

Kajian Perbaikan Tanah Dasar dan Proteksi Lereng pada Rencana Jalur Ganda Kereta Api Antara Giham-Martapura

Oktario Eko Hidayat¹⁾
Lusmeilia Afriani²⁾
Amril Ma'ruf Siregar³⁾

Abstract

The train is a means of transportation favored by the community because the train is one of the modes of transportation that has special characteristics and advantages. Along with the development of infrastructure development in Lampung Province and South Sumatra Province, the planning and design of a building must be done carefully and well, one of them is by building a double track between Giham - Martapura, South Sumatra because the application of one track has many obstacles. It is hoped that the addition of the double track can make the train schedule more timely and can improve the quality of the trip.

Based on the results of the Atterberg boundary test the soil originating from the undisturbed soil sample of the Giham-Martapura railroad gets an PI value $<LL-30$ ($26.51\% < 27.95\%$), then the land based on the AASHTO system is classified into A -7-5 that is clay soil and as subgrade material has normal to poor evaluation.

Keywords: railroad, land, double track, slope protection.

Abstrak

Kereta api merupakan alat transportasi yang di gemari oleh masyarakat karena kereta api adalah salah satu moda transportasi memiliki karakteristik dan keunggulan khusus. Seiring dengan berkembangnya pembangunan infrastruktur di Provinsi Lampung dan Provinsi Sumatera Selatan, perencanaan dan perancangan suatu bangunan harus dilakukan dengan matang dan baik, yaitu salah satunya dengan pembangunan jalur ganda antara Giham – Martapura, Sumatera Selatan dikarenakan penerapan satu jalur memiliki banyak kendala. Diharapkan dengan penambahan jalur ganda dapat membuat jadwal kereta api semakin tepat waktu dan dapat meningkatkan kualitas perjalanan.

Berdasarkan hasil uji batas *Atterberg* tanah yang berasal dari jalur kereta api ganda Giham-Martapura tidak terganggu (*undisturbed soil sample*) mendapatkan nilai $PI < LL-30$ ($26.51\% < 27.95\%$), maka tanah tersebut berdasarkan sistem AASHTO diklasifikasikan ke dalam A-7-5 yaitu tanah berlempung dan sebagai bahan tanah dasar (*subgrade*) memiliki penilaian biasa sampai jelek. Berdasarkan hasil perhitungan maka kedalaman kupasan (*galian*) untuk perbaikan tanah dasar di STA 188+300 – STA 188+600 adalah sedalam 1,7 m, namun setelah menggunakan perkuatan dapat masuk dengan sempurna ke rongga butiran RAP. Karena butiran RAP terlapsi oleh aspal sehingga bersifat *impermeable* (kedap air).

Kata kunci : RAP (*Reclaimed Asphalt Pavement*), Lapis Pondasi, Kadar Air Optimum, CBR.

¹⁾ Mahasiswa pada Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Lampung.

²⁾ Staf pengajar pada Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Lampung. Jalan. Prof. Sumantri Brojonegoro 1. Gedung Meneng Bandar Lampung.

³⁾ Staf pengajar pada Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Lampung. Jalan Prof. Sumantri Brojonegoro 1. Gedung Meneng Bandar Lampung.

1. PENDAHULUAN

Kereta api merupakan alat transportasi yang di gemari oleh masyarakat karena kereta api adalah salah satu moda transportasi memiliki karakteristik dan keunggulan khusus. Seiring dengan berkembangnya pembangunan infrastruktur di Provinsi Lampung dan Provinsi Sumatera Selatan, perencanaan dan perancangan suatu bangunan harus dilakukan dengan matang dan baik, yaitu salah satunya dengan pembangunan jalur ganda antara Giham – Martapura, Sumatera Selatan dikarenakan penerapan satu jalur memiliki banyak kendala. Oleh karena itu untuk pembangunan jalur ganda kereta api ini salah satunya dibutuhkan lapisan tanah yang mampu menopang beban dan dapat meningkatkan sifat fisik dan mekanis tanah.

