

INFRASTRUKTUR

PERENCANAAN DINDING PENAHAN TANAH DENGAN PERKUATAN GEOTEKSTIL (STUDI KASUS JALAN LINGKAR DONGGALA)

Design of Retaining Walls with Geotextile Reinforcement (Case Study of Donggala Ring Road)

Hendra Setiawan

Jurusan Teknik Sipil Universitas Tadulako-Jalan Soekarno Hatta Km. 8 Palu 94118

Email : hendra_3909@yahoo.com

ABSTRACT

Road construction on the land reclamation of the ocean generally face problems, they are such as embankment which is sensitive settlement by the condition of the tidal sea water. Without retaining walls, the material will happening settlement because carry away by the tides of sea water, so that it will eventually happening differential settlement which causes the road pavement will be more easily damaged than the age of the plan. The purpose of this study was to overcome the problem of embankment settlement due to the tidal conditions of sea water using the construction of reinforced soil walls with geotextile reinforcement. The results of stability analysis of relation was in the vertical distance (S_v) relationship of the local embankment obtained the smaller value of (S_v) so the number of layers of reinforcement needed to be more, but the value of safety factor to the pull bars and broken bars become larger. It is provided that the better value friction angle for embankment, the smaller the value of the length of geotextile that is needed and the higher the value of intern stability. The results obtained based on the height embankment of 6 m, the spacing used (S_v) between the same as bar reinforcement of 0,8 m, and length of geotextile that is 13,5 m for the local embankment, 12 m for the embankment of Palu River and 9 m to embankment of Palupi River. With safety factor for extern stability consists of $F_{gs} = 1,5$, $F_{gl} = 2,0$ and $F_{qu} > 2,0$. And safe factor for intern stability consists of $F_r > 1,2$ and $F_p > 1,5$.

Keywords: embankment, geotextile, road

ABSTRAK

Pembangunan jalan di atas tanah hasil reklamasi laut umumnya menghadapi masalah, diantaranya adalah tanah timbunan yang rawan mengalami penurunan akibat kondisi pasang-surut air laut. Tanpa adanya konstruksi penahan tanah, maka material timbunan akan mengalami penurunan karena terbawa oleh pasang-surut air laut sehingga lambat laun akan terjadi differential settlement (beda penurunan) yang menyebabkan perkerasan jalan akan lebih cepat rusak dari umur rencananya. Tujuan penelitian ini adalah untuk menanggulangi masalah penurunan tanah timbunan akibat kondisi pasang-surut air laut menggunakan konstruksi dinding tanah bertulang dengan perkuatan geotekstil. Hasil analisis stabilitas dari hubungan variasi jarak vertikal (S_v) terhadap timbunan setempat didapatkan semakin kecil nilai S_v maka jumlah tulangan yang dibutuhkan menjadi lebih banyak, akan tetapi nilai faktor aman terhadap cabut tulangan dan putus tulangan menjadi lebih besar. Diperoleh bahwa semakin baik nilai sudut gesek dari tanah timbunan, maka semakin kecil nilai panjang geotekstil yang dibutuhkan serta semakin tinggi nilai stabilitas dalamnya. Hasil analisis diperoleh berdasarkan ketinggian tanah timbunan di lapangan sebesar 6 m, digunakan jarak spasi (S_v) antar tulangan yang sama sebesar 0,8 m, dan panjang geotekstil yaitu 13,5 m untuk timbunan setempat, 12 m untuk timbunan Sungai Palu dan 9 m untuk timbunan Sungai Palupi. Dengan faktor aman untuk stabilitas luar terdiri dari $F_{gs}=1,5$, $F_{gl}=2,0$ dan $F_{qu}>2,0$. Serta faktor aman untuk stabilitas dalam terdiri dari $F_r>1,2$ dan $F_p>1,5$.

Kata Kunci : timbunan, geotekstil, jalan

PENDAHULUAN

Pembangunan jalan di atas tanah hasil reklamasi laut umumnya menghadapi masalah, diantaranya adalah tanah timbunan yang rawan mengalami penurunan akibat kondisi pasang-surut air laut. Tanpa adanya konstruksi penahan tanah, maka material timbunan akan mengalami penurunan karena terbawa oleh pasang-surut air laut sehingga lambat laun akan terjadi *differential settlement* (beda

penurunan) yang sangat nyata. Karena beda penurunan ini, maka perkerasan jalan akan lebih cepat rusak dari umur rencananya.

Untuk mengatasi masalah tersebut maka dapat digunakan cara dengan memasang konstruksi dinding penahan. Namun biasanya tembok penahan yang umum dipakai adalah tembok penahan konvensional yang terbuat dari konstruksi yang memakai bahan batu kali, batu bata, beton atau

beton bertulang. Seiring dengan kemajuan teknologi, maka konstruksi-konstruksi dengan teknologi baru semakin banyak ditemukan antara lain yaitu konstruksi dinding tanah bertulang yang ditemukan oleh Vidal pada tahun 1969 yang terdiri dari tulangan baja galvanis, tanah pengisi dan penutup permukaan. Pada konstruksi dinding tanah bertulang, tulangan tersebut dapat diganti oleh pemakaian geotekstil.

Pada proyek reklamasi di Jalan Lingkar Donggala telah digunakan geotekstil sebagai filter dan separator, yaitu dengan cara memasang lapisan geotekstil di bawah dinding penahan konvensional. Adapun tanah timbunan yang digunakan merupakan tanah timbunan setempat hasil pengerukan bukit di sekitar proyek reklamasi dengan ciri tanah banyak mengandung kapur. Bertolak dari hal tersebut maka penulis mencoba menggunakan alternatif lain dalam konstruksi dinding penahan tanah, yaitu dengan dinding penahan tanah bertulang menggunakan geosintetik jenis geotekstil sebagai filter, separator sekaligus perkuatan bagi tanah timbunan

METODE PENELITIAN

a. Geotekstil

Geotekstil adalah suatu bahan geosintetik yang berupa lembaran serat sintesis tenunan dengan tambahan bahan anti ultraviolet. Geotekstil mempunyai berat sendiri yang relatif ringan sehingga dapat diabaikan, akan tetapi geotekstil mempunyai kekuatan tarik yang cukup besar untuk menerima beban di atasnya.

Geotekstil terdiri dari serat-serat sintetik yang terbuat dari bahan mentah polymer. *Polymer-polymer* yang digunakan dalam produksi geosintetik dapat terbuat dari material-material *polypropylene*, *polyester*, *polyethylene*, atau *polyamide (nylon)*. Bahan *polypropylene* dan *polyethylene* mempunyai sifat yang lebih ringan dari air, sedangkan polyester mengabsorbir paling sedikit jumlah air. Semua bahan polymer ini mempunyai titik leleh yang tinggi.

