

ANALISIS STABILITAS LERENG DENGAN PENDEKATAN VALUE ENGINEERING

(Studi Kasus Konservasi DAS Gung Kabupaten Tegal)

Ardian Fachrurrozi¹⁾, Abdul Rochim²⁾, Rachmat Mudiyo³⁾

¹⁾ Program Magister Teknik Sipil, Pascasarjana Universitas Islam Sultan Agung Semarang, Jl. Kaligawe Raya Km.4. Semarang. Jawa Tengah. 50112. Email: Fachrurrozi0896@gmail.com.

²⁾ Program Magister Teknik Sipil, Pascasarjana Universitas Islam Sultan Agung Semarang, Jl. Kaligawe Raya Km.4. Semarang. Jawa Tengah. 50112. Email: abdulrochim@unissula.ac.id

³⁾ Program Magister Teknik Sipil, Pascasarjana Universitas Islam Sultan Agung Semarang, Jl. Kaligawe Raya Km.4. Semarang. Jawa Tengah. 50112. Email: rachmat@unissula.ac.id

Abstrak

Penelitian ini dilatar-belakangi oleh adanya potensi longsor yang cukup tinggi di daerah sekitar DAS Gung kabupaten Tegal. Salah satu faktor yang berpengaruh terhadap potensi longsor adalah penggunaan lahan vegetasi penutup di sekitar daerah tersebut. Lahan konservasi yang seharusnya ditanami berbagai tanaman keras diganti dengan tanaman pertanian yang memiliki akar serabut dangkal. Tujuan penelitian ini adalah mendesain beberapa alternatif perbaikan tanah dan mengkaji sejauh mana penerapan analisis *Value Engineering* pada lereng sungai di Desa Guci, Kecamatan Bumijiwa, Kabupaten Tegal. Jenis penelitian ini adalah *explanatory research*, tentang proyek Perencanaan Konservasi DAS Gung. Pemodelan pada Penelitian ini diperlukan untuk menganalisis hasil Total Displacement pada tanah penurunan analisa stabilitas lereng pada pembangunan perencanaan Dinding Penahan Tanah dan hasil Value Engineering. Perencanaan struktur ini menggunakan program Plaxis 8.2, diperoleh 3 alternatif perbaikan lereng yaitu *Retaining Wall*, *Sheetpile Wall* dan *Revetment Wall*. Penerapan Stabilitas Lereng Pada 3 Alternatif perbaikan lereng menggunakan Plaxis 2D menghasilkan keluaran berupa *Safety Factor* dan Penurunan Tanah mencapai angka aman untuk dilakukan pekerjaan konstruksi dikarenakan nilai keamanan melebihi ambang batas yaitu lebih dari 1,5 ($>1,5$). Melalui analisa *value engineering* dapat disimpulkan bahwa setelah dianalisa dengan perbandingan nilai *cost* dan *worth* DPT Alternatif 1 *Sheetpile Wall* menunjukkan nilai penghematan yang paling besar dan dengan analisa metode *paired comparison* didapatkan nilai DPT Alternatif 1 *Sheetpile Wall* dengan biaya Rp. 345.543.185 atau ada penghematan sebesar Rp. 893.037.900 dari DPT Rencana *Retaining Wall* dan ada Penurunan biaya dari DPT Rencana *Retaining Wall* sebesar 57,8%.

Kata kunci: DAS Gung, Stabilitas Lereng, Value Engineering

Abstract

This research was motivated by the presence of a fairly high potential for landslides in the area around the Gung watershed, Tegal district. One of the factors that influence the potential for landslides is the use of land cover vegetation around the area. Conservation land that should be planted with various perennials is replaced with agricultural crops that have shallow fibrous roots. The purpose of this study was to design several alternative soil improvements and to examine the extent to which Value Engineering analysis was applied to river slopes in Guci Village, Bumijiwa District, Tegal Regency. This type of research is explanatory research, about the Gung Watershed Conservation Planning project. The modeling in this study is needed to analyze the results of Total Displacement on soil settlement, analysis of slope stability in the design of retaining walls and the results of Value Engineering. Planning this structure using the Plaxis 8.2 program, obtained 3 alternative slope repairs namely *Retaining Wall*, *Sheetpile Wall* and *Revetment Wall*. Application of Slope Stability in 3 alternative slope improvement using Plaxis 2D produces output in the form of *Safety Factor* and Land Subsidence reaches a safe number for construction work because the safety value exceeds the threshold, which is more than 1.5 (>1.5). Through value engineering analysis, it can be concluded that after being analyzed by comparing the cost and worth of DPT Alternative 1 *Sheetpile Wall* shows the greatest savings value and by using paired comparison method, the value of Alternative DPT 1 *Sheetpile Wall* is obtained at a cost of Rp. 345,543,185 or there is a savings of Rp. 893,037,900 from the DPT *Retaining Wall* Plan and there is a decrease in costs from the DPT *Retaining Wall* Plan by 57.8%.

Keywords: Gung Watershed, Slope Stability, Value Engineering.

1. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Tegal jika ditinjau dari struktur pembentuk tanah merupakan salah satu kota di Jawa Tengah yang memiliki potensi longsor cukup tinggi dibandingkan daerah lainnya. Tegal bagian selatan, tepatnya di sepanjang DAS Gung sering terjadi longsor pada saat terjadi hujan. Lereng di definisikan sebagai per-

mukaan tanah yang tidak horizontal. Pada permukaan lereng komponen gravitasi yang bekerja pada suatu tanah cenderung akan menggerakkan tanah ke bawah. Komponen gravitasi ini disebut sebagai gaya penggerak tanah. Lereng mempunyai kekuatan alami yang berasal dari komponen material tanah itu sendiri, untuk melawan gaya penggerak tanah sehingga gerakan tanah atau kelongsoran tidak terjadi. Kondisi ini disebut sebagai stabilitas lereng (Hardiyatmo, 2010). Sutikno (2014) mengemukakan

salah satu faktor yang berpengaruh terhadap potensi longsor adalah penggunaan lahan vegetasi penutup. Alih fungsi lahan konservasi menjadi lahan pertanian maupun perkebunan sering kali sebagai faktor pemicunya. Lahan konservasi yang seharusnya ditanami berbagai tanaman keras diganti dengan tanaman pertanian yang memiliki akar serabut dangkal.

