

Artikel

Analisis Perkuatan Tanah Dasar di Jalan Tol Indralaya - Bengkulu Menggunakan Metode Geotextile Woven

Cindy Andary¹ dan Fatin Adriati^{1,*}

¹Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer, Universitas Bakrie, Jl. H. R. Rasuna Said, Kuningan, DKI Jakarta, 12940, Indonesia

* Korespondensi: fatin.adriati@bakrie.ac.id

Abstrak

Jalan Tol adalah salah satu akses transportasi darat yang saat ini semakin berkembang di Indonesia. Dalam kondisi tertentu, tanah dasar yang digunakan sebagai pondasi jalan tol dapat mengalami kelemahan struktural yang mengakibatkan kerusakan pada jalan. Oleh karena itu, diperlukan metode perkuatan yang efektif untuk meningkatkan daya dukung tanah dasar dan menurunkan deformasi tanah dasar. Penelitian ini bertujuan untuk melakukan analisis perkuatan tanah dasar di Jalan Tol Indralaya - Bengkulu dengan menggunakan metode geotextile woven. Metode ini melibatkan pemasangan geotextile woven yang ditempatkan di atas lapisan tanah dasar untuk meningkatkan daya dukung tanah dan menurunkan deformasi tanah. Hasil dari analisis berupa Daya Dukung yang terjadi sebelum dan sesudah dilakukan perbaikan tanah dasar menggunakan Geotextile Woven dan Penurunan Tanah yang terjadi sebelum dan sesudah dilakukan perbaikan tanah dasar menggunakan Geotextile Woven. Daya Dukung yang diperoleh untuk model pertama adalah sebesar 14 kN/m² dengan kondisi tanpa perkuatan dan sebesar 21 kN/m² dengan kondisi dengan perkuatan geotextile woven. Untuk model kedua, sebesar 25 kN/m² dengan kondisi tanpa perkuatan dan 33 kN/m² kondisi dengan perkuatan geotextile woven. Selanjutnya, diperoleh hasil analisis penurunan tanah dasar dimana untuk model pertama diperoleh sebesar -22,84 cm untuk kondisi tanpa perkuatan dan -10,86 cm untuk kondisi dengan perkuatan geotextile woven. Serta untuk model kedua, sebesar -9,64 cm kondisi tanpa perkuatan dan -8,29 kondisi dengan perkuatan geotextile woven.

Kata Kunci: Jalan Tol, Geotextile Woven, Kapasitas Daya Dukung Tanah Dasar, Penurunan Tanah Dasar, Metode Elemen Hingga.

1 Pendahuluan

Jalan Tol adalah salah satu akses transportasi darat yang saat ini semakin berkembang di Indonesia. Jalan tol, seperti jalan pada umumnya, berperan penting dalam bidang ekonomi, politik, sosial, budaya, komersial, dan bidang lainnya. Dalam rangka mendorong pengembangan kawasan di Pulau Sumatera dan untuk mendukung pertumbuhan perekonomian nasional, Pemerintah saat ini sedang melakukan pembangunan jalan tol di Sumatera. Jalan tol ini direncanakan akan menghubungkan wilayah Lampung dengan Aceh melalui 24 ruas jalan berbeda yang panjang keseluruhannya mencapai 2.704 km. Salah satu ruas jalan tersebut adalah jalan tol Indralaya - Bengkulu (Sumatra Selatan - Bengkulu). Dalam perencanaannya, panjang jalan tol Indralaya - Bengkulu (Sumatra Selatan - Bengkulu) mencapai 308 km yang dibagi menjadi 3 bagian. Bagian pertama adalah Simpang Indralaya - Muara Enim dengan panjang 88 km, bagian kedua adalah Muara Enim - Lubuk Linggau dengan panjang 125 km, dan bagian yang ketiga adalah Lubuk Linggau - Bengkulu dengan panjang 95 km.

