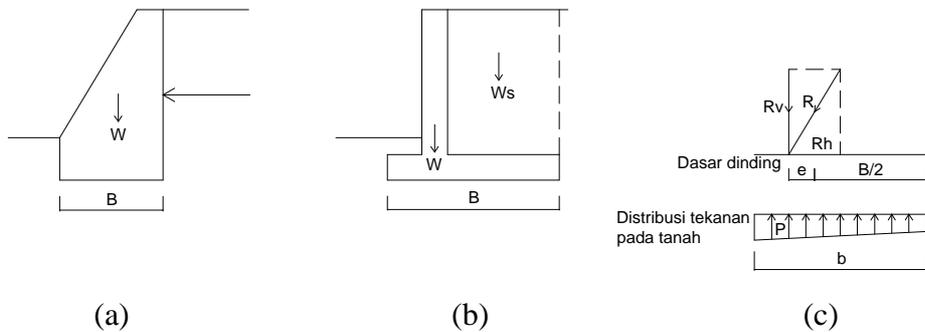
1. Dinding gravitasi dan dinding kantilever

Stabilitas dinding penahan gravitasi (gravity retaining wall, Gambar 1a) diakibatkan oleh berat sendiri dinding dan mungkin dibantu oleh tahanan pasif yang terbentuk di depan dinding tersebut. Dinding jenis ini tidak ekonomis karena bahan dindingnya (pasangan batu atau beton), hanya dimanfaatkan untuk berat matinya. Dinding kantilever (kantilever wall) yang terbuat dari beton bertulang (Gambar 1b) lebih ekonomis karena urugan (backfill) itu sendiri dimanfaatkan untuk menahan berat sendiri yang diperlukan.

Kedua jenis dinding penahan tersebut dapat digunakan untuk menahan gerakan-gerakan rotasi maupun translasi dengan teori "Rankine dan

Coulomb” dalam perhitungan tekanan tanah lateral (Gambar 1c), 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).

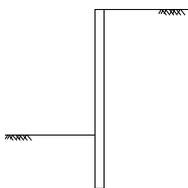


Gambar 1a dan b. Dinding penahan grafitasi dan kantilever c. Komponen-komponen gaya

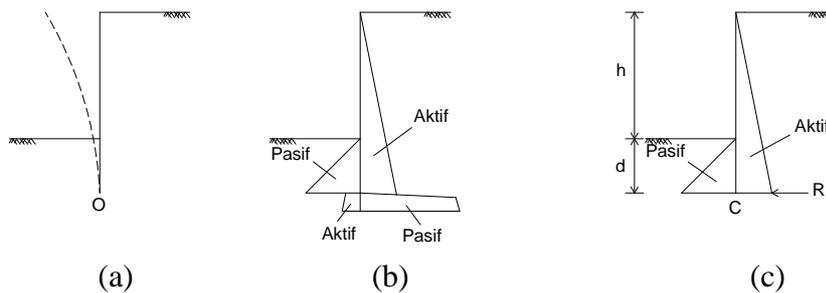
2. Dinding turap kantilever

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. Dinding turap kantilever



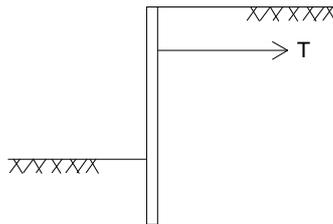
Gambar 3. Distribusi gaya pada dinding turap kantilever

Cara keruntuhannya berupa rotasi terhadap titik O didekat ujung bawah dinding seperti terlihat pada gambar 3a. kosekuensinya tahanan pasif didepan dinding bekerja dititik O dan dibelakang dinding bekerja dibawah

titik O (gambar 3b). 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 3c, dimana diasumsikan bahwa tahanan pasif netto dibawah titik O dinyatakan oleh suatu gaya terpusat (R) pada titik C, sedikit

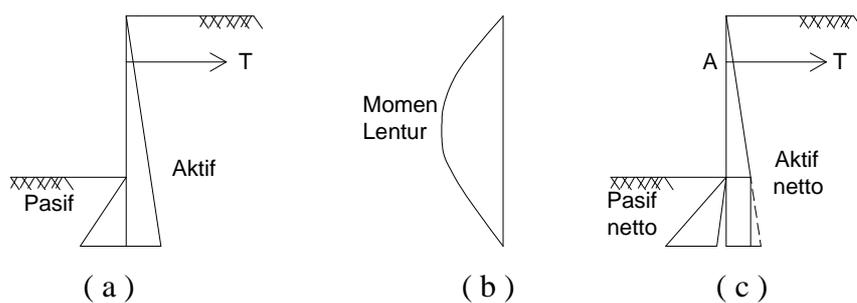
dibawah titik O pada kedalaman dibawah permukaan tanah.
 3. Dinding turap dengan angkur / penyangga
 Dinding turap dapat dilengkapi penyangga tambahan berupa satu baris kabel pengikat (tie-back) atau penyangga (prop) yang diletakkan didekat puncak dinding.