1.2. Rumusan Masalah

Permasalahan yang dirumuskan dalam penelitian ini adalah :

1. Bagaimana cara mengetahui penerapan perbaikan tanah pada lereng sungai di Desa Guci, Kecamatan Bumijiwa, Kabupaten Tegal?
2. Bagaimana cara menerapkan desain beberapa alternatif perbaikan tanah pada lereng di lokasi Desa Guci, Kecamatan Bumijiwa, Kabupaten Tegal?
3. Sejauh mana analisis Value Engineering dengan beberapa alternatif perbaikan tanah pada lereng sungai di Desa Guci, Kecamatan Bumijiwa Kabupaten Tegal?

1.3. Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian yang dilakukan :

1. Mengetahui kondisi tanah pada lereng sungai di lokasi Desa Guci, Kecamatan Bumijiwa, Kabupaten Tegal.
2. Mendesain beberapa alternatif perbaikan tanah pada lereng sungai di Desa Guci, Kecamatan Bumijiwa, Kabupaten Tegal.
3. Mengkaji sejauh mana penerapan analisis Value Engineering dengan beberapa alternatif perbaikan tanah pada lereng sungai di Desa Guci, Kecamatan Bumijiwa Kabupaten Tegal.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Tinjauan Umum

Kestabilan lereng membutuhkan perhatian besar bagi peneliti karena selalu bersifat klasik dan masalah penting bagi para insinyur di bidang konstruksi Analisis selalu mengakses desain yang aman dalam hal stabilitas sub-grade tanggul. Karenanya studi tentang mekanisme kegagalan memainkan peran penting. Istilah stabilitas Analisis dapat dijelaskan sebagai resistensi permukaan miring terhadap kegagalan dengan menggeser atau runtuh. Dalam beberapa tahun terakhir, analisis elemen hingga telah menjadi salah satu metode numerik terbaik memecahkan masalah stabilitas dan telah diadopsi secara luas sebagai teknik numerik untuk menganalisis model geoteknis berdasarkan komputer (Newmark, 1965). PLAXIS-2D adalah perangkat lunak FEM (*finite element method*) telah banyak digunakan oleh para insinyur geoteknis dalam

masalah analisis stabilitas yang berkaitan dengan batuan dan tanah. Perangkat lunak berbasis FEM Plaxis-2D ini pertama kali dikembangkan oleh The Technical University dari Delft pada tahun 1987 untuk menganalisis tanah lunak di dataran rendah Belanda (Brinkgreve & Vermeer, 2001).

Dalam Manajemen Konstruksi, salah satu disiplin ilmu yang digunakan untuk efisiensi biaya adalah *Value Engineering* / rekayasa nilai. Dimana *Value Engineering* dilakukan setelah desain awal selesai, maka ditinjau kembali hasil desain awal tersebut dengan metoda *Value Engineering*. *Value Engineering* dilakukan untuk mengurangi, menekan biaya dan menghilangkan biaya-biaya yang tidak perlu dalam sebuah proyek, namun tetap dapat memenuhi kebutuhan atau fungsi yang disyaratkan dalam desain awal atau perencanaan yang telah dibuat,

2.2. Klasifikasi Tanah

Klasifikasi tanah merupakan suatu pengelompokan jenis tanah yang bermacam-macam tetapi mempunyai sifat yang sama dalam kelompok yang berdasarkan pemakaian, dengan tujuan memberikan informasi tentang karakteristik dan sifat fisik tanah serta mengelompokkannya sesuai perilaku umum tanah tersebut. Klasifikasi tanah juga berguna untuk studi yang lebih terperinci mengenai keadaan tanah tersebut serta kebutuhan akan pengujian untuk menentukan sifat teknis tanah seperti karakteristik pemadatan, kekuatan tanah, berat isi, dan sebagainya (Bowles, 1991).

Terdapat beberapa macam klasifikasi tanah diantaranya system klasifikasi AASHTO (American Association of State Highway and Transportation Official) dan system klasifikasi tanah unified (USCS).

2.3. Parameter Tanah

2.3.1. Klasifikasi Tanah Berdasarkan Standart Penetration Testa (N-SPT)

Standar tentang 'cara uji penetrasi lapangan dengan SPT' di Indonesia adalah SNI 4153-2008, yang merupakan revisi dari SNI 03-4153-1996), yang mengacu pada ASTM D 1586-84 "*Standard Penetration test and split barrel sampling of soils*".

Kekuatan tanah yang telah diuji melalui tes penetrasi. Tahanan penetrasi (N-SPT) merupakan banyaknya pukulan (30 cm terakhir) yang dibutuhkan guna memasukkan Split tube sampler dengan menggunakan hammer yang dijatuhkan dari ketinggian 75 cm dengan berat 63,5 kg.

Hubungan antara kepadatan tanah, berat jenis tanah kering, berat jenis tanah jenuh, nilai N-SPT, qc, dan

ϕ adalah sebanding. Hal tersebut dapat dilihat pada Tabel 1, Tabel 2, dan Tabel 3 sebagai berikut:

Tabel 1. Hubungan antara kepadatan, berat jenis tanah kering, nilai N-SPT, qc, dan ϕ

Kepadatan	Berat jenis tanah kering (γ_d)	Nilai N SPT	Tekanan Conus qc (kg/cm^2)	Sudut Geser ($^\circ$)
Very loose (sangat le-pas)	< 0,2	< 4	< 20	< 30
Very loose (sangat le-pas)	< 0,2	< 4	< 20	< 30
Medium Dense (agak padat)	0,4 – 0,6	10 – 30	40 – 120	35 – 40
Dense (pa-dat)	0,6 – 0,8	30 – 50	120 – 200	40 – 45
Very Dense (sangat pa-dat)	0,8 – 1,0	> 50	> 200	> 45

(Meyerhof, 1965)

Tabel 2. Hubungan antara nilai N-SPT dengan berat jenis tanah jenuh (γ_{sat})

N-SPT	Kon-sen-trasi	qu (Uncon-fined Com-pressive Strength) (ton/ft ²)	γ_{sat} (kN/m^3)
< 2	Very soft	< 0,25	16 – 19
2 – 4	Soft	0,25 – 0,50	16 – 19
4 – 8	Me-dium	0,5 – 1,00	17 – 20
8 – 15	Stiff	1,00 – 2,00	19 – 22
15 - 30	Very stiff	2,00 – 4,00	19 – 22
> 30	Hard	>4,00	19 – 22