Dalam suatu Struktur Jalan, tanah merupakan suatu hal yang sangat penting mengingat semua jalan tertumpu kepada tanah. Untuk mengetahui kondisi tanah dan jenis lapisan tanah sebelum dilakukan pembangunan Tol Indralaya - Bengkulu

(Sumatra Selatan - Bengkulu) maka dilakukan penyelidikan tanah yang mencakup penyelidikan baik di lapangan dan di laboratorium. Berdasarkan penyelidikan tanah yang telah dilakukan, diketahui bahwa secara dominan kondisi tanah Tol Indralaya - Bengkulu (Sumatra Selatan - Bengkulu) adalah tanah lempung kelanauan dengan sedikit kandungan pasir dengan nilai Standard Penetration Test adalah sekitar 4. Menurut Terzaghi (1967) apabila tanah memiliki nilai Standard Penetration Test lebih kecil dari 4 diklasifikasikan sebagai tanah lunak.

Tanah lunak adalah tanah dengan kualitas buruk. Hal ini dikarenakan tanah lunak memiliki kompresibilitas yang sangat tinggi. Salah satu faktor yang menyebabkan kompresibilitas tinggi pada tanah lunak adalah jenis tanah ini memiliki porositas yang tinggi. Kandungan air yang tinggi berarti tanah lunak hanya memiliki daya dukung yang sangat rendah dan menyebabkan masalah penurunan besar selama dan setelah konstruksi. Kadar air tanah lunak bervariasi dengan meningkatnya plastisitas dan struktur tanah. Pada kondisi tersebut, terjadi deformasi tanah berupa subsidence yang dapat menyebabkan kerusakan pada struktur di atasnya. Ketika tanah dibebani, tegangan geser terjadi. Ketika tegangan geser mencapai batasnya, massa tanah mengalami deformasi dan cenderung runtuh. Keruntuhan tersebut dapat menyebabkan terjadinya pergerakan/pergeseran timbunan tanah. Dari penjelasan di atas

maka dapat diketahui bahwa permasalahan yang dimiliki dalam proyek pembangunan Tol Indralaya - Bengkulu (Sumatra Selatan - Bengkulu) adalah mempunyai kondisi tanah yang lunak. Sehingga, untuk dapat dilakukannya pembangunan jalan tol tersebut diperlukan perbaikan pada tanahnya.

Untuk dapat dilakukannya pembangunan jalan tol maka perlu dilakukan perbaikan pada tanah dasar. Salah satu metode yang dipakai untuk perbaikan tanah lunak adalah Geotextile. Geotextile adalah bahan polimer yang lolos air, dapat berupa tenunan dan rajutan, yang digunakan dalam pekerjaan geoteknik dan teknik sipil lainnya. Geotextile dibagi menjadi 2 (dua) jenis yaitu Geotextile Woven dan Geotextile Non-Woven. Geotextile Woven adalah bahan material yang berbentuk lembaran yang terbuat dari buatan polimer, permeabel air, rajutan atau lembaran anyaman yang digunakan untuk kontak dengan tanah. Geotextile Woven dapat digunakan sebagai Separator untuk memperkuat tanah dasar menahan beban timbunan. Geotextile Woven berfungsi untuk menambah kekuatan daya dukung dan mencegah penurunan yang tidak merata. Nugraha, dkk. (2019) mendapatkan kesimpulan dari penelitian yang telah dilakukannya yaitu, penggunaan Geotextile Woven dapat meningkatkan daya dukung tanah pada lokasi pelebaran jalan yang direncanakan, setelah penggunaan Geotextile masih terjadi penurunan, namun penurunan yang dihasilkan lebih kecil dibandingkan tanpa penggunaan Geotextile.

Berdasarkan penjelasan di atas maka salah satu cara alternatif untuk mengatasi permasalahan tanah lunak pada proyek jalan Tol Indralaya - Bengkulu (Sumatra Selatan - Bengkulu) adalah menggunakan Geotextile Woven pada tanah dasar jalan tersebut. Sehingga pada tugas akhir ini akan membahas perbaikan tanah dasar dengan menggunakan metode Geotextile Woven pada jalan Tol Indralaya - Bengkulu (Sumatra Selatan - Bengkulu).