Tidak semua kondisi tanah dasar memiliki lapisan tanah yang padat namun terdapat tanah dasar dengan lapisan tanah yang lembek. Melihat kondisi tanah seperti itu maka dapat diketahui bahwa tanah dasarnya mempunyai daya dukung rendah, kemampatan yang besar dan koefisien permeabilitas yang kecil. Oleh karena itu perencanaan timbunan sangat perlu diperhatikan dan perlu dilakukan perbaikan tanah yang dapat meningkatkan daya dukung dan mempercepat pembangunan jalur ganda kereta api. Pada beberapa titik konstruksi jalan rel kereta api Giham-Martapura diperlukan adanya pekerjaan tanah karena elevasi maupun posisi jalur rel baru yang direncanakan berbeda dengan elevasi rel eksisting. Salah satu hal yang patut dicermati adalah adanya peninggian elevasi rel kereta api untuk jalur baru, sehingga mempengaruhi jalur lama untuk ditinggikan agar tetap dapat mencapai kelayakan secara geometri jalan rel.

Dalam desain rencana dari Kementerian Perhubungan Republik Indonesia, tidak disertakan perhitungan kekuatan tanah di titik-titik kritis. Oleh karena itu, dibutuhkan verifikasi kuat dukung tanah terhadap beban kereta yang melintas saat masa konstruksi pada titik tersebut. Selanjutnya hasil penelitian ini dapat digunakan sebagai referensi kepada pihak pelaksana pekerjaan apakah dapat menggunakan desain rencana dari Kementerian Perhubungan atau perlu adanya penyesuaian agar struktur kuat mendukung beban kereta.

1.1. Tanah

Tanah adalah himpunan mineral, bahan organik, dan endapan-endapan yang relatif lepas (*loose*), yang terletak di atas batuan dasar (*bedrock*). Ikatan antara butiran yang relatif lemah dapat disebabkan oleh karbonat, zat organik, atau oksida-oksida yang mengendap diantara partikel-partikel (Hardiyatmo, 2010).

Tanah Dasar (*Subgrade*) Lapisan tanah setebal 150 - 100 cm dimana di atasnya akan diletakkan lapisan pondasi bawah dinamakan lapisan tanah dasar (*subgrade*) yang dapat berupa tanah asli yang dipadatkan (jika tanah aslinya baik), tanah yang didatangkan dari tempat lain dan dipadatkan atau tanah yang distabilisasi dengan kapur ataupun bahan lainnya. Sebelum lapisan-lapisan lainnya diletakkan, tanah dasar (*subgrade*) dipadatkan terlebih dahulu sehingga tercapai kestabilan yang tinggi terhadap perubahan volume, sehingga dapat dikatakan bahwa kekuatan dan keawetan konstruksi perkerasan jalan sangat ditentukan oleh sifat-sifat daya dukung tanah dasar. Banyak metode yang

digunakan untuk menentukan daya dukung tanah dasar, misalnya pemeriksaan CBR (*California Bearing Ratio*), DCP (*Dynamic Cone Penetrometer*), dan k (modulus reaksi tanah dasar). Di Indonesia daya dukung tanah dasar untuk kebutuhan perencanaan tebal perkerasan ditentukan dengan pemeriksaan CBR.

Stabilisasi tanah adalah suatu proses untuk memperbaiki sifat-sifat tanah dengan menambahkan sesuatu pada tanah tersebut, agar dapat menaikkan kekuatan tanah dan mempertahankan kekuatan geser (Hardiyatmo, 2002).

Stabilisasi tanah dengan kapur sangat lazim digunakan dalam proyek - proyek konstruksi jalan maupun bangunan dengan berbagai macam jenis tanah, mulai dari tanah lempung biasa sampai tanah ekspansif. Kapur yang digunakan pada penelitian ini adalah kapur bubuk (CaO) yang dibeli di toko material. Kapur tersebut berasal dari batu kapur yang telah dibakar sampai dengan suhu 1000 °C. Kapur hasil pembakaran apabila ditambahkan air akan mengembang dan retak. Banyak panas yang keluar (seperti mendidih) selama proses ini, hasilnya adalah kalsium hidroksida Ca(OH)₂. Apabila kapur dengan mineral lempung atau mineral halus lainnya bereaksi, maka akan membentuk suatu gel yang kuat dan keras, yaitu kalsium silikat yang mengikat butir-butir atau partikel tanah (Ingles dan Mercalf, 1972).