(Terzaghi & Peck, 1948)

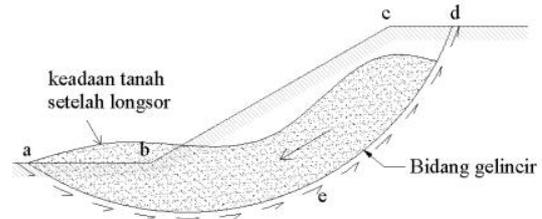
Tabel 3. Hubungan Antara Nilai Tipikal Berat Volume Kering

Jenis Tanah	γ_{sat} (kN/m^3)	γ_{dry} (kN/m^3)
Kerikil	20 – 22	15 – 17
Pasir	18 – 20	13 – 16
Lanau	18 – 20	14 – 18
Lempung	16 – 22	14 – 21

(Budhu, 2011)

2.4. Lereng

Lereng merupakan suatu permukaan tanah dengan sudut kemiringan tertentu terhadap bidang horisontal. Tanah dengan sudut kemiringan tertentu tersebut menyebabkan komponen masa tanah di atas bidang gelincir cenderung bergerak ke bawah akibat adanya gaya gravitasi bumi. Lereng tersebut akan terjadi longsor apabila diberi gaya berat yang terjadi cukup besar. Kondisi tersebut dapat dicegah jika gaya dorong (*driving force*) tidak melampaui gaya perlawanan yang berasal dari kekuatan geser tanah sepanjang bidang longsor, hal tersebut dapat dilihat pada Gambar 1 dibawah ini:



Gambar 1 Kelongsoran Lereng

Sumber: (Das, 2002)

Dalam banyak kasus, para insinyur sipil /pengairan diharapkan mampu membuat stabilitas lereng guna memeriksa keamanan suatu kondisi: lereng alamiah, lereng akibat galian maupun akibat timbunan.

Faktor yang perlu diperhatikan dalam pemeriksaan tersebut adalah menghitung dan membandingkan tegangan geser yang berbentuk disepanjang permukaan retakan dari tanah yang bersangkutan.

2.4.1. Stabilitas Lereng

Pada umumnya analisis stabilitas lereng dapat dibagi menjadi dua kelompok besar yaitu:

1. Prosedur Massa (*Mass Procedure*)
 Pada cara analisis ini massa tanah yang berada di atas bidang gelincir diambil sebagai satu kesatuan. Prosedur ini berguna bila tanah yang membentuk lereng dianggap homogen (Das, 2002).
2. Metoda Irisan (*Method of Slice*)
 Pada cara analisis ini tanah yang ada di atas bidang gelincir dibagi menjadi beberapa irisan-irisan parallel tegak. Stabilitas dari tiap-tiap irisan dihitung secara terpisah. Metode ini lebih teliti karena tanah yang tidak homogen dapat juga dimasukkan dalam perhitungan (Das, 2002).

Jadi dalam menganalisis Stabilitas Lereng akan selalu berkaitan dengan perhitungan untuk mengetahui angka faktor keamanan dari lereng tersebut. Ada beberapa faktor yang mempengaruhi Stabilitas Lereng.

2.5. Plaxis 2D Versi 8.2

Plaxis adalah salah satu program lunak yang sering digunakan dalam dunia Teknik Sipil khususnya bidang geoteknik. Plaxis merupakan perangkat lunak yang berdasarkan metode elemen hingga dua dimensi. Secara khusus Plaxis digunakan untuk menganalisis deformasi, stabilitas, dan aliran air tanah dalam rekayasa geoteknik. Kondisi sesungguhnya dapat dimodelkan dalam regangan bidang maupun secara axisymetris. Program ini menerapkan metode antarmuka grafis yang mudah digunakan sehingga pengguna dapat dengan cepat membuat model jaring elemen berdasarkan penampang melintang dari kondisi yang ingin dianalisis. Secara garis besar program Plaxis ini terdiri dari empat sub program yaitu, masukan, perhitungan, keluaran atau hasil perhitungan dan kurva.

Kondisi di lapangan yang disimulasikan ke dalam program Plaxis ini bertujuan untuk mengimplementasikan tahapan pelaksanaan di lapangan ke dalam tahapan pengerjaan pada program, dengan harapan pelaksanaan di lapangan dapat didekati sedekat mungkin pada program, sehingga respon yang dihasilkan dari program dapat diasumsikan sebagai cerminan dari kondisi yang sebenarnya terjadi di lapangan.

2.6. Value Engineering

Definisi mengenai *Value Engineering* (Rekayasa Nilai) pada inisialnya adalah suatu cara analisa untuk mengoptimalkan efisiensi biaya (*Efficiency Cost*) yang semula mungkin berpotensi menimbulkan pembesaran biaya akibat biaya yang tidak perlu pada suatu anggaran pekerjaan dan setelah dilakukan suatu proses rekayasa nilai menghasilkan suatu nilai efisiensi biaya dengan syarat tetap berpatokan pada prinsip tidak menghilangkan aspek kinerja/*perform*, ketahanan/*durability*, keandalan/*reability*, mutu, fungsi, manfaat, estetika dan aspek lainnya yang dianggap penting dari suatu elemen pekerjaan yang ditentukan dalam analisis *Value Engineering/VE*.

Dalam tulisan ini saya lebih memfokuskan kegunaan metode *Value Engineering* dalam penerapannya pada proyek konstruksi khususnya pada awal kegiatan konstruksi. Dalam melakukan suatu proses rekayasa nilai sebaiknya dilakukan pada tahap perencanaan (*Planning*) agar kita dapat mengetahui secara dini elemen-elemen biaya yang dapat kita optimalkan. Hal ini dilakukan karena jika kita melakukan suatu analisis *Value Engineering* pada saat proses konstruksi berlangsung tentunya akan menyita waktu pekerjaan, biaya konsultasi tambahan, sehingga banyak kehilangan (*Loss*) yang terjadi jika dilakukan pada phase pelaksanaan / konstruksi. Pengertian tersebut dapat diilustrasikan pada gambar di bawah ini. Ada beberapa alasan mengapa konsep *Value Engineering* (VE) dirasa perlu dan penting untuk diterapkan dalam suatu proyek konstruksi antara lain:

- Terbatasnya waktu yang disediakan untuk proses perencanaan
- Kurangnya informasi dalam perencanaan
- Kurangnya kreatifitas dalam mengembangkan ide-ide baru.
- Kurangnya tepat konsepsi
- Keadaan sementara yang menjadi permanen
- Kebijaksanaan-kebijaksanaan dari para pelaku birokrasi dan keadaan politik.