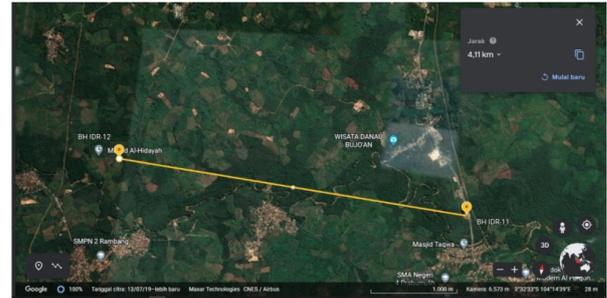
2 Metode

2.1 Lokasi Penelitian

Penelitian ini berlokasi di proyek Jalan Tol Indralaya-Bengkulu (SumateraBengkulu). Dalam perencanaannya, panjang Tol Indralaya - Bengkulu (Sumatra Selatan - Bengkulu) mencapai 308 km. Jalan tol ini mempunyai lebar jalan ± 21 meter yang terdiri dari lebar dua jalur jalan untuk dua arah kendaraan dengan besaran masing - masing sebesar 9,2 meter, mempunyai lebar bahu jalan 2,5 meter dan lebar median selebar 2,25 meter. Terdapat 52 titik koordinat untuk penyelidikan tanah pada perencanaan Jalan Tol Indralaya-Bengkulu (Sumatera-Bengkulu). Pada tugas akhir ini difokuskan pada 2 titik koordinat yang berlokasi antara desa Talang Batu (BH IDR-11) dan desa Jungai (BH IDR-12), mempunyai jarak sekitar 4,11 km yang bisa dilihat pada Gambar 1.

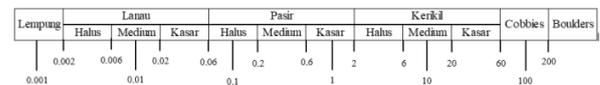
2.2 Karakteristik Tanah Lunak

Tanah adalah bahan yang terdiri dari agregat (butiran) mineral - mineral padat yang tidak kohesif (berikat kimia) dan bahan organik yang lapuk (berpartikel padat) beserta zat air



Gambar 1. Denah Lokasi

dan gas yang mengisi ruang-ruang kosong diantara partikel-partikel padat tersebut (Das, 1995). Ukuran partikel tanah sangat bervariasi, yaitu antara pada ukuran lebih besar dari 100 mm dan lebih kecil dari dari 0,001 mm. Pada **Gambar 2** menunjukkan kisaran ukuran partikel tanah berdasarkan British Standard. Pada gambar, istilah lempung, lanau dan lain-lain digunakan untuk menggambarkan ukuran partikel pada batas tertentu. Namun, istilah serupa juga digunakan untuk menggambarkan tanah penting lainnya. Misalnya; lempung adalah salah satu tanah yang lebih kohesif dan plastisitas dan ukuran partikelnya termasuk dalam kisaran ukuran 'lempung - lanau', lihat gambar dibawah. Jika kandungan lanau cukup besar, maka tanah tersebut dapat disebut sebagai lempung-lanau (Silty Clay). (R.F. Craig,1991).



Gambar 2. Rentang ukuran partikel, British Standard

Biasanya, tanah terdiri dari campuran beragam ukuran dan seringkali memiliki lebih dari dua ukuran yang berbeda. Namun, partikel yang seukuran dengan tanah lempung tidak selalu merupakan mineral lempung. Partikel-partikel yang paling halus dalam tanah dapat berukuran seperti partikel lempung. Jika ada mineral lempung dalam tanah, umumnya akan mempengaruhi sifat-sifat tanah, meskipun proporsinya tidak begitu besar.

Secara umum, tanah dianggap kohesif jika partikel-partikelnya saling menempel setelah dibasahi dan dikeringkan, dan diperlukan gaya yang cukup besar untuk menekan tanah tersebut. Ini tidak termasuk tanah di mana partikel-partikelnya saling menempel ketika dibasahi karena tegangan permukaan. Tanah yang mengandung berbagai ukuran kerikil dan pasir dikenal sebagai tanah berbutir kasar. Sebaliknya, jika tanah terutama terdiri dari partikel lempung dan lanau, maka disebut sebagai tanah berbutir halus.

Berdasarkan uji lapangan, tanah yang lunak dapat dengan mudah diremas dengan jari. Das (1995) menyatakan bahwa hasil uji lapangan dan laboratorium akan menunjukkan bahwa tanah tersebut lunak jika memiliki koefisien permeabilitas (k) yang sangat rendah, kurang dari atau sama dengan 0,0000001 cm/s, batas cair (LL) lebih besar atau sama dengan 50%, angka

pori E antara 2,5 hingga 3,2, kadar air jenuh antara 90% hingga 120%, dan berat spesifik (Gs) berkisar antara 2,6 hingga 2,9.