Definisi yang diberikan ASTM menyatakan bahwa geotekstil merupakan bahan yang menyerap air, baik diatas permukaan maupun yang menembus didalam materialnya. Geotekstil berfungsi sebagai lapisan pemisah (*"separation"*), lapisan penyaring (*"filtration"*), penyaluran air (*"drainage"*). Perkuatan tanah (*"reinforcement"*) dan lapisan pelindung (*"moisture barrier"*) bila terselimuti oleh bitumen. Pada jalur kereta api, *geotextile* dapat digunakan sebagai separator antara tanah dasar dengan batu-batu pecah (*balast*), sehingga lapisan *ballast* terjaga ketebalan dan karakteristiknya. Dan akhirnya jalur menjadi kuat.

1.2. Daya Dukung Tanah

Daya dukung tanah adalah kemampuan tanah untuk menahan tekanan atau beban bangunan pada tanah dengan aman tanpa menimbulkan keruntuhan geser dan penurunan yang berlebihan. (Najoan, T.F. 2002). Nilai daya dukung tanah dasar sangat dipengaruhi dan ditentukan dari nilai CBR. Semakin besar nilai CBR tanah dasar pada sebuah konstruksi jalan semakin besar pula nilai daya dukung tanah tersebut diperoleh dari hasil pengujian sampel tanah yang telah disiapkan di laboratorium atau langsung di lapangan.

Menurut AASHTO T-193-74 dan ASTM D-1883-73, *California Bearing Ratio* adalah perbandingan antara beban penetrasi suatu beban terhadap beban standar dengan kedalaman dan kecepatan penetrasi yang sama. Nilai CBR akan digunakan untuk menentukan tebal lapisan perkerasan. Penentuan nilai CBR yang biasa digunakan untuk menghitung kekuatan pondasi jalan adalah penetrasi 0,1" dan penetrasi 0,2" dengan rumus sebagai berikut:

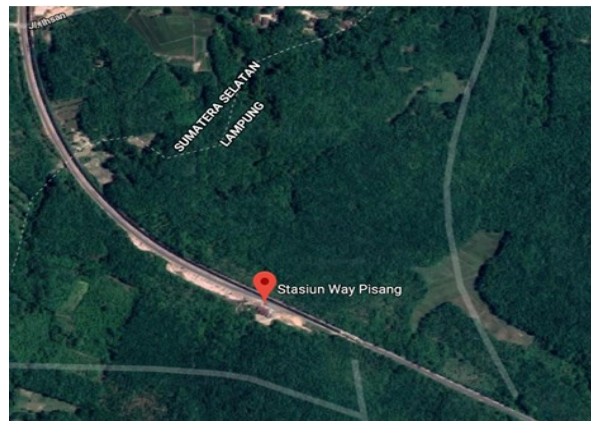
$$\text{Nilai penetrasi } 0,1 = p_1/3000 \times 100\% \quad (1)$$

$$\text{Nilai penetrasi } 0,2 = p_2/3000 \times 100\% \quad (2)$$

Dimana p_1 beban penetrasi $0,1''$ dan p_2 beban penetrasi $0,2''$

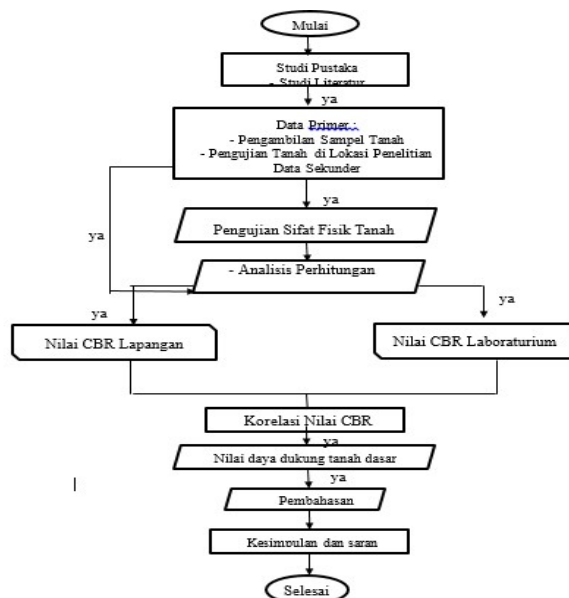
2. METODE PENELITIAN

Lokasi penelitian ini dilakukan di daerah Gihim-Martapura stasiun Way Pisang STA 188+300 – STA 188+600 yang di dimana merupakan lokasi pembangunan jalur ganda jalan rel kereta api Kabupaten Way Kanan Propinsi Lampung.



Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian. (Sumber : Google Maps).

Tanah yang diambil menggunakan *disturb* sampel dan *undisturb* sampel 1. Adapun tahapan penelitian yang dilakukan dalam menganalisis kestabilan lereng di skemakan dalam diagram alir. Diagram penelitiannya adalah sebagai berikut :



Gambar 2. Diagram Alir Penelitian

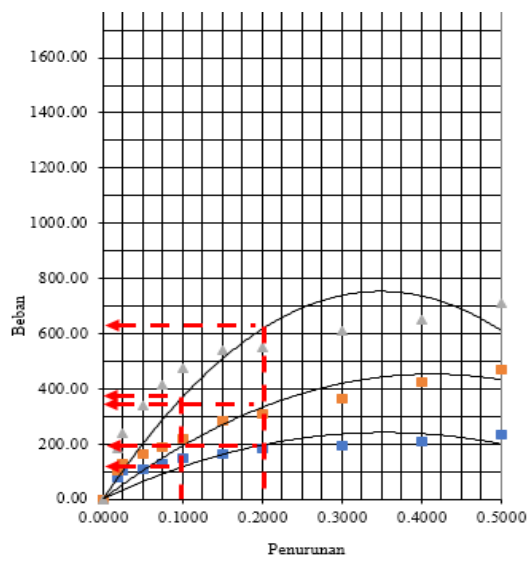
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Hasil Laboratorium

Penelitian melalui pengujian yang dilakukan menunjukkan bahwa kadar air yang terkandung dalam tanah tidak terganggu (*undisturbed soil sample*) sebesar 33,13% pada tanah terganggu (*disturbed soil sample*) sebesar 17,32%. Hasil dari pengujian 3 sampel diatas, didapatkan nilai berat volume tanah sebesar 1,51 gr/. Dari hasil pengujian berat jenis rata-rata pada sampel tanah tidak terganggu (*undisturbed soil sample*) adalah sebesar 2,55 gr/ . dan sampel tanah terganggu (*disturbed soil sample*) adalah sebesar 2,50 gr/ .

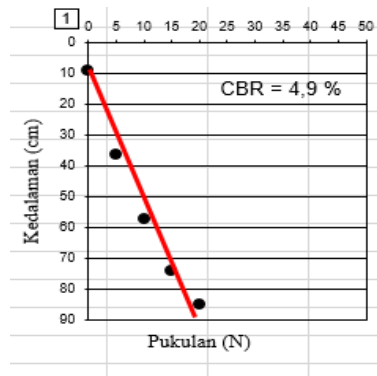
Berdasarkan hasil uji batas *Atterberg* tanah tidak terganggu (*undisturbed soil sample*) di atas nilai $PI < LL-30$ ($26.51\% < 27,95\%$), untuk tanah terganggu (*disturbed soil sample*) di atas nilai $PI < LL-30$ ($22.55\% < 24,77\%$) maka tanah tersebut berdasarkan sistem AASHTO diklasifikasikan ke dalam A-7-5 yaitu tanah berlempung dan sebagai bahan tanah dasar (*subgrade*) memiliki penilaian biasa sampai jelek. Hasil dari pengujian ini menunjukkan bahwa sampel tanah memiliki angka indeks plastis tinggi dan jenis tanah lempung

Dari hasil pengujian analisis saringan yang tanah tidak terganggu (*undisturbed soil sample*) tersebut memiliki persentase lolos saringan No. 200 (0,075 mm) sebesar 63,13%. Sedangkan tanah terganggu (*disturbed soil sample*) tersebut memiliki persentase lolos saringan No. 200 (0,075 mm) sebesar 56,00%.



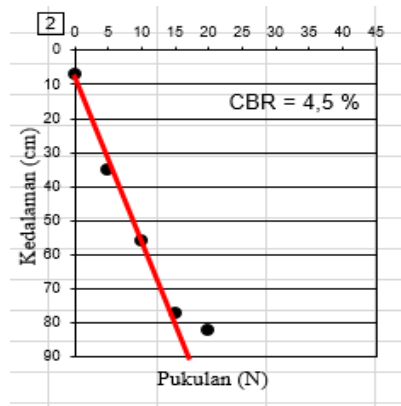
Gambar 3. Nilai CBR laboratorium tanpa rendaman.