Melihat permasalahan tersebut maka metode *Value Engineering* sangat diperlukan dalam setiap kegiatan proyek konstruksi, hal ini disebabkan oleh:

- Biaya konstruksi yang meningkat.
- Kurangnya sumber dana dalam pembangunan.
- Suku bunga yang tinggi.
- Inflasi yang meningkat setiap tahun.
- Kemajuan teknologi yang semakin pesat.
- Terjadinya persaingan ketat hampir semua bidang kegiatan.

Tujuan dari *Value Engineering* adalah untuk memperoleh suatu produk atau bangunan yang seimbang antara fungsi-fungsi yang dimiliki dengan biaya yang dikeluarkan dengan menghilangkan biaya-biaya yang tidak perlu, tanpa harus mengorbankan mutu, keandalan, *performance* dari suatu produk atau bangunan tersebut.

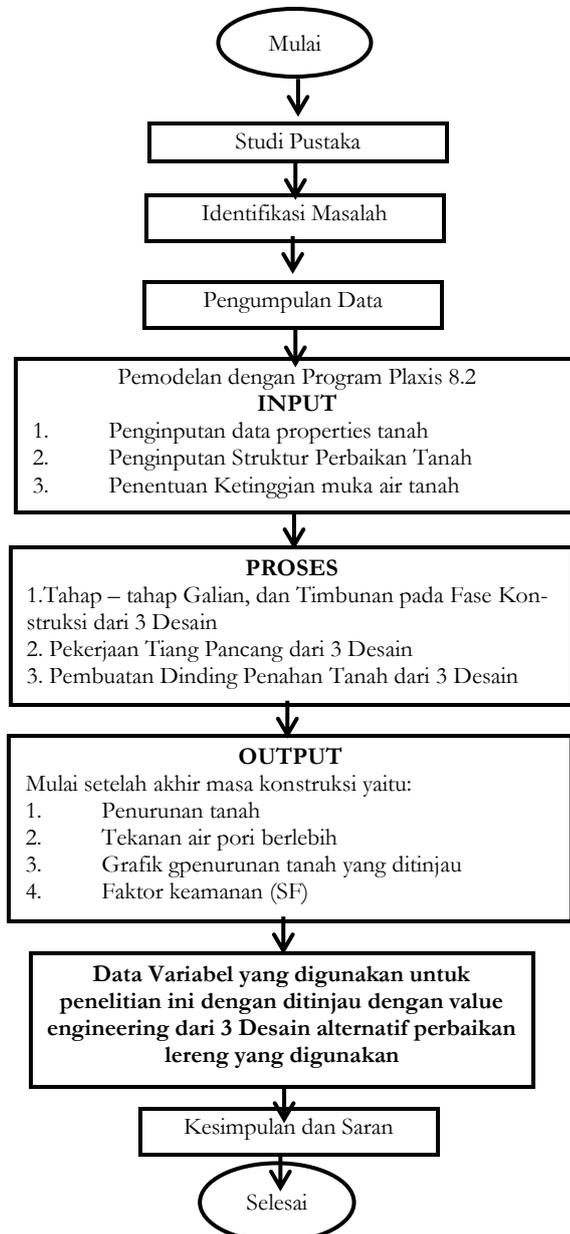
Dalam penerapan VE khususnya pada industri konstruksi manfaat secara umum yang dapat diberikan yaitu:

- Dapat mencegah dan mereduksi timbulnya potensi biaya yang tidak perlu (*Loss Cost*) pada item pekerjaan konstruksi.
- Dapat mencegah terjadinya pembengkakan biaya pada akhir pelaksanaan proyek konstruksi.
- Dapat menciptakan peningkatan budaya, daya inovasi dan kreativitas bagi para insinyur penyelenggara konstruksi baik dari lembaga konsultan, kontraktor maupun pihak pemilik proyek/owner.
- Dapat melahirkan para pakar-pakar *Value Engineers Specialist* sebagai suatu cabang ilmu keteknikan yang berorientasi kepada kinerja tim dari beberapa disiplin bidang keinsinyuran.
- Dapat menjadi suatu pembelajaran bagi pihak penyelenggara konstruksi bahwa proses perencanaan dan perancangan suatu proyek konstruksi harus dilakukan secara matang dan optimal dalam hal ini konsep penerapan VE dapat dilakukan pada tahap ini dikarenakan tingkat kompleksitas yang tinggi jika proses VE dilakukan pada tahap pelaksanaan konstruksi.

3. METODE

Penelitian ini termasuk jenis penelitian *explanatory research* yaitu penelitian yang mengembangkan dan menjelaskan konsep pemikiran dengan mempelajari beberapa penelitian terdahulu yang pernah dilakukan, peraturan-peraturan yang terkait dengan topik dan hasil pengamatan di lapangan tentang proyek Perencanaan Konservasi DAS Gung. Metode yang dipakai pada penelitian ini adalah dengan cara melakukan pengolahan data primer hasil analisis data serta mengumpulkan beberapa informasi yang dibutuhkan sebagai data sekunder.

Pemodelan pada Penelitian ini diperlukan untuk menganalisis hasil *Total Displacement* pada tanah penurunan analisa stabilitas lereng pada pembangunan perencanaan Dinding Penahan Tanah dan hasil *Value Engineering*. Perencanaan struktur ini menggunakan program Plaxis 8.2. Dengan diagram alir penelitian seperti pada Gambar 2.



Gambar 2. Bagan Metodologi

3.1.1. Kondisi Tanah

Untuk mengetahui jenis tanah dan batuan pada lokasi telah dilakukan pemboran pada titik BH-5 di Sungai Gung. Kondisi lapisan tanah di lokasi adalah sebagai berikut:

Tabel 4. Sifat Fisis Tanah pada titik BH-5

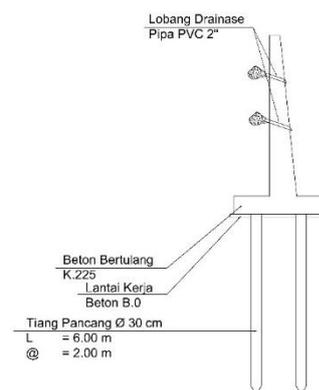
Kedalaman (meter)	Sifat Fisis Tanah
0-3	LEMPUNG, coklat, teguh, terdapat kerakal, nilai SPT = 7.
3-3,5	LEMPUNG, coklat keabu-abuan, teguh, terdapat kerakal.
3,5-10	LEMPUNG, coklat keabu-abuan, kaku, terdapat kerakal, nilai SPT = 11 – 15.