Plastisitas indeks (PI) adalah kisaran kadar air di mana tanah tetap plastis. Indeks plastisitas menunjukkan sifat plastisitas tanah. Jika tanah memiliki nilai PI yang tinggi, maka tanah tersebut banyak mengandung butiran lempung. Jika tanah mempunyai nilai PI yang rendah, seperti lanau, sedikit pengurangan kadar air maka akan menyebabkan tanah menjadi kering. Batas indeks plastisitas, sifat dan jenis tanah ditunjukkan pada **Tabel 1** berikut.

Tabel 1: Parameter Bored Pile

PI	Jenis Tanah	Plastisitas	Kohesi
0	Pasir	Non Plastis	Non Kohesif
<7	Lanau	Rendah	Agak kohesif
7-17	Lempung berlanau	Sedang	Kohesif
>17	Lempung	Tinggi	Kohesif

2.3 Daya Dukung Tanah

Lapisan tanah dasar atau subgrade adalah lapisan bawah tanah yang berfungsi sebagai tempat meletakkan lapisan perkerasan dan mendukung konstruksi perkerasan jalan di atasnya. Lapisan tanah dasar itu sering menghadapi beberapa masalah, seperti kemampuan daya dukung tanah dasar yang tidak merata di masing - masing daerah dan penurunan yang berbeda karena lapisan tanah lunak di bawah tanah dasar. Oleh karena itu, salah satu cara untuk mencegah masalah ini adalah menggunakan metode geotekstil. Penggunaan metode geotextile ini bertujuan sebagai bahan perkuatan untuk mencegah tercampurnya tanah timbunan dengan tanah dasar serta meningkatkan daya dukung terhadap timbunan dan beban lalu lintas.

Daya dukung tanah adalah kemampuan tanah untuk menahan tekanan atau tekanan maksimum yang diberikan pada tanah fondasi (σ). Daya dukung tanah adalah bagian dari struktur yang mentransfer beban langsung ke lapisan tanah di bawahnya. Daya dukung tanah juga dapat dijelaskan menggunakan persamaan berikut.

$$\sigma = \frac{P}{A} \tag{1}$$

Daya dukung ultimit (σ_{ult}) adalah kemampuan tanah untuk menahan tekanan pada batas keruntuhan atau dapat didefinisikan sebagai tekanan terkecil yang dapat menyebabkan keruntuhan geser pada tanah pendukung tepat di bawah dan di sekitar pondasi.

$$\sigma_{ult} = \sigma \times SF \tag{2}$$

Daya dukung tanah ultimit dipengaruhi oleh nilai parameter tanah (ϕ, c, γ), kedalaman pondasi (Df), ukuran dan bentuk pondasi, sifat tanah terhadap penurunan dan kedalaman muka air tanah. Berdasarkan pernyataan ini, Terzaghi menulis persamaan daya dukung ultimit sebagai berikut.

$$\sigma_{ult} = cN_c + qN_q + 0,5B\gamma N_\gamma \tag{3}$$

2.4 Penurunan Tanah

Penurunan tanah terjadi saat tanah dikenai beban. Penurunan tersebut terjadi karena perubahan komposisi tanah dan pengurangan rongga pori atau air di dalamnya. Pengurangan rongga pori atau air tersebut disebabkan oleh pembebanan tanah, yang mendorong tanah ke bawah dan mengisi rongga pori dengan tanah. Penurunan akibat beban terdiri dari penurunan segera dan penurunan konsolidasi yang totalnya.

Ketika tanah berbutir halus atau kasar yang kering atau tidak jenuh dibebani, terjadi penurunan segera yang merupakan penurunan elastis. Penurunan konsolidasi terjadi di bawah muka air tanah pada tanah berbutir halus. Penurunan akibat pembebanan tanah membutuhkan waktu. Tingkat penurunan tanah sangat bergantung pada kondisi lapisan tanah. Oleh karena itu, pemahaman yang akurat diperlukan untuk memprediksi risiko penurunan tanah tersebut.