Gambar 4. 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 5a).

Dinding jenis ini dapat berotasi dengan bebas diujung bawahnya, sehingga bentuk diagram momen lenturnya ditunjukkan seperti gambar 5b. 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 5c).



Gambar 5. Distribusi tekanan aktif dan pasif

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 1. 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

METODE PENELITIAN

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

HASIL DAN PEMBAHASAN

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 2.

Tabel 2. 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 erosititas yang terjadi didaerah kajian yang diambil.

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.

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.

Pendugaan Laju Erosi

• Perhitungan faktor erosititas

Faktor erosititas hujan adalah besarnya kemampuan hujan untuk menyebabkan erosi. Perhitungan faktor erosititas hujan yang tepat akan menghasilkan laju erosi yang mendekati kondisi lapangan.

• Perhitungan Faktor Erodibilitas Tanah

Faktor erodibilitas tanah dalam menentukan besarnya laju erosi metode PUKT (Persamaan Umum Kehilangan Tanah) ditentukan dengan menggunakan nilai K. 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 didaerah 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. Hasil perhitungan faktor erodibilitas ditunjukkan pada tabel 3.

Tabel 3. 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

- **Perhitungan Faktor Panjang dan Kemiringan Lereng**

Metode PUKT menyajikan nilai S untuk masing-masing kemiringan lereng yang ada di DAS Bango. Besarnya kemiringan lereng dikawasan DAS

Bango ditentukan berdasarkan kondisi lahan tersebut.

Hasil perhitungan faktor panjang dan kemiringan lereng ditunjukkan pada table 4.

Tabel 4. 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

- **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. Hasil perhitungannya ditunjukkan pada tabel 5.

Tabel 5. 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

- **Faktor Pengelolaan Tanah Praktis (P)**

Penduduk di kawasan DAS Bango didalam melakukan pengelolaan tanah garapan terkadang tidak mengindahkan bentuk kontur tanah tersebut. Kondisi semacam ini sangat berpengaruh terhadap tanah yang ada di lahan 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 di lahan tersebut.

- **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 6.

Tabel 6 Perhitungan Erosi tiap-tiap Sub DAS pada Tahun 1994

No	Sub DAS	Luas	K	C	P	LS	R _{Bols}	Ea (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

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.

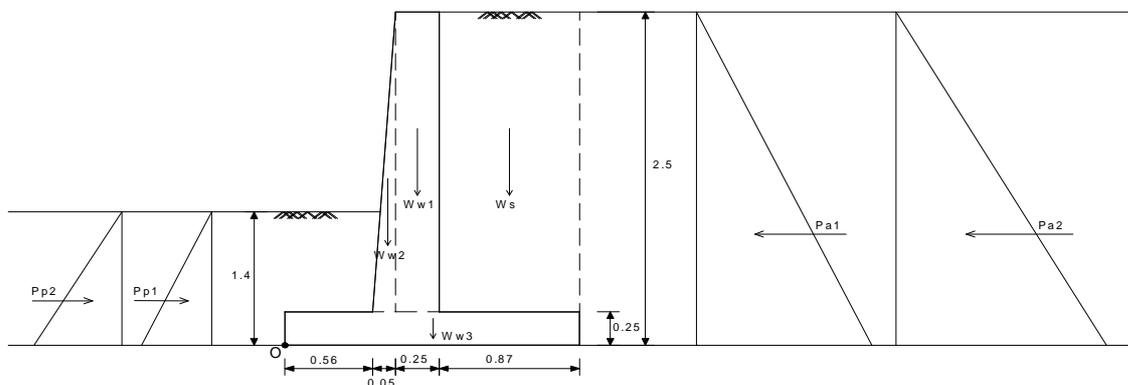
Usaha penanggulangan erosi salah satunya dapat dilakukan dengan cara struktural Selanjutnya dalam studi ini untuk analisa dengan cara struktural digunakan beberapa batasan:

- 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 6.



Gambar 6. Gaya-Gaya Yang Terjadi Pada Dinding Penahan

Perhitungan tekanan tanah dan dan berat struktur dapat dilihat pada tabel 7 :

Tabel 7. 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

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).

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perhitungan tentang penanggulangan erosi secara stuktural 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.

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.