3.1.2. Alternatif Perbaikan Lereng yang Digunakan

Dari analisa penyelidikan tanah di Das Gung Kabupaten Tegal, sifat-sifat tanah lempung yang memiliki sifat teguh sampai dengan kaku mempunyai nilai NSPT 10-15. Untuk memilih alternatif perbaikan lereng yang dapat dilaksanakan untuk penanganan di lokasi perbaikan lereng yang memiliki sudut geser 20-30° dan kohesi 20-30 kN/m² dapat disimpulkan alternatif yang digunakan adalah:

1. Retaining Wall

Pemilihan jenis perbaikan lereng dengan struktur *Retaining Wall* diharapkan dapat menahan gaya geser dan guling di lereng Das Gung Kabupaten Tegal. Untuk pemilihan struktur tulangan, beton dan lain-lain dapat dilihat gambar 3.

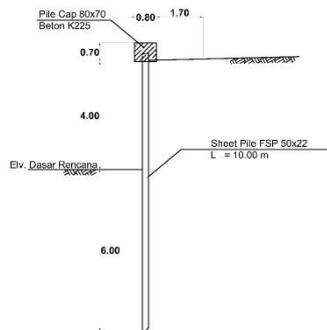


Gambar 3. Desain Retaining Wall

2. Sheetpile FSP

Pemilihan jenis perbaikan lereng dengan struktur *Sheetpile FSP* diharapkan dapat menahan gaya geser dan guling di lereng Das Gung Kabupaten Tegal. Untuk pemilihan

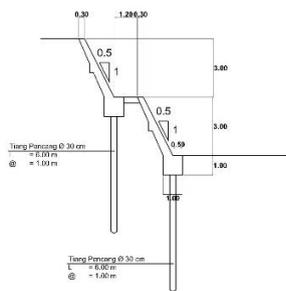
struktur tulangan, beton dan lain-lain dapat dilihat gambar 4.



Gambar 4 Desain Sheetpile FSP

3. Revetment Wall

Pemilihan jenis perbaikan lereng dengan struktur *Revetment* diharapkan dapat menahan gaya geser dan guling di lereng Das Gung Kabupaten Tegal. Untuk pemilihan stuktur tulangan, beton dan lain-lain dapat dilihat gambar berikut ini:



Gambar 5. Desain Revetment

3.1.3. Analisa Data Value Engineering

Hasil analisa pada penelitian ini yaitu membandingkan 2 metode rencana perbaikan lereng yang nantinya akan ditinjau dari segi ekonomis harga dan mutu pekerjaan yang di perhitungkan dengan rencana anggaran biaya (RAB) yang nantinya dapat menjadi solusi pekerjaan rencana penelitian.

Penerapan Value Engineering pada pembangunan Dinding Penahan Tanah di lokasi sungai Enggang difokuskan pada komponen-komponen pekerjaan struktur yang terdapat pada Rencana Anggaran Biaya (RAB) melalui perhitungan sesuai dengan Hukum Pareto, sehingga dapat ditentukan komponen-komponen pekerjaan yang akan di Value Engineering dengan menggunakan lima tahap, yaitu sebagai berikut:

a. Tahap Informasi

Tahap informasi merupakan tahap pengumpulan data proyek yang meliputi proyek yang akan dikerjakan. Komponen struktur yang digunakan pada penelitian ini yang telah di desain sebagai kajian

Value Engineering, untuk mencari item-item pekerjaan yang dengan biaya tinggi. Teknik yang dapat dilakukan diantaranya yaitu: cost model, break-down, dan analisa grafik Pareto.

b. Tahap Analisis

Pada tahap ini dilakukan analisa yang memunculkan ide atau alternatif untuk mendapatkan kriteria, selanjutnya ide atau alternatif yang muncul dapat dievaluasi dan dipertimbangkan keuntungan dan kerugian dari berbagai aspek yang akan dikaji.

c. Tahap Kreatif

Tahap Kreatif merupakan tahap berfikir kreatif dengan tujuan untuk mendapatkan hasil dari beberapa alternatif yang digunakan dalam analisis Value Engineering pada 3 alternatif yang dikaji komponen strukturnya. Dari 3 alternatif desain tersebut dapat dikaji dari beberapa aspek seperti: bahan dan material, dimensi konstruksi, waktu pelaksanaan pekerjaan dan metoda pelaksanaan pekerjaan.

d. Tahap Pengembangan

Tujuan pada tahap pengembangan ini yaitu menyiapkan rekomendasi dari semua ide dan rencana implementasi dalam faktor teknik maupun ekonomi yang dipertimbangkan untuk pengembangan alternatif terpilih.

e. Tahap Rekomendasi

Pada tahap ini bertujuan untuk mendapatkan hasil yang dapat dipresentasikan yang ditujukan kepada pihak terkait dalam memahami alternatif-alternatif yang akan digunakan dalam penelitian ini untuk disampaikan secara singkat, padat, dan jelas. Rekomendasi ini akan digunakan untuk menyakinkan bahwa penelitian ini dapat digunakan dalam kajian proyek selanjutnya.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Data Umum

Analisa stabilitas lereng dengan menggunakan metode Plaxis 2D 8.2 dalam penelitian ini menggunakan perhitungan Mohr-Coloumb. Langkah permodelan dimulai dengan menganalisa data seperti pembebanan, struktur tanah, dan struktur beton. Permodelan pada penelitian ini dengan Tiga (3) Desain Dinding Penahan tanah yaitu *Retaining Wall*, *Sheetpile Wall*, dan *Revetment Wall*. Pada tahap ini data umum bisa di lihat pada Tabel 2 dan Tabel 3.