2.5 Perbaikan Tanah Dengan Geotextil

Geotextile adalah bahan geosintetik yang terlihat seperti bahan tekstil. Pencipta pertama nama Geotextile adalah Jean Pierre Giroud pada Konferensi Internasional Geosintetik ke-1 tahun 1977. Geotextile merupakan bahan geosintetik yang paling banyak digunakan oleh manusia. Bentuknya mirip dengan tekstil pada umumnya, namun terbuat dari serat sintesis, sehingga selain kelenturan, tidak ada masalah penyusutan seperti pada bahan yang terbuat dari serat alami seperti wol, katun, atau sutera. Definisi yang diberikan ASTM menyatakan bahwa Geotextile adalah bahan yang menyerap air baik di atas permukaan maupun yang menembus ke dalam bahan. Geotextile bertindak sebagai lapisan pemisah, lapisan filter dan drainase. Perkuatan tanah (reinforcement) dan lapisan pelindung (moisture barrier) bila terselimuti oleh bitumen.

Geotextile woven adalah salah satu jenis geosintetik yang diproduksi dari serat polypropylene berbentuk pita dan kemudian dianyam membentuk lembaran. Secara fisik, bentuk geotextile woven menyerupai anyaman karpet yang berwarna hitam, fleksibel dan kuat. Geotextile Woven juga berfungsi sebagai separator untuk mencegah bercampurnya tanah timbunan dan tanah dasar pada suatu proyek (biasanya proyek jalan), seperti yang dapat dilihat pada **Gambar 3**.

Geotextile Non Woven adalah jenis geosintetik yang diproduksi dari benang atau serat polyester atau polypropylene yang tersusun tidak beraturan (tidak teranyam) dan disatukan dengan teknologi canggih. Geotextile Non Woven dapat berfungsi sebagai penyaring yang mengalirkan air ke dalam tanah, tanpa membawa tanah timbunan (mencegah bercampurnya tanah timbunan dan tanah dasar). Geotextile Non Woven sering digunakan sebagai pembungkus pipa drainase. Hal ini digunakan untuk mencegah terjadinya tanah masuk ke pipa drainase, namun air tetap dapat dialirkan, seperti yang dapat dilihat pada **Gambar 4**.

2.6 Metode Elemen Hingga

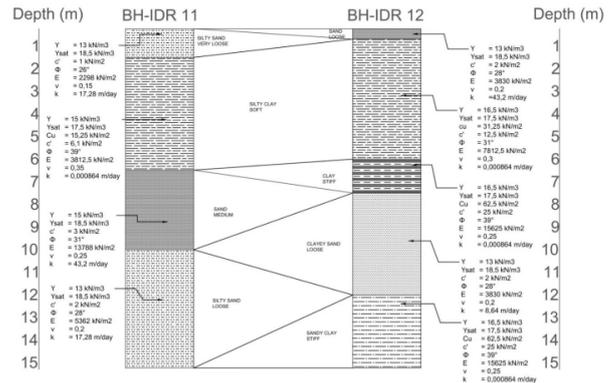
Metode elemen hingga, yang dapat digunakan untuk menganalisis berbagai bentuk geometris, memudahkan perhitungan finite element dengan sangat cepat. Penyajian dalam bentuk grafis membuat pengguna lebih terbiasa dalam melakukan



Gambar 3. Geotextile Woven



Gambar 4. Geotextile Non-Woven



Gambar 5. SStratifikasi Tanah BH IDR-11 dan BH IDR-12

Tabel 2: Parameter Bored Pile

Compacted fill material		
Model	MC	-
Type	Drained	-
γ_{sat}	19.75	kN/m ³
γ_{unsat}	16.75	kN/m ³
kx	0.0000264	m/day
ky	0.0000264	m/day
E	2500	kN/m ²
v	0.35	-
c	25	kN/m ²
ϕ	8.42	°
ψ	0	°

perhitungan. Input yang disediakan dalam metode elemen hingga berisi semua yang diperlukan dalam perhitungan manual, seperti: dimensi, material (material model, material type, general properties, permeability, stiffness/kekakuan, kekuatan). Pada saat menghitung model, metode elemen hingga memberikan representasi grafis yang memudahkan para pengguna untuk melakukan perhitungan langkah demi langkah dan output yang menarik sehingga dengan mudah langsung diaplikasikan untuk suatu presentasi.