Dari gambar diperoleh hasil nilai CBR laboratorium tanpa rendaman sebesar 3,9 % untuk 10x pukulan, 6,43 % untuk 25x pukulan dan 12,33 % untuk 55x pukulan. Sehingga diambil nilai CBR terkecil yaitu sebesar 3,9 %.

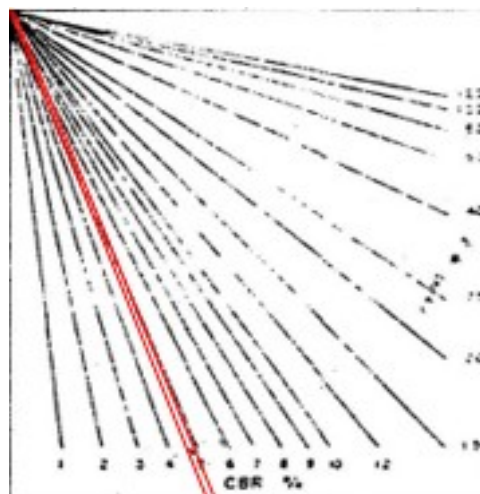


Gambar 4. Nilai pengujian *Dinamic Conus Penetrometer* Titik 1.

Dari gambar grafik diatas diperoleh hasil nilai pengujian Skala Penetrasi Konus Dinamis (*Dinamic Conus Penetrometer*) sebesar 4,9 %.

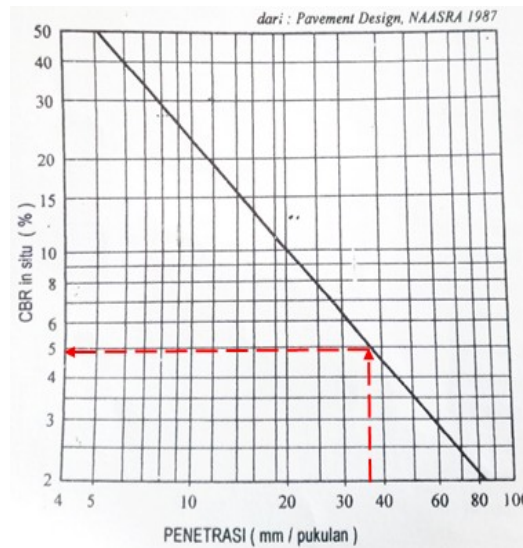


Gambar 5. Nilai pengujian *Dinamic Conus Penetrometer* Titik 2



Gambar 6. Grafik Nilai DCP Dengan Sudut Konus 60°
Sumber : Silvia Sukirman, 1992

Dari gambar grafik diatas diperoleh hasil nilai pengujian Skala Penetrasi Konus Dinamis (*Dinamic Conus Penetrometer*) sebesar 4,5 %. Dari gambar diperoleh hasil nilai CBR pada titik 1 sebesar 4,9% titik 2 sebesar 4,5%. Maka diambil nilai CBR terkecil sebesar 4,5%. Menurut PM No. 60 Tahun 2012 nilai CBR tanah haruslah tidak kurang dari 6%, sehingga pada lokasi penelitian ini nilai CBR tanah belum memenuhi standar yang telah ditetapkan. Dari grafik di bawah diperoleh nilai CBR mewakili sebesar 4,5% maka dari gambar grafik 7 diperoleh nilai CBR in situ sebesar 4,9%



Gambar 7. Grafik Korelasi Nilai DCP dan CBR

Dengan demikian dapat dilihat korelasi nilai CBR (*California bearing ratio*) laboratorium dan nilai DCP (*Dinamic Conus Penetrometer*) pada tabel dibawah ini :

Tabel 1. Hasil Nilai CBR Laboratorium, DCP, dan Korelasi Nilai CBR dan DCP.