4.2 Desain Struktur Dinding Penahan Tanah

Pada penelitian ini dilakukan pengkajian terhadap beberapa jenis Dinding Penahan tanah yang sesuai dengan jenis dan sifat tanah pada lokasi Das Gung Kecamatan Guci Kabupaten Tegal di Sungai

Enggang. Detail desain yang digunakan pada penelitian ini yaitu Retaining Wall menggunakan mutu beton K225 dengan tulangan $\phi 13$ dan $\phi 19$, kemudian Sheetpile Wall menggunakan jenis FSP 500 x 200 dengan mutu beton K500 dan Pilecap dengan mutu beton K225, dan Revetment Wall menggunakan mutu beton K225 dengan tulangan $\phi 13$ dan $\phi 19$.

4.3 Hasil Perhitungan Stabilitas Tanah

Didapatkan hasil perhitungan dari program Plaxis 2D 8.2 berupa nilai total penurunan tanah dan angka faktor keamanan yang terjadi pada Dinding Penahan Tanah di lokasi Das Gung Sungai Enggang Kecamatan Guci Kabupaten Tegal yang berfungsi untuk mengetahui nilai keamanan dari struktur Dinding Penahan Tanah yang telah di rencanakan untuk menahan kelongsoran akibat tekanan pasif dan aktif tanah. Setelah direncanakan struktur dinding penahan tanah pada penelitian ini akan dilakukan kegiatan normalisasi sungai yang bertujuan untuk memperlancar aliran sungai agar tidak terjadi gerusan pada struktur abutment pada jembatan pada lokasi rencana setelah dan sebelum konstruksi Dinding Penahan Tanah. Hasil sesuai Tabel 5.

Tabel 5. Hasil Analisa Plaxis 2D 8.2

Pemodelan	Penurunan Tanah (m)	Safety Factor
Retaining Wall	203.61×10^{-3}	1.9028
Sheetpile Wall	23.64×10^{-3}	1.7925
Revetment Wall	43.302×10^{-3}	1.5072

Dari hasil analisa Plaxis 2D 8.2 dapat disimpulkan bahwa permodelan Retaining Wall, Sheetpile Wall dan Revetment Wall aman untuk dilakukan pekerjaan konstruksi dikarenakan nilai keamanan melebihi ambang batas yaitu lebih dari 1,5 ($>1,5$). Hasil analisa Plaxis 2D 8.2 dapat diketahui nilai keamanannya dilihat dari jenis dan sifat tanah pada lokasi penelitian, dan juga dari segi struktur Dinding Penahan Tanah yang cocok pada lokasi dari pengujian tanah tersebut.

4.4 Perhitungan Value Engineering

4.4.1 Tahap Informasi

Dengan mengidentifikasi pekerjaan dinding penahan tanah yang akan dilakukan Value Engineering pada rincian biaya pekerjaan dinding penahan tanah di lereng BH.05 di DAS Gung Kabupaten Tegal. Dari RAB dapat dilihat bahwa pekerjaan Dinding Penahan tanah pada struktur mempunyai rencana biaya yang terbesar dibanding pekerjaan yang lainnya.

Tabel 6. Rencana Anggaran Biaya Pekerjaan

No.	Uraian Pekerjaan	Jumlah (Rp)
A	PEKERJAAN PERSIAPAN	135,000,000.00
B	PEKERJAAN GALIAN	89,191,629.38
C	PEKERJAAN STRUKTUR	1,170,136,045.78
D	PEKERJAAN TIMBUNAN	10,110,450.68
	JUMLAH	1,404,438,125.84
	PPN 10%	140,443,812.58
	TOTAL	1,544,881,938.42
	DIBULATKAN	1,544,881,900.00

4.4.2 Tahap Analisis

Pada tahap ini menganalisa rencana anggaran biaya dengan mengacu pada persamaan *cost model* menggunakan metode *paired comparison*. Dalam perhitungan Analisa *value engineering* menggunakan metode *paired comparison*, dengan urutan sebagai berikut: membuat tabel Analisa fungsi, membuat list kriteria desain dari masing-masing alternatif, metode *paired comparison* mencari bobot, metode *paired comparison* mencari indeks dan matrik evaluasi.

Terlihat dari RAB di atas bahwa pekerjaan dinding penahan tanah mempunyai rencana biaya terbesar dibanding pekerjaan lainnya. Untuk mengetahui hasil dari Analisa *cost model* dapat dilihat pada Tabel 7.

Dari Tabel 6, terlihat bahwa item pekerjaan yang akan dilakukan proses *value engineering* adalah pekerjaan dinding penahan tanah dan pekerjaan pembesian.

4.4.3 Tahap Kreatif

Setelah melakukan tahap informasi dan tahap analisis, pada tahap kreatif ini akan dimunculkan alternatif-alternatif desain/dimensi yang digunakan sebagai pembanding dari desain/dimensi desain awal untuk dimungkinkan adanya reduksi atau penghematan biaya yang dikeluarkan dalam perencanaan Analisa stabilitas lereng ini. Karena item pekerjaan dinding penahan tanah dan pembesian yang dianggap mempunyai nilai yang mencolok yaitu pekerjaan tiang pancang dan beton.

Tabel 7. Rencana Anggaran Biaya Pekerjaan Struktur

No.	Uraian	Jumlah (Rp)	%
1	PEK. DINDING PENAHAN TANAH	277,069,871	23.68
2	PEK. PEMBESIAN	753,937,693	64.43
3	PEK BEKISTING	139,128,482	11.89
	Sub Total	1,170,136,046	
	Total Sebelum PPN	1,404,438,126	

Tabel 8. Daftar desain/dimensi desain pekerjaan DPT Rencana Retaining Wall

No	Item Pekerjaan	Dimensi Desain
1	Tiang Pancang Minipile d30	Tinggi tiang pancang 6m dengan jarak 2m
2	Beton	K225
3	Pembesian	Ulir D13 dan D19

Perbandingan Harga/ Cost Desain DPT Rencana Retaining Wall dan Alternatif 1 Sheetpile Wall, dan Alternatif 2 Revetment Wall dapat dilihat pada Tabel 8.

Tabel 9. Perbandingan Harga/ Cost Desain DPT

Item Pekerjaan	Biaya / Cost	Penghematan
DPT Rencana (Retaining Wall)	654,038,717.39	
DPT Alternatif 1 (Sheetpile Wall)	345,543,185.54	308,495,531.85
DPT Alternatif 2 (Revetment Wall)	1,035,095,451.42	-381,056,734.03

Dalam perhitungan analisa *value engineering* menggunakan metode *paired comparison*, dengan menampilkan hasil dari Analisa pada desain DPT Rencana Retaining Wall, DPT Alternatif 1 Sheetpile Wall dan DPT Alternatif 2 Revetment Wall yang nantinya akan dibandingkan antara nilai cost dan worth seperti pada Tabel 10.