Material type gogrid dalam metode elemen hingga terdapat dua pilihan yang terdiri dari elastic dan elastoplastic dan menggunakan properties elastic axial stiffness (EA). Menurut Brinkgreve (2007), nilai elastic axial Stiffness dapat diperoleh dengan persamaan berikut.

$$EA = \frac{F}{\frac{\Delta l}{l}} \tag{4}$$

2.7 Data Tanah

Pada penelitian ini menggunakan data tanah dasar yang telah dikorelasi yang bisa dilihat pada Gambar 5. Parameter tanah untuk timbunan menggunakan asumsi berdasarkan dari reference Satria (2019) bisa dilihat pada Tabel 2 berikut.

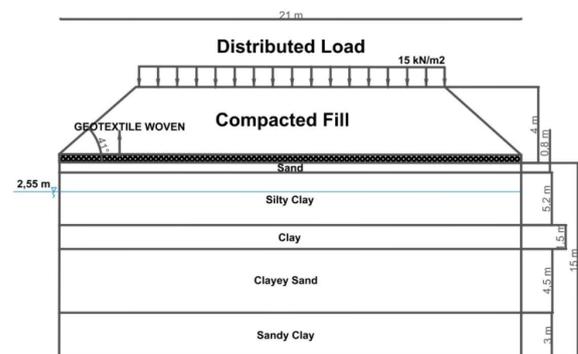
2.8 Data Beban Lalu Lintas

Penelitian ini menggunakan beban lalu lintas yang berfungsi jalan primer sebesar 15 dalam satuan kN/m² yang akan digunakan sebagai input untuk metode elemen hingga. Dapat dilihat

pada tabel 3.3 berikut data beban lalu lintas yang diambil dari panduan Geoteknik 4 no.4 Pt T-10-2002 tahun 2002.

2.9 Analisis Data

Pemodelan dengan metode elemen hingga dibuat dalam 2 (dua) jenis susunan lapisan tanah yang berbeda, masing - masing tidak menggunakan geotextile woven dan menggunakan geotextile woven. Untuk gambar Pemodelan pertama menggunakan data tanah bor-log 11 dan untuk pemodelan kedua menggunakan data tanah bor-log 12. Berikut masing - masing pemodelan bisa dilihat pada Gambar 6.



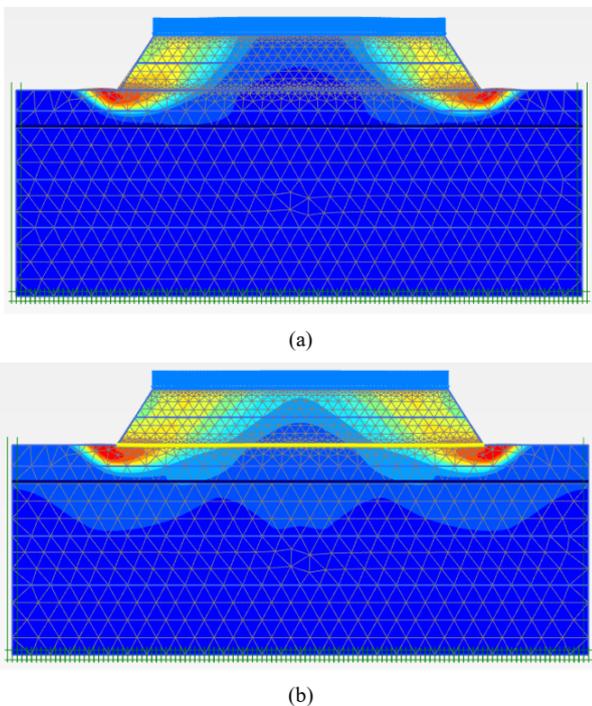
Gambar 6. Model kedua sesudah menggunakan Geotextile Woven

Pada analisis ini menggunakan material geotextile woven diasumsikan sebagai material Elastic dan properties Elastic Axial Stiffness (EA) sebesar 392,86 kN/m. Dalam proses perhitungan, Calculation Type yang digunakan yaitu Plastic sebagai analisis perhitungan permasalahan Geoteknik umum dan phi/c reduction untuk analisis angka keamanan. Setelah proses analisis menggunakan metode elemen hingga selesai maka didapatkan output. Output yang akan ditinjau berupa distribusi tegangan tanah, total deformasi dan arah deformasi tanah, pore pressure active, angka keamanan, dan axial force pada geotextile woven. Kemudian hasil tersebut akan dibandingkan untuk melihat perbedaan saat sebelum dan sesudah menggunakan Geotextile woven pada tanah dasar.