Bahan-bahan ini dicairkan/dilelehkan dan kemudian dikeraskan melalui spinneret (pemintal) membentuk serat-serat (*fibres*). Pembentukan serat-serat ini bisa dilaksanakan dengan tiga metode yaitu *wet formed*, *dry formed*, atau *met formed* (pelelehan). Lembaran-lembaran (*met formed*) ini yang kemudian dipotong-potong jadi pita-pita serat. Proses pengerasan adalah melalui pendinginan sesudah serat-serat tersebut direntangkan. Perentangan yang disertai tarikan ini akan diperkecil ukuran diameter serat dan menyebabkan molekul-molekul dalam serat menyusun diri mereka ke

bentuk yang lebih teratur. Proses ini akan meningkatkan modulusnya, sehingga meningkat kekuatan serat yang menjadi bentuk monofilamen.

Monofilamen ini kemudian dibentuk simpul-simpul bersama untuk membentuk suatu serat multifilamen. Serat-serat berupa serabut ini kemudian membentuk suatu ikatan seperti tali yang disebut *tow*. Sebuah *tow* dapat berisi ribuan filamen-filamen yang saling bersambungan satu sama yang lain. Ikatan-ikatan ini dipotong menjadi bahan yang pendek (*staple fibre*) sepanjang 1 sampai 4 inch. *Staple fibres* ini kemudian dibelitkan atau diputar menjadi serat-serat yang panjang untuk sesudahnya diproduksi di pabrik.

b. Konstruksi Dinding Tanah Bertulang

Dinding tanah bertulang atau dinding tanah diperkuat (*reinforced earth wall*) adalah dinding yang terdiri dari dinding yang berupa timbunan tanah yang diperkuat dengan bahan-bahan tertentu yang terbuat dari geosintetik maupun dari metal.

Bagian yang amat penting dari konsep dasar *Reinforced Earth* adalah adanya gesekan yang terjadi pada pertemuan antara kedua permukaan yaitu antara tanah dan geotekstil, gesekan inilah yang mencegah terjadinya pergerakan relatif pada kedua bahan tersebut.

Disamping itu keadaan kepadatan tanah dan kekuatan geotekstil untuk menahan tarikan arah lateral berpengaruh juga pada kestabilan *Reinforced Earth*. Sistem inilah yang membuat *Reinforced Earth* berbeda dengan sistem penjangkaran atau pengikatan. Konsep perkuatan tanah atau tanah bertulang (*reinforced earth wall*) pertama kali diperkenalkan oleh Vidal pada tahun 1969. Hingga saat ini, sistem penulangan tanah banyak digunakan untuk pembangunan tipe-tipe konstruksi, seperti dinding penahan, pangkal jembatan, timbunan badan jalan, penahan galian dan perbaikan stabilitas lereng alam. Selain itu penulangan tanah telah pula diaplikasikan dalam pembangunan konstruksi-konstruksi tanggul, bendungan, pondasi rakit, bangunan-bangunan pelengkap pelabuhan dan lain-lain.

Sistem tulangan tanah mempunyai tiga komponen utama, yaitu:

- 1). Tulangan-tulangan
- 2). Tanah timbunan/urugan tanah atau tanah asli lapangan, dan
- 3). Elemen-elemen permukaan (*facing element*) yang merupakan elemen-elemen penutup dinding bagian depan.

Bahan tulangan dapat terbuat dari metal atau bukan metal (geotekstil, plastik). Tanah timbunan/urugan umumnya dipilih tanah granuler,

walaupun mulai dicoba dengan menggunakan tanah kohesif. Elemen-elemen penutup dinding depan dapat berupa panel-panel beton, tulangan yang dibengkok, bronjong batu dan lain-lain.

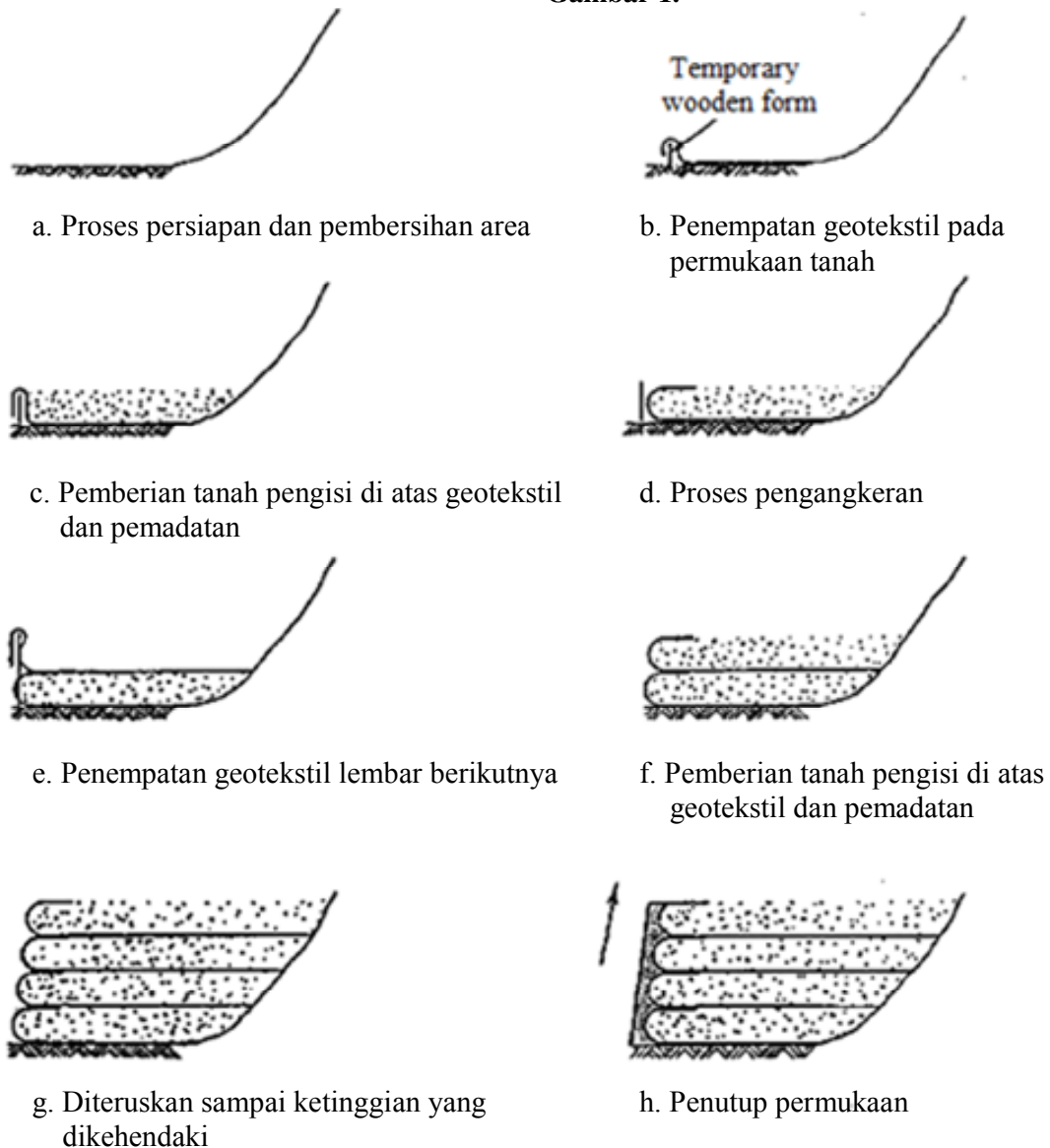
Keuntungan yang dapat diperoleh dari penggunaan struktur tanah bertulang antara lain:

- 1). Merupakan struktur yang fleksibel.
- 2). Tidak mempunyai resiko besar bila terjadi deformasi struktur.
- 3). Mudah dalam pelaksanaan pembangunannya.
- 4). Merupakan struktur yang tahan terhadap pengaruh gempa bumi.
- 5). Sering biaya pembangunan lebih ekonomis dibanding dengan struktur konvensional.
- 6). Tipe elemen-elemen penutup dinding depan dapat dibuat dalam bentuk yang bermacam-macam, sehingga memungkinkan untuk

menciptakan bentuk permukaan dinding yang indah.

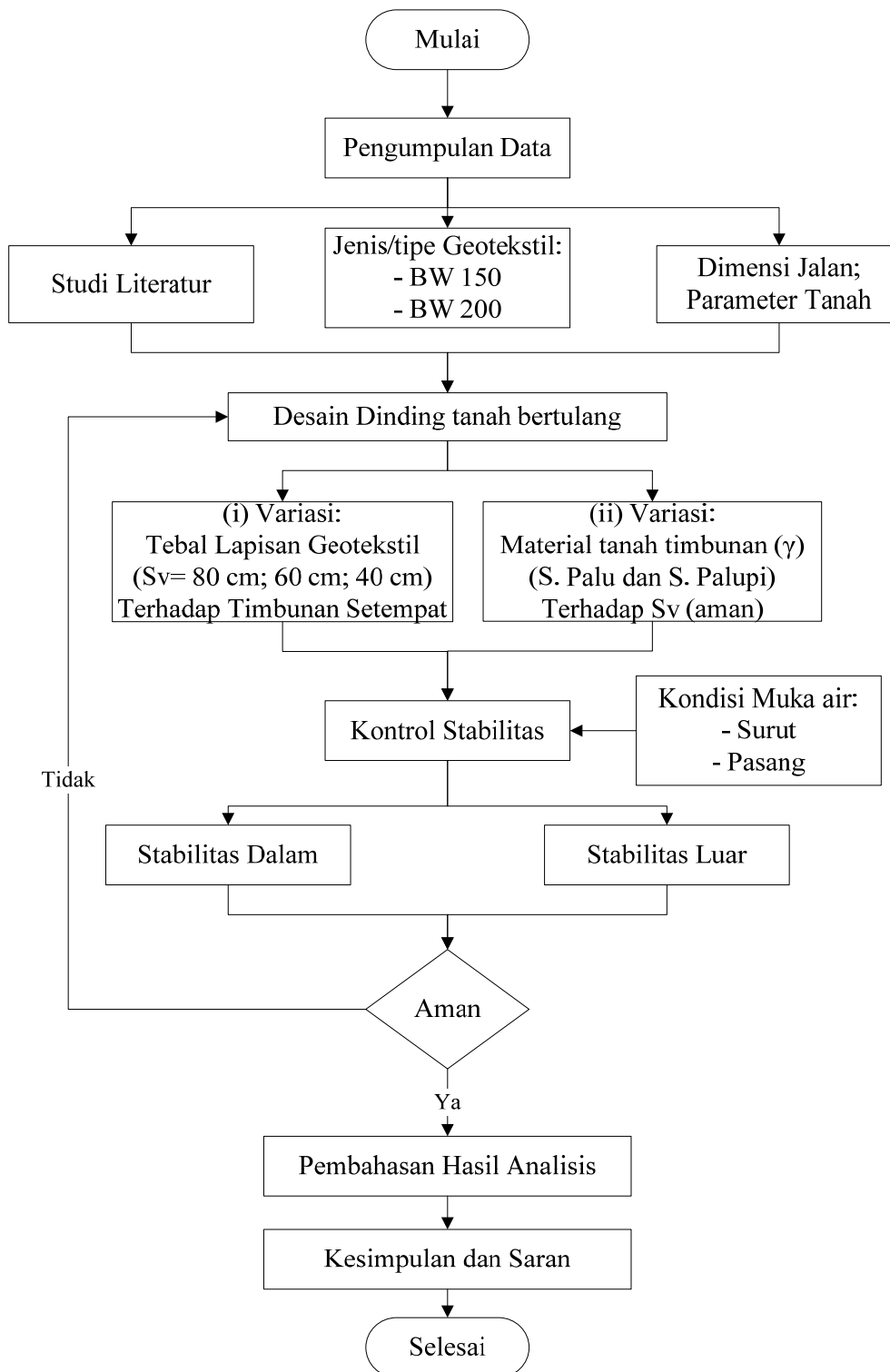
Penggunaan geotekstil pada struktur penahan tanah yang untuk selanjutnya dapat kita sebut sebagai “*Reinforced Earth*” ini adalah suatu usaha untuk memperkuat suatu bahan dasar, dalam hal ini tanah dengan menambahkan lapisan geotekstil yang mempunyai tegangan tarik yang lebih besar, sehingga dihasilkan suatu massa yang saling mengikat dengan kestabilan yang tinggi.

Sedangkan untuk proses pembuatan dinding penahan itu sendiri harus dilakukan persiapan serta perlu diperhatikan teknik penempatan geotekstil yang baik sehingga penggunaan geotekstil sebagai *reinforcement* dapat bekerja secara efektif. Adapun proses pembuatan dinding penahan tanah dengan menggunakan geotekstil tersebut dapat dilihat pada **Gambar 1.**



Gambar 1. Proses pembuatan dinding penahan tanah dengan penggunaan geotekstil sebagai “*reinforcement*” (Sumber: Kurniawan dan Hartono, 2000)

c. Pelaksanaan Pengujian dan Urutan Analisis



Gambar 2. Bagan Alir Perencanaan

HASIL DAN PEMBAHASAN

a. Hasil Pengujian Laboratorium

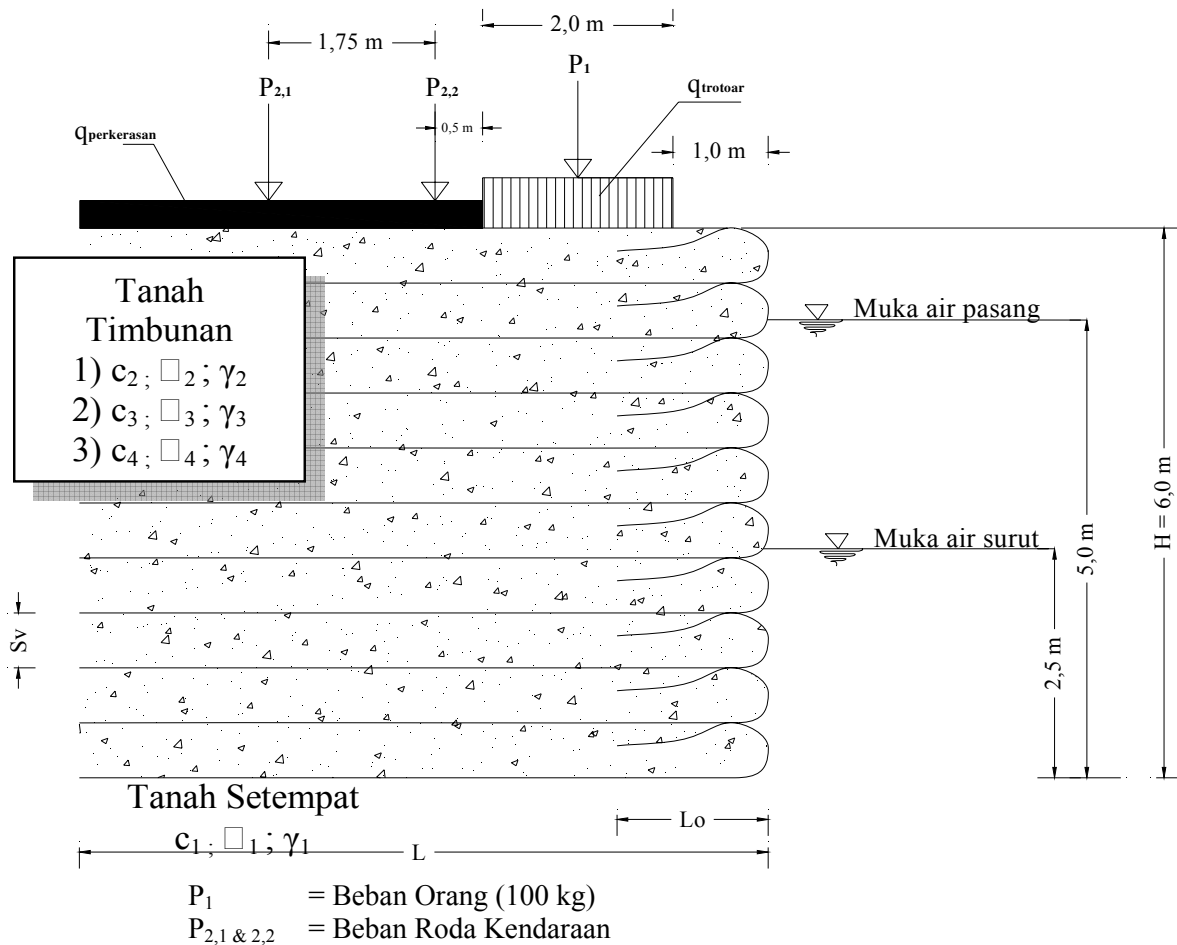
Pengujian di laboratorium yang dilaksanakan meliputi pengujian berat isi tanah dan geser langsung. Adapun hasil pengujian selengkapnya adalah seperti pada **Tabel 1**.

b. Perhitungan Dinding Penahan Dengan Perkuatan Geotekstil

Hasil Perhitungan Dinding Penahan Dengan Perkuatan Geotekstil diperlihatkan pada **Gambar 3**.

Tabel 1. Data-data Tanah

| No | Jenis Tanah | c kg/cm ² | ϕ (°) | γ kg/cm ³ = t/m ³ |
|----|------------------------------|-------------------------|------------|---|
| 1 | Tanah Setempat | 0.152 | 40.70 | 1.569 |
| 2 | Tanah Timbunan Setempat | 0.372 | 27.07 | 1.589 |
| 3 | Tanah Timbunan Sungai Palu | 0.065 | 30.75 | 1.805 |
| 4 | Tanah Timbunan Sungai Palupi | 0.000 | 44.09 | 1.541 |



Gambar 3. Model perencanaan dinding tanah bertulang dengan menggunakan geotekstil.

c. Hasil Analisis Stabilitas Luar dan Stabilitas Dalam

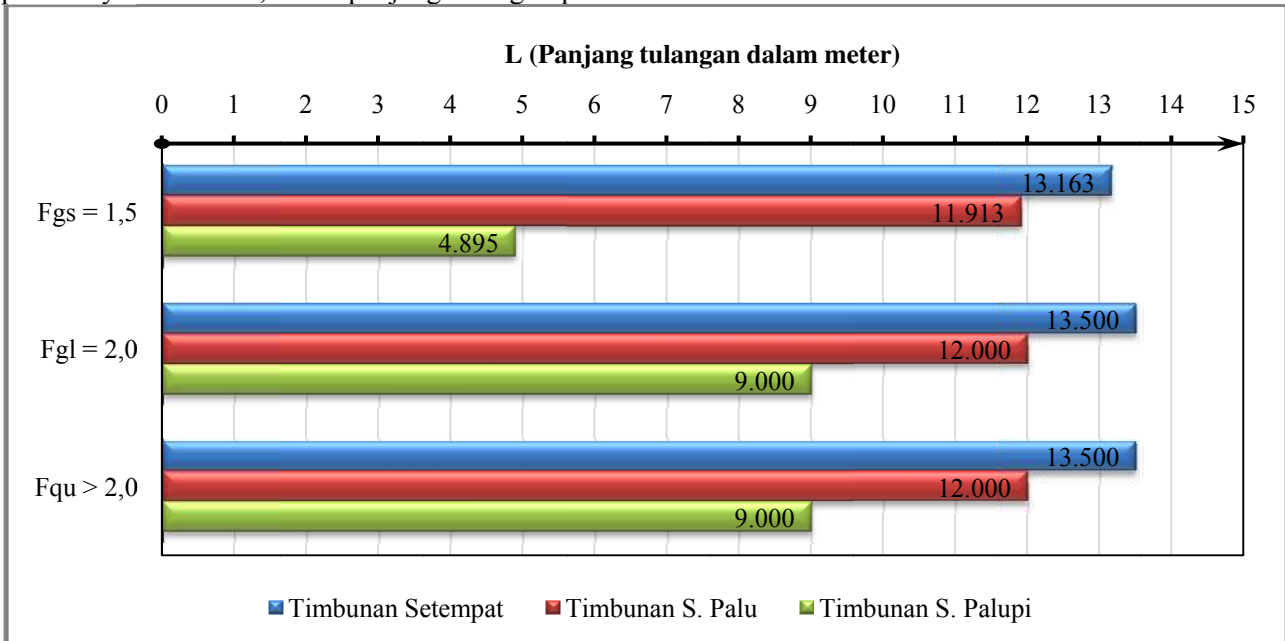
Analisis ini terdiri dari parameter tanah setempat dan tanah timbunan berupa berat isi (γ), sudut gesek (ϕ) dan kohesi (c) serta variasi jarak spasi vertikal (S_v) yaitu 0,8 m, 0,6 m dan 0,4 m. Dengan melakukan analisis untuk variasi kondisi material tanah timbunan hubungannya dengan spasi vertikal (S_v) serta pengaruh pasang surut air laut terhadap desain dinding tanah bertulang dengan perkuatan geotekstil.

Dalam perhitungan stabilitas luar, faktor aman untuk variasi material timbunan yang

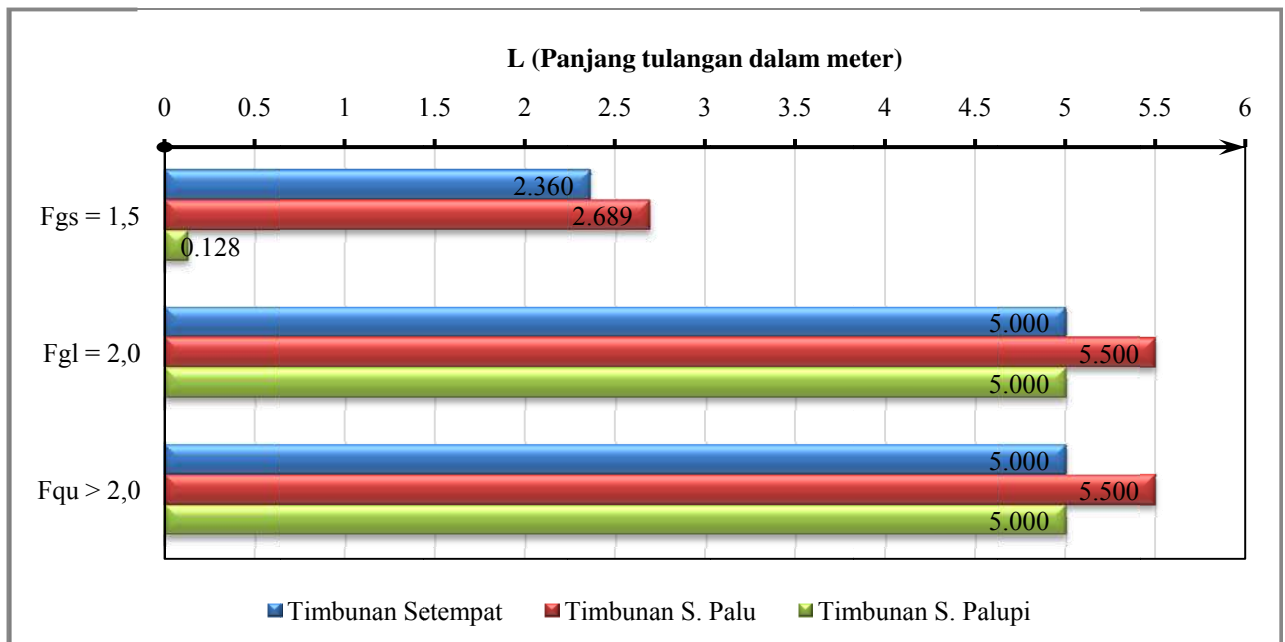
digunakan adalah sama, untuk faktor aman terhadap geser yaitu sebesar 1,5 dan faktor aman terhadap guling yaitu sebesar 2. Dari hasil perhitungan stabilitas luar untuk tanah timbunan setempat dan timbunan Sungai Palu pada kondisi 1 (muka air laut saat surut) diperoleh panjang tulangan masing-masing sebesar 13,163 m dan 11,913 m, sehingga untuk perhitungan terhadap stabilitas lainnya dicoba menggunakan panjang tulangan masing-masing sebesar 13.5 m dan 12 m yang ternyata memenuhi nilai faktor aman yang disyaratkan. Sedangkan hasil perhitungan stabilitas luar untuk timbunan Sungai Palupi pada kondisi 1 (muka air laut saat surut)

diperoleh $L = 4,895$ m yang aman terhadap stabilitas geser, akan tetapi nilai tersebut ternyata tidak memenuhi syarat faktor eksentrisitas terhadap berat pondasi yaitu $e > L/6$, maka panjang tulangan perlu

diperbesar untuk mencapai nilai aman terhadap nilai eksentrisitas. Sehingga dengan cara coba-coba diperoleh $L = 9$ m.



Gambar 4. Grafik Hubungan Fs (aman) Vs L Kondisi 1 (Surut)



Gambar 5. Grafik Hubungan Fs (aman) Vs L Kondisi 2 (Pasang)

Untuk hasil perhitungan stabilitas luar terhadap kondisi 2 (muka air laut saat pasang) diperoleh panjang tulangan masing-masing untuk tanah timbunan setempat, timbunan Sungai Palu, dan timbunan Sungai Palupi adalah sebesar 2,360 m, 2,689 m dan 0,128 m. Nilai tersebut aman terhadap stabilitas geser, akan tetapi ternyata tidak memenuhi syarat faktor aman terhadap guling dan nilai eksentrisitas terhadap berat pondasi yaitu $e > L/6$, maka panjang tulangan perlu diperbesar untuk

mencapai nilai aman terhadap nilai eksentrisitas. Sehingga dengan cara coba-coba diperoleh panjang tulangan untuk tanah timbunan setempat, timbunan Sungai Palu dan Sungai Palupi berturut-turut adalah sebesar 5 m, 5,5 m dan 5 m.

Hasil perhitungan dari stabilitas luar terhadap kondisi 1 dan kondisi 2 menunjukkan bahwa panjang tulangan yang lebih besar diperoleh pada saat kondisi 1 (muka air laut saat surut). Hal ini disebabkan karena pengaruh muka air laut pada saat

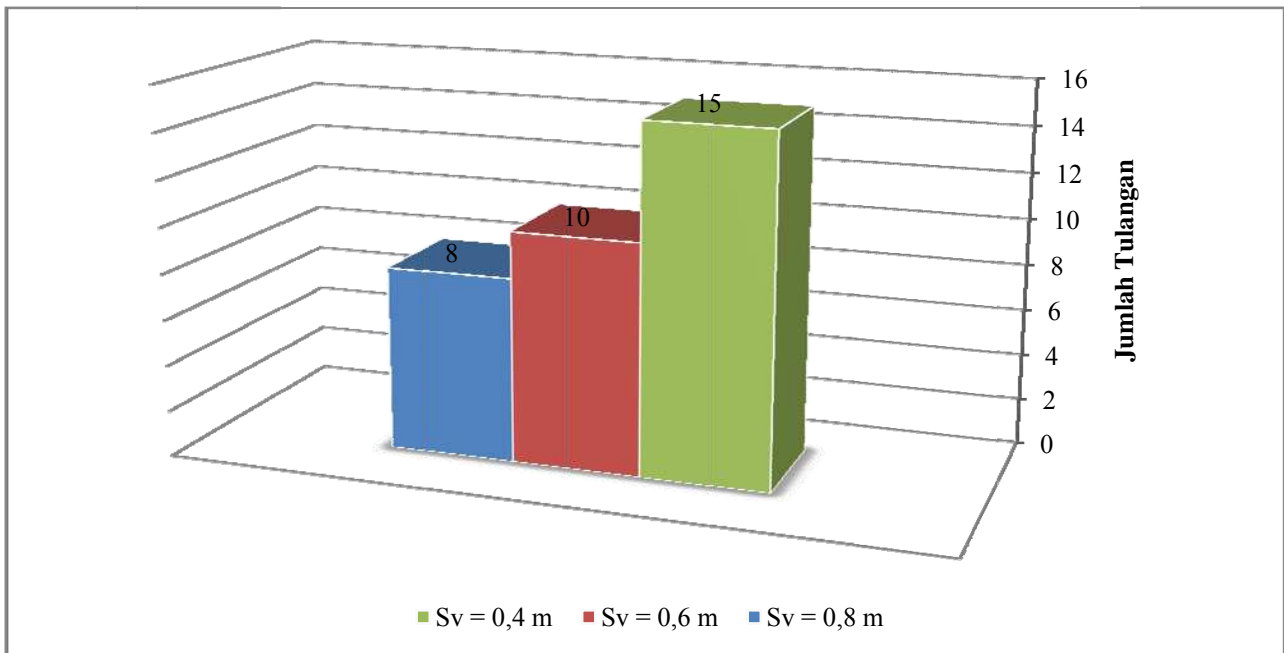
surut menyebabkan tekanan tanah menjadi lebih besar sehingga lebih berbahaya terhadap stabilitas struktur. Maka dari itu nilai dari panjang tulangan kondisi 1 akan digunakan sebagai parameter desain dinding tanah bertulang

Analisis Stabilitas Dinding Tanah Bertulang Terhadap Variasi Sv untuk Tanah Timbunan Setempat

Hasil perhitungan stabilitas tanah timbunan setempat terhadap variasi tebal lapisan geotekstil menunjukkan bahwa semakin kecil nilai spasi vertikal (Sv) maka jumlah tulangan yang dibutuhkan menjadi lebih banyak, yang berarti bahwa

pemakaian geotekstil juga akan semakin banyak, hal ini secara grafis dapat dilihat pada **Gambar 6**.

Berdasarkan hasil perhitungan stabilitas dalam didapatkan bahwa nilai spasi vertikal (Sv) 0,8 m, 0,6 m, dan 0,4 m masing-masing telah memenuhi syarat keamanan terhadap cabut tulangan dan putus tulangan untuk kondisi 1 dan kondisi 2. Didapatkan pula bahwa nilai Sv tidak mempengaruhi panjang tulangan (L), akan tetapi semakin kecil nilai Sv maka nilai faktor keamanan terhadap cabut dan putus tulangan akan semakin besar. Sehingga ditinjau dari pertimbangan ekonomis, maka digunakan spasi vertikal (Sv) sebesar 0,8 m sebagai parameter desain dinding tanah bertulang.



Gambar 6. Grafik Hubungan Spasi Vertikal (Sv) Vs Jumlah Tulan

Analisis Stabilitas Dinding Tanah Bertulang Terhadap Variasi Material Tanah Timbunan dengan Sv = 0,8 m

Hasil perhitungan stabilitas dalam dengan menggunakan spasi vertikal (Sv) 0,8 m, didapatkan faktor aman terhadap cabut tulangan untuk kondisi 1 (muka air laut saat surut) dan kondisi 2 (muka air laut saat pasang) terhadap masing-masing variasi material tanah timbunan yaitu timbunan Sungai Palu dan timbunan Sungai Palupi semuanya memenuhi persyaratan keamanan.

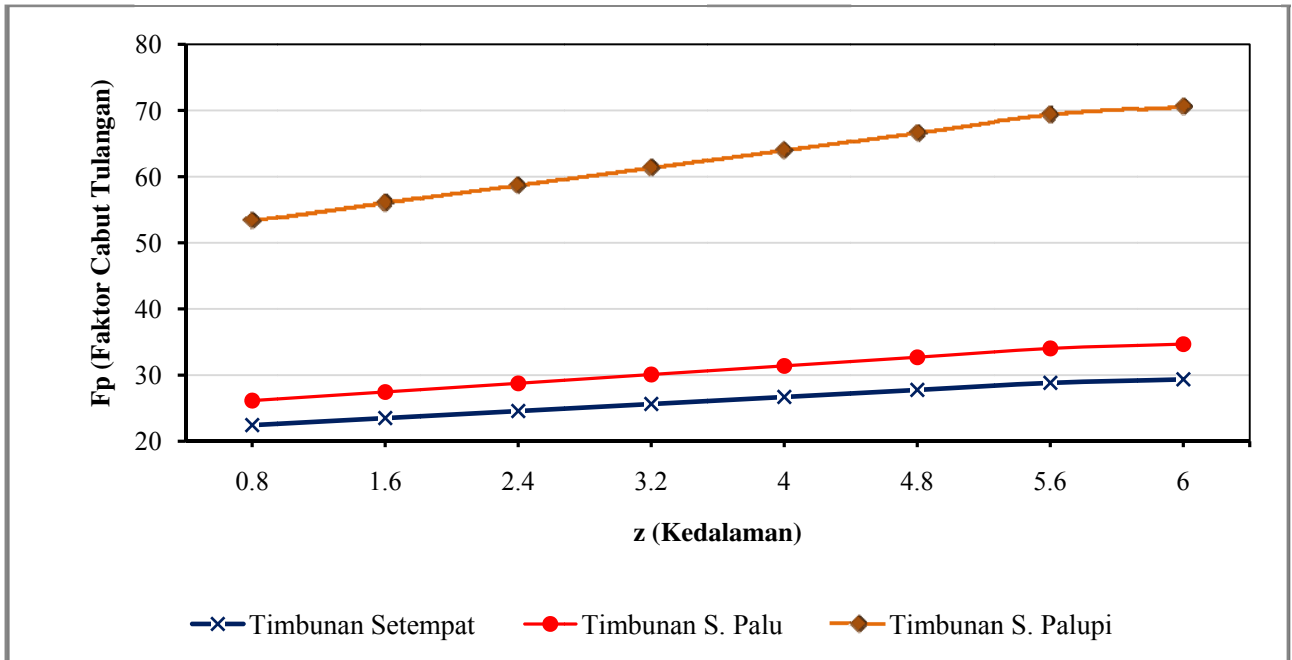
Dari hasil analisis untuk kondisi 1 (muka air laut saat surut) diperoleh nilai faktor terhadap cabut tulangan untuk timbunan Sungai Palu mengalami kenaikan rata-rata sebesar 17% sedangkan untuk timbunan Sungai Palupi mengalami kenaikan yang cukup besar yaitu sekitar 139% terhadap material timbunan setempat. Begitu pula dengan hasil analisis untuk kondisi 2 (muka air laut saat pasang)

diperoleh nilai faktor terhadap cabut tulangan untuk timbunan Sungai Palu mengalami kenaikan rata-rata sebesar 60% dan untuk timbunan Sungai Palupi mengalami kenaikan yang cukup besar yaitu sekitar 327% terhadap material timbunan setempat.

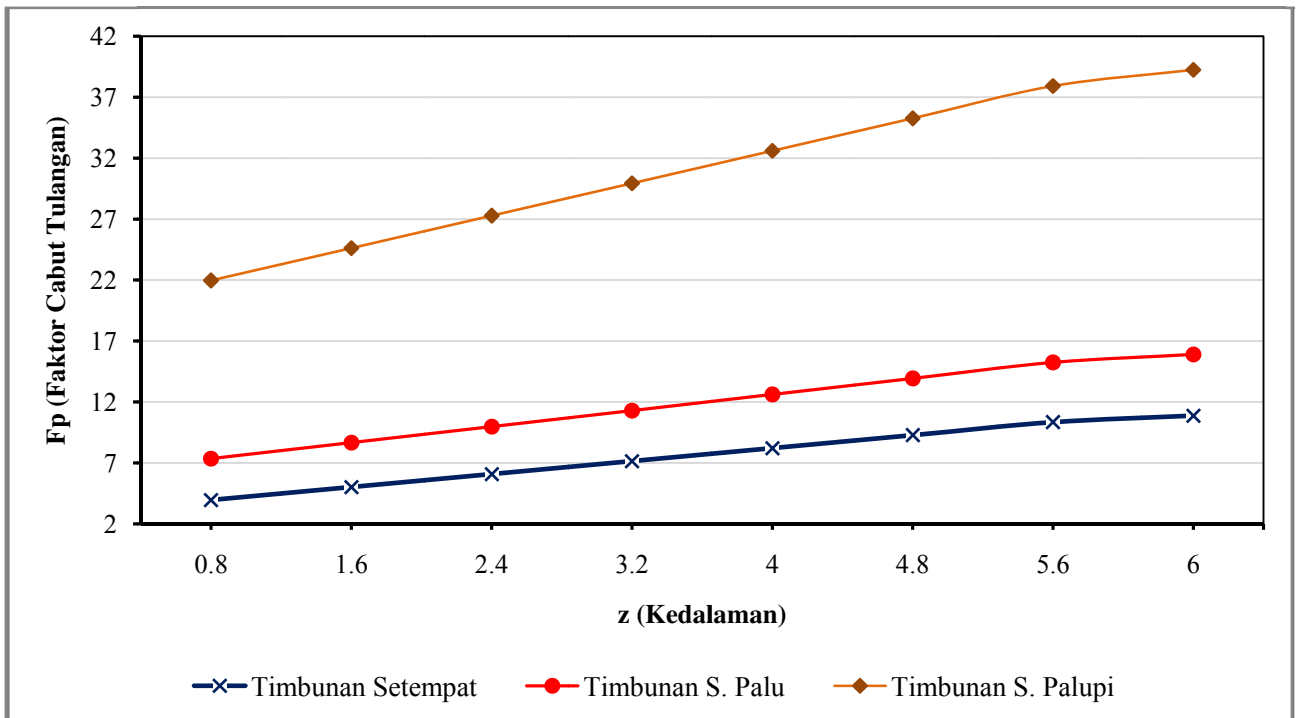
Diperoleh juga bahwa semakin dalam lapisan tulangan maka nilai terhadap faktor keamanan terhadap cabut tulangan akan semakin besar, yang berarti bahwa kemungkinan besar tulangan yang akan tercabut terjadi pada tulangan di lapisan atas (**Gambar 7 dan Gambar 8**)

Sementara untuk hasil perhitungan faktor aman terhadap putus tulangan untuk kondisi 1 (muka air laut saat surut) dan kondisi 2 (muka air laut saat pasang) terhadap masing-masing variasi material tanah timbunan yaitu timbunan Sungai Palu dan timbunan Sungai Palupi semuanya memenuhi persyaratan keamanan. Dari hasil analisis untuk BW 150 dan BW 200 diperoleh nilai faktor terhadap putus tulangan untuk timbunan Sungai Palu

mengalami kenaikan rata-rata sebesar 11% sedangkan untuk timbunan Sungai Palupi mengalami kenaikan yang cukup besar yaitu sekitar 111% terhadap material timbunan setempat.



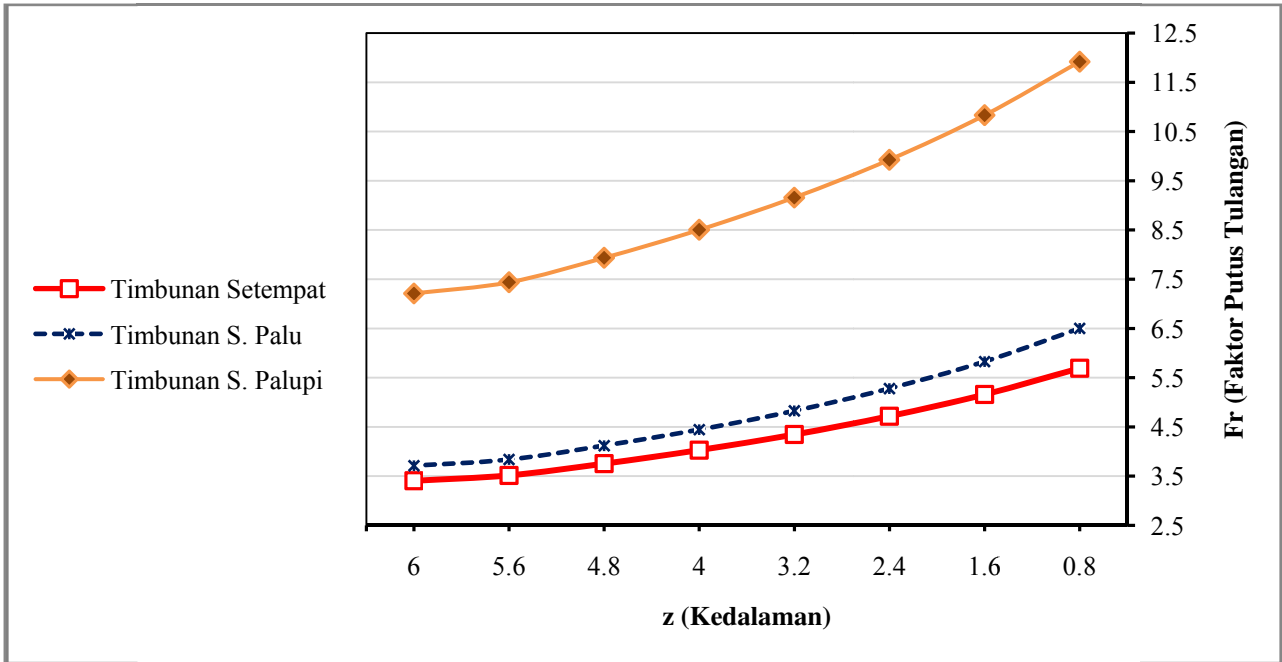
Gambar 7. Grafik Hubungan z Vs Fp Kondisi 1 (Surut)



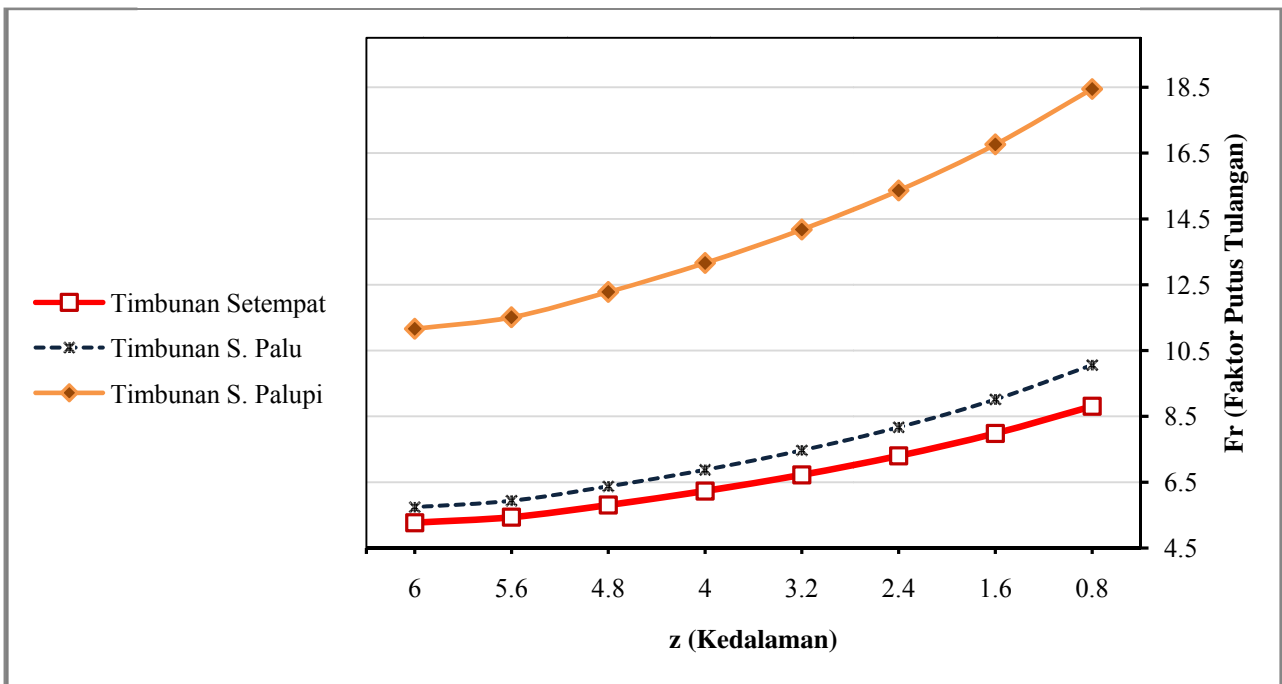
Gambar 8. Grafik Hubungan z Vs Fp Kondisi 2 (Pasang)

Dari hasil analisis diperoleh bahwa semakin dalam lapisan tulangan maka nilai terhadap faktor putus tulangan akan semakin semakin kecil yang berarti bahwa semakin ke lapisan terbawah, maka kemungkinan tulangan akan terputus semakin besar.

Secara grafis dapat dilihat pada **Gambar 9** dan **Gambar 10**.



Gambar 9. Grafik Hubungan z Vs Fr (BW 150)



Gambar 10. Grafik Hubungan z Vs Fr (BW 200)

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian dan analisis maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut kesimpulan sebagai berikut :

- 1). Dari hasil perhitungan stabilitas luar didapatkan bahwa panjang perkuatan minimal (L) untuk timbunan setempat pada kondisi 1 (muka air saat surut) = 13,5 m dan untuk kondisi 2 (muka air saat pasang) = 5 m. Untuk timbunan Sungai Palu pada kondisi (1) = 12 m dan untuk kondisi (2) = 5,5 m. Untuk timbunan Sungai Palupi pada kondisi (1) = 9 m dan untuk kondisi (2) = 5 m

- 2). Untuk analisis kondisi 1 (muka air saat surut) dan kondisi 2 (muka air saat pasang) diperoleh hasil yang berbeda, pada kondisi 2 nilai panjang perkuatan yang diperoleh relatif lebih kecil dibandingkan dengan kondisi 1 hal ini disebabkan karena tekanan tanah total akibat kondisi 1 lebih besar sehingga menyebabkan struktur pada kondisi 1 lebih berbahaya dibandingkan dengan kondisi 2. Maka dari itu desain dinding tanah yang digunakan adalah berdasarkan pada kondisi paling berbahaya yaitu pada saat muka air laut surut (kondisi 1).

- 3). Dari hasil perhitungan stabilitas dinding tanah bertulang terhadap variasi spasi vertikal (Sv) untuk timbunan setempat dengan tipe geotekstil (BW 150 dan BW 200) diperoleh bahwa jika semakin kecil nilai spasi vertikal (Sv) maka jumlah tulangan yang dibutuhkan menjadi lebih banyak.
- 4). Tanah timbunan Sungai Palupi memiliki nilai stabilitas dalam yang cenderung lebih besar dibandingkan dengan timbunan Sungai Palu dan timbunan setempat. Hal ini dipengaruhi oleh nilai sudut gesek tanah timbunan yang digunakan. Adapun nilai sudut gesek dan panjang perkuatan pada kondisi ekstrim (muka air laut saat surut) untuk timbunan Sungai Palupi ($\phi=44,09^\circ$; L = 9 m), Sungai Palu ($\phi=30,75^\circ$; L = 12 m) dan timbunan setempat ($\phi =27,07^\circ$; L = 13,5 m).
- 5). Dari struktur perkuatan yang direncanakan untuk ketinggian 6 m, hasil analisis adalah jarak spasi antar tulangan yang digunakan adalah jarak spasi vertikal (Sv) yang sama yaitu 0,8 m dan panjang tulangan lembaran geotekstil yang digunakan adalah sepanjang 13,5 m untuk timbunan setempat, 12 m untuk timbunan Sungai Palu dan 9 m untuk timbunan Sungai Palupi.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim, 1997. *Rekayasa Pondasi II Pondasi Dangkal dan Pondasi Dalam*. Guna Dharma, Jakarta.
- Anonim, 2002. *Standar Perencanaan Ketahanan Gempa Struktur Bangunan Gedung SNI 03-1726-2002*. Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah, Bandung.
- Anonim, 2010. Dinas Bina Marga dan Sumber Daya Air Kabupaten Donggala, Palu.
- Das, 1990. *Mekanika Tanah. Prinsip-prinsip Rekayasa Geoteknik*. Erlangga, Jakarta.
- Das, 1998. *Mekanika Tanah. Edisi Keempat, Jilid Kedua*. Erlangga, Jakarta.
- Gunawan, E., 1999. *Studi Literatur Perkuatan Embankment Di atas Tanah Lunak Menggunakan Geotekstil*, Tugas Akhir Sarjana Teknik Sipil Universitas Kristen Petra, Surabaya.
- Hardiyatmo, H.C, 2002. *Teknik Pondasi I Edisi Kedua*. PT. Gramedia, Jakarta.
- [Http://www.g-ande.com/soilfilter&separation.htm](http://www.g-ande.com/soilfilter&separation.htm) , *Soil Separation*. Diakses 25 September 2011
- Koerner, 1990. *Designing With Geosynthetics*, Second Edition. Prentice Hall. Englewood Cliffs.
- Kurniawan, H., dan Hartono, V., 2000. *Penggunaan Geotekstil Pada Struktur Penahan Tanah*, Tugas Akhir Sarjana Teknik Sipil Universitas Kristen Petra, Surabaya.
- Michael, V.D, 2009. *Analisis Dinding Tanah Bertulang Dengan perkuatan Geotekstil di Sungai Palu*. Tugas Akhir Sarjana Teknik Sipil Universitas Tadulako, Palu.
- Soedarsono, 1999. *Mekanika Tanah dan Teknik Pondasi, Kazuto Nakazawa, Pradnya Paramita*, Jakarta.
- Supriadi, B., dan Muntohar, A.S., 2000. *Jembatan*. Gajah Mada University Press, Yogyakarta.