Tabel 10. Perbandingan Nilai Cost dan Worth

No	Pekerjaan	Kata Kerja	Kata Benda	Fungsi	Cost	Worth 1	Worth 2
1	Struktur	Memperkuat	Lereng	Primer	654,038,717	345,543,186	1,035,095,451
		Melindungi	Sungai	Primer			
		Menahan	Tanah	Primer			
Total					1	1.89	0.63

Tabel 10, menunjukkan adanya penghematan pada pekerjaan alternatif 1 karena nilai *cost / worth 1* lebih dari 1 dan bahan material yang boros pada pekerjaan alternatif 2 karena nilainya <1.

Kemudian setelah membuat Analisa fungsi pekerjaan struktur langkah selanjutnya membuat kriteria desain. Setiap alternatif desain harus memperhatikan berbagai faktor yang mempengaruhi secara positif maupun negatif. Sehingga nantinya alternatif desain yang terpilih adalah desain yang paling tepat dan sesuai untuk dilaksanakan.

Tabel 11. Kriteria desain DPT Alternatif 1 Sheetpile Wall dan DPT Alternatif 2 Revetment Wall

Kriteria Desain	DPT Alternatif 1 (Sheetpile Wall)	DPT Alternatif 2 (Revetment Wall)
Harga Produk	Harga lebih murah Rp. 229.561/m3	Harga lebih mahal
Safety Factor	Nilai SF = 1,7925	Nilai SF = 1,5072
Penurunan Tanah	Lebih kecil dari alternatif 2	Lebih besar dari alternatif 1

Kriteria desain diatas juga nantinya akan digunakan di Analisa fungsi sebagai bobot setelah dilakukan analisa dengan *paired comparison*. Kriteria desain dibuat diatas adalah faktor-faktor dari masing-masing alternatif desain yang mungkin menghambat atau meningkatkan kinerja dari alternatif desain tersebut.

Tabel 12. Metode paired comparison bobot

	B	C	Skor	Presentase	Deskripsi
A	A	A	4	40	A = Harga Produk
	2	2			
	B	B	3	30	B = Safety Factor
		3			
		C	3	30	C = Penurunan Tanah

Setelah seluruh item kerja memiliki bobot kerja, maka harus membuat indeks item kerja yang berisi perbandingan antara desain DPT Rencana Retaining Wall, DPT Alternatif 1 Sheetpile Wall dan DPT Alternatif 2 Revetment Wall, sehingga nantinya akan diperoleh sebuah indeks angka dari masing-masing item kerja yang akan dikalikan dengan bobot item kerja. Untuk lebih jelasnya perhitungan indeks item kerja dari masing-masing desain dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 13. Metode paired comparison indeks harga

	B	C	Skor	Presentase	Deskripsi
A	0	4	3	40	A = DPT Rencana (Retaining Wall)
2	B	4	3	60	B = DPT Alternatif 1 (Sheetpile Wall)
0	0	C	4	0	C = DPT Alternatif 2 (Revetment Wall)

Tabel 14. Metode paired comparison indeks safety factor

	B	C	Skor	Presentase	Deskripsi
A	2	4	6	40	A = DPT Rencana (Retaining Wall)
2	B	2	4	60	B = DPT Alternatif 1 (Sheetpile Wall)
0	0	C	0	0	C = DPT Alternatif 2 (Revetment Wall)

Tabel 15. Metode paired comparison indeks penurunan tanah

	B	C	Skor	Presentase	Deskripsi
A	0	0	0	0	A = DPT Rencana (Retaining Wall)
4	B	2	6	60	B = DPT Alternatif 1 (Sheetpile Wall)
4	0	C	4	40	C = DPT Alternatif 2 (Revetment Wall)

Setelah membuat *paired comparison* untuk indeks dan bobot, maka langkah selanjutnya adalah dengan memasukkan kedua indeks tersebut kedalam matriks evaluasi, yaitu sebagai berikut.

Tabel 16. Matriks analisis fungsi

No	Fungsi	Kriteria			Total
		Harga	Safety Factor	Penurunan Tanah	
	Bobot	40	30	30	0
1	Indeks DPT rencana (<i>Retaining Wall</i>)	40	40	0	
	Indeks x Bobot	16	12	0	28
2	Indeks DPT Alternatif 1 (<i>Sheetpile Wall</i>)	60	60	60	
	P. Struktur	24	18	18	60
3	Indeks DPT Alternatif 2 (<i>Revetment Wall</i>)	0	0	40	
	P. Struktur	0	0	12	12

4.4.4 Tahap Rekomendasi

Pada desain / dimensi desain awal yang digunakan dalam analisa stabilitas lereng ini adalah sesuai Tabel 7. Setelah melakukan proses analisa *value engineering* matriks analisis fungsi terlihat pada pekerjaan DPT Alternatif 1 *Sheetpile Wall*, dari hasil perkalian indeks dengan bobot kemudian dijumlahkan hasilnya adalah angka 60% dan angka inilah sebagai patokan dalam menentukan DPT Alternatif 1 *Sheetpile Wall* sebagai pengganti DPT Rencana *Retaining Wall* karena sudah mempertimbangkan semua aspek, maka dengan DPT Alternatif 1 *Sheetpile Wall* untuk menggantikan desain atau spek DPT Rencana *Retaining Wall* yang seperti Tabel 17.

Tabel 17. Daftar desain/dimensi desain pekerjaan DPT alternatif 1

No	Item Pekerjaan	Dimensi Desain
1	Tiang Pancang Sheetpile FSP d20	Tinggi tiang pancang 10m dengan jarak 1m
2	Beton Filecap	K225
3	Pembesian	-

Dalam pekerjaan struktur alternatif 1 terlihat efisien karena harga yang lebih rendah yaitu selisih Rp.891.258.342 dari pekerjaan struktur alternatif 2. Serta setelah dilakukan matriks analisa fungsi memperlihatkan kelebihan pada pekerjaan struktur alternatif 2 sebesar 67%.