3 Hasil dan Pembahasan

3.1 Analisis Distribusi Tegangan dan Angka Keamanan

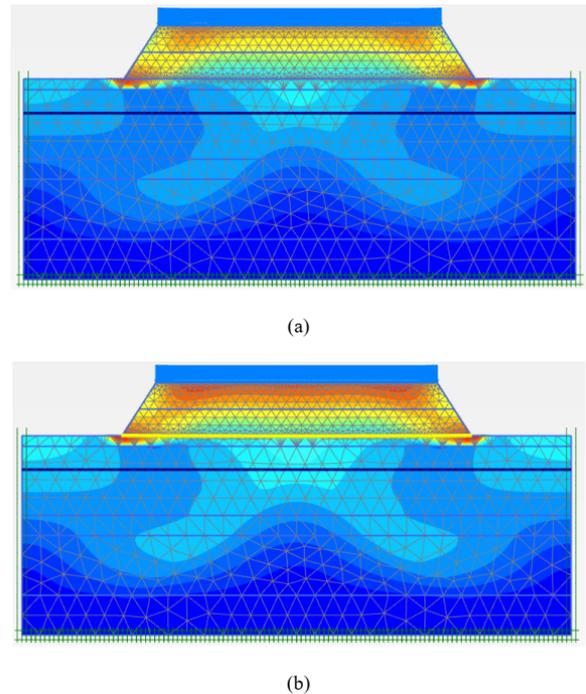
Hasil analisis dari pemodelan pertama untuk distribusi tegangan dapat dilihat pada **Gambar 7**. Pada gambar (a) menunjukkan terjadi penyebaran tegangan di sekitar sisi kanan dan kiri timbunan pada saat kondisi tanah tanpa perkuatan, sedangkan pada gambar (b) dapat diketahui bahwa distribusi tegangan penyebarannya lebih merata di sekitar timbunan pada saat kondisi dengan perkuatan geotextile woven. Pada gambar (a) dan (b) dapat dilihat terdapat bidang gelincir dimana jika terdapat beban di atasnya dan dibawahnya tanah yang keras maka akan mengakibatkan potensi kelongsoran.



Gambar 7. Distribusi Tegangan Model Pertama (a) Kondisi tanpa Perkuatan (b) Kondisi dengan Perkuatan Geotextile Woven

Selanjutnya, hasil distribusi tegangan untuk model kedua dapat dilihat pada **Gambar 8**. Pada gambar (a) dan (b) penye-

baran distribusi tegangan lebih merata di seluruh tanah timbunan. Hal ini disebabkan karena adanya beban merata dan tekanan tanah timbunan yang ada di atasnya. Jika dibandingkan model pertama dengan model kedua terdapat perbedaan penyebaran distribusi tegangan yang sangat jelas, hal ini bisa disebabkan karena pada model pertama konsistensi tanah dasarnya sangat lepas dan pada model kedua konsistensi tanah dasarnya lepas. Sehingga, dapat diketahui bahwa konsistensi tanah lepas dapat membantu penyebaran distribusi tegangan lebih merata dari pada konsistensi tanah sangat lepas.



Gambar 8. Distribusi Tegangan Model Kedua (a) Kondisi tanpa Perkuatan (b) Kondisi dengan Perkuatan Geotextile Woven

Selanjutnya, juga dilakukan analisis angka keamanan (Safety Factor) dilakukan dengan membandingkan hasil nilai safety factor dari metode elemen hingga dengan nilai safety factor yang disarankan oleh Departemen Pekerjaan Umum (2009) yaitu sebesar 1,5. Untuk hasil analisis safety factor dengan metode elemen hingga bisa dilihat pada **Tabel 3** berikut. Perbedaan kenaikan nilai SF pada model pertama dan kedua bisa terjadi akibat perbedaan konsistensi tanah dasar pada masing-masing model. Dimana model pertama konsistensi tanahnya sangat lepas dan model kedua konsistensi tanahnya lepas. Dari model pertama dan kedua dapat disimpulkan bahwa geotextile woven mampu menaikkan nilai SF pada kedua model tersebut dan lebih efisien pada tanah dengan konsistensi lepas.