Nilai CBR Laboratorium	Nilai DCP	Korelasi Nilai CBR dan DCP
3,9 %	4,5%	4,9%

3.2. Analisis Pembebanan

Berdasarkan Peraturan Menteri Perhubungan Nomor 60 Tahun 2012, beban gandar maksimum untuk lebar jalan rel 1067 mm pada semua kelas statis yang diijinkan adalah sebesar $P_s = 18$ ton. Lokasi yang diteliti berada pada daerah timbunan di jalur kereta api antara stasiun Giham-Martapura yang berada di stasiun Way Pisang STA 188+300 – STA 188+600 berada di Provinsi Sumatera Selatan. Tebal kupasan tanah dasar dengan menggunakan metode *Boussinesq*, dengan menggunakan metode iterasi, maka diperoleh nilai $\Delta\sigma_z$ adalah sebagai berikut:

Tabel 2. Hasil Iterasi Perhitungan $\Delta\sigma_z$

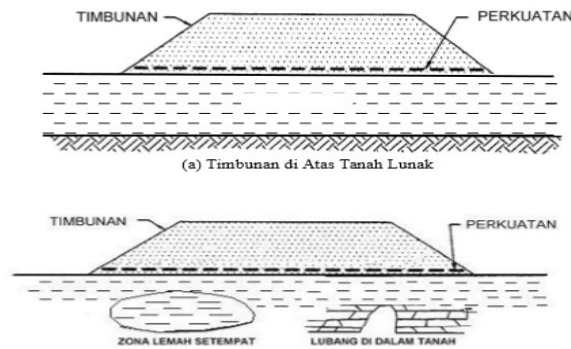
Kedalaman (m)	$\Delta\sigma_z$
0,5	7257,48
0,75	5332,03
1	4082,33
1,25	3225,55
1,5	2612,69
1,7	2239,96
1,75	2159,25
2	1814,37

Dari tabel di atas terlihat nilai yang mendekati angka 2380 kg/m² adalah 2239,96 kg/m² adalah pada kedalaman 1,7 m. Dengan demikian, kedalaman kupasan (galian) untuk perbaikan tanah dasar di STA 188+300 – STA 188+600 adalah sedalam 1,7 m. Setelah itu, jika menggunakan perkuatan tambahan dengan material geogrid dengan spesifikasi kekuatan 19 Kpa/m² yang biasa digunakan pada tanah timbunan dan lereng, maka akan terjadi pengurangan nilai tekanan yang disebabkan oleh beban yang ada di atasnya. Dengan demikian, tebal kupasan dapat diminimalisir.

Tabel 3. Perhitungan daya dukung dengan bantuan perkuatan material geogrid

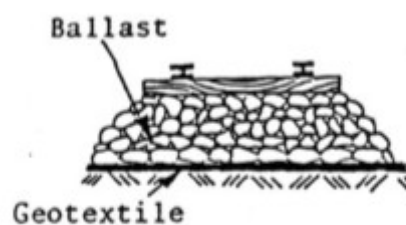
Kedalaman (m)	$\Delta\sigma_z$
0,5	5320,012
1	2144,86
1,1	1765,33
1,2	1436,36
2,2	1594,66

Dari tabel 3 terlihat nilai yang mendekati angka 4177,4280 kg/m² adalah 5320,012 kg/m² adalah pada kedalaman 0,5 m. Dengan demikian, kedalaman kupasan (galian) untuk perbaikan tanah dasar setelah menggunakan perkuatan tambahan dengan material geogrid dengan spesifikasi kekuatan 19 Kpa/m² adalah sedalam 0,5 m.



Gambar 8. Aplikasi Timbunan yang Diperkuat Geotekstil
(Sumber : Geosintetik-Indonesia.com)

Pada Jalan Kereta Api Geotextile diletakkan diantara lapisan balast dan tanah dasar yang lunak. Tujuannya ialah supaya jangan sampai terjadi penyampuran antara tanah dasar yang berbutir, halus dengan lapisan kerikil balast. Juga bilamana terjadi banjir pada badan balast, dapat dicegah larinya partikel halus tanah dasar menuju lapisan balast. Disini geotextile berfungsi sebagai separator dan filter, seperti pada gambar berikut.



Gambar 9. Penggunaan Geotekstil Pada Jalan Kereta Api
(Sumber : Geosintetik-Indonesia.com)

Geotekstil Woven (anyaman) adalah jenis *Geotextile* yang teranyam. Bahan dasar pembuatannya biasanya Polypropilene (PP). Untuk mempermudah visualisasi, *Geotextile Woven* ini mirip dengan karung beras (bukan yang dari bahan goni) tetapi berwarna hitam. Fungsi *Geotextile Woven* adalah sebagai bahan stabilisasi tanah dasar (terutama tanah dasar lunak), karena Geotextile jenis ini mempunyai *Tensile Strength* (kuat tarik) yang lebih tinggi dibandingkan dengan Geotextile Non Woven (sekitar 2 kali lipat untuk gramasi atau berat per m² yang sama). Cara kerja Geotextile Woven adalah *membrane effect*, yang hanya mengandalkan *tensil strength*, sehingga tidak mereduksi terjadinya penurunan setempat (*differensial settlement*) akibat tanah dasar yang lunak atau jelek. Beberapa merk Geotextile Woven lokal yang biasa digunakan di proyek infrastruktur adalah : Multitex (seri M), HaTe Reinfox (seri HRX), G-TeX, GKTex.



Gambar 10. Penerapan Geotekstil *Woven* (anyaman)
(Sumber : Geosintetik-Indonesia.com)

3.3. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian dan pembahasan yang telah dilakukan, tanah yang berasal dari jalur kereta api ganda Giham-Martapura di stasiun Way Pisang STA 188+300 – STA 188+600 yang berada di Provinsi Sumatera Selatan memperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut :

- a. Pada korelasi nilai uji CBR lapangan dan uji CBR laboratorium memiliki nilai 4,9 %. Hal ini dapat disebabkan karena kondisi tanah yang tidak seragam, perbedaan ketelitian alat laboratorium dengan alat yang digunakan di lapangan, dan perbedaan bentuk karakter penetrasi pada pengujian CBR.
- b. Nilai CBR dari pengujian dilapangan dan laboratorium tidak memenuhi syarat menurut PM No. 60 Tahun 2012, sehingga dibutuhkan perbaikan tanah dasar pada lokasi penelitian ini di STA 188+300 – STA 188+600.
- c. Berdasarkan hasil uji batas *Atterberg* tanah tidak terganggu (*undisturbed soil sample*) mendapatkan nilai $PI < LL-30$ ($26.51\% < 27,95\%$), untuk tanah terganggu (*disturbed soil sample*) memperoleh nilai $PI < LL-30$ ($22.55\% < 24,77\%$) maka tanah tersebut berdasarkan sistem AASHTO diklasifikasikan ke dalam A-7-5 yaitu tanah berlempung dan sebagai bahan tanah dasar (*subgrade*) memiliki penilaian biasa sampai jelek.
- d. Berdasarkan hasil perhitungan maka kedalaman kupasan (galian) untuk perbaikan tanah dasar di STA 188+300 – STA 188+600 adalah sedalam 1,7 m, namun setelah menggunakan perkuatan tambahan dengan material geogrid dengan spesifikasi kekuatan 19 Kpa/m² kedalaman kupasan (galian) untuk perbaikan tanah dasar menjadi 0,5 m. Sehingga terdapat efisiensi galian sebesar 70,5%.

DAFTAR PUSTAKA

- Craig, R.F. 1989. *Mekanika Tanah*. Erlangga. Jakarta.
- Das, Braja M. 1995. *Mekanika Tanah (Prinsip-Prinsip Rekayasa Geoteknis)*. Erlangga. Surabaya.
- Hardiyatmo, H.C (a). 2002. *Mekanika Tanah I*. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.
- Smith, M.J. 1984. *Mekanika Tanah*. Erlangga. Jakarta.
- Soedarmo, G. Djatmiko dan Purnomo, S.J. Edy. 1993. *Mekanika Tanah I*. Kanisius. Malang.
- Isparmo, 2010, *Geotextile Non Woven, Definisi dan Fungsi*, Geotextile Center, Jakarta
- Kementerian Perhubungan Republik Indonesia, 2012. *Peraturan Menteri Perhubungan Nomor 60 Tahun 2012 tentang Persyaratan Teknis Jalur Kereta Api*. Jakarta: Kementerian Perhubungan Republik Indonesia.
- Sukirman, Silvia, Edisi 1993. *Perkerasan Lentur Jalan Raya*. Bandung : Nova. Nova, Bandung