5. SIMPULAN

Dengan meninjau stabilitas lereng dan desain/dimensi desain pekerjaan struktur desain DPT Rencana *Retaining Wall* kemudian dibandingkan dengan pekerjaan struktur DPT Alternatif 1 *Sheetpile Wall* dan DPT Alternatif 2 *Revetment Wall* pada DAS Gung Kecamatan Bumijiwa, Kabupaten Tegal, maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Penerapan Stabilitas Lereng Pada 3 Alternatif perbaikan lereng menggunakan Plaxis 2D menghasilkan keluaran berupa *Safety Factor* dan Penurunan Tanah. *Retaining Wall*, *Sheetpile Wall* dan *Revetment Wall* mencapai angka aman untuk dilakukan pekerjaan konstruksi dikarenakan nilai keamanan melebihi ambang batas yaitu lebih dari 1,5 (>1,5). Hasil penurunannya yaitu 203.61 x 10⁻³ m pada *Retaining Wall*, 23.64 x 10⁻³ m pada *Sheetpile*, dan 43.302 x 10⁻³ m pada *Revetment Wall*.
2. Penerapan Dinding Penahan Tanah pada alternatif-alternatif yang sudah direncanakan, dilihat dari Rencana Anggaran Biaya yang direncanakan, terlihat bahwa Pekerjaan Struktur merupakan rencana anggaran biaya yang paling tinggi di banding pekerjaan galian, pekerjaan persiapan, pekerjaan timbunan.
3. Penerapan value engineering pada Biaya pekerjaan struktur DPT rencana adalah sebesar Rp. 1.170.136.045 setelah dianalisa dengan perbandingan nilai *cost* dan *worth* DPT Alternatif 1 *Sheetpile Wall* menunjukkan nilai penghematan yang paling besar yaitu dengan biaya Rp. 378.695.261. atau ada penghematan sebesar Rp. 308.495.531,85. setelah dilakukan analisa dengan metode *paired comparison* didapatkan nilai DPT Alternatif 1 *Sheetpile Wall* dengan biaya Rp. 345.543.185. atau ada penghematan sebesar Rp. 893.037.900 dari DPT Rencana *Retaining Wall* dan ada Penurunan biaya dari DPT Rencana *Retaining Wall* sebesar 57,8%.

6. REKOMENDASI

1. Untuk daerah lereng yang berjenis tanah lempung harus dilakukan perkuatan lereng untuk menambah faktor keamanan (SF) sehingga tidak terjadi kelongsoran.
2. Bahan material dari perencanaan dan perancangan konstruksi alangkah lebih baik berupa bahan yang mudah didapatkan di pasaran.
3. Untuk mendapatkan nilai dari analisa *Value Engineering* yang lebih baik, alangkah baiknya harus ada perbandingan 2 metode agar analisa yang dilakukan lebih akurat.
4. Perlu adanya kajian lebih lanjut tentang analisis stabilitas lereng dengan metode Plaxis 2D dalam pendekatan *value engineering*.

7. DAFTAR PUSTAKA

- Bowles, J. E. (1991). *Sifat-sifat Fisis dan Geoteknis Tanah*. PT. Erlangga.
- Brinkgreve, R., & Vermeer, P. (2001). *Plaxis: Finite Element Code for Soil and Rock Analyses: Version 7: [User's Guide]*. Balkema.
- Budhu, M. (2011). *Soil Mechanics and Foundations* (3rd Editio). John Wiley & Sons, Inc.
- Das, B. M. (2002). *Principles of Geotechnical Engineering*. PWS Publishing.
- Hardiyatmo, H. C. (2010). *Mekanika Tanah 1*. Gadjah Mada University Press.
- Meyerhof, G. G. (1965). Shallow Foundations. *Journal of the Soil Mechanics and Foundations Division, ASCE, 91(SM2)*, 21–31.
- Newmark, N. . (1965). Effect of Earthquakes on Dam and Embankment. *Geotechnique, 15*, 139–160.
- Sutikno. (2014). *Penanggulangan Tanah Longor, Bahan Penyuluhan Bencana Alam Gerakan Tanah*.
- Terzaghi, K., & Peck, R. B. (1948). *Soil Mechanics in Engineering Practice*. John Wiley.

Tabel L1. Parameter Tanah

No.	Konsistensi	Kedalaman (m)	N-SPT	N-SPT Rata-rata	Model	Tipe	γ Unsat (kN/m ³)	γ sat (kN/m ³)	kx (kN/m ³)	ky (m/day)	Eref (kN/m ²)	v	Cref (Cu)	Φ (°)	Ψ
1	Medium Clay	0 - 4	7	7	MC	Tidak Terdrainase	16.25	19.25	3.05E-02	3.05E-02	6.90E+03	0.3	32.85	22.58	0
2	Stiff Clay	4 - 6	11	11	MC	Tidak Terdrainase	17.29	20.29	4.09E-02	4.09E-02	1.50E+04	0.3	26.87	25.09	0
3	Stiff Clay	6 - 8	14	14	MC	Tidak Terdrainase	18.57	21.57	5.34E-02	5.34E-02	1.50E+04	0.3	30.89	26.98	0
4	Stiff Clay	8 - 10	15	15	MC	Tidak Terdrainase	19.00	22.00	4.48E-02	4.48E-02	1.50E+04	0.3	32.36	27.61	0

Tabel L2. Parameter Beton

Parameter	Nama	Retaining Wall		Sheetpile Wall	Revetment Wall	
		Beton	Tiang Pancang		Beton	Tiang Pancang
Normal Stiffness	EA	8.31E+06	1.86E+07	1.24E+07	2.01E+07	1.86E+07
Flexural Rigidity	EI	2.51E+07	5.45E+07	3.66E+07	4.74E+06	5.45E+07
Equivalent Thickness	d	-	-	-	-	-
Weight	W	93.10	147.60	146.65	237.93	147.60
Poisson Ratio	v	-	-	-	-	-

Tabel L3. Analisa Fungsi Pekerjaan Dinding Penahan Tanah

No	Pekerjaan	Kata Kerja	Kata Benda	Fungsi	Cost	Worth 1	Worth 2
1	Struktur	Memperkuat	Lereng	Primer	654,038,717	345,543,186	1,035,095,451
		Melindungi	Sungai	Primer			
		Menahan	Tanah	Primer			
Total					1	1.89	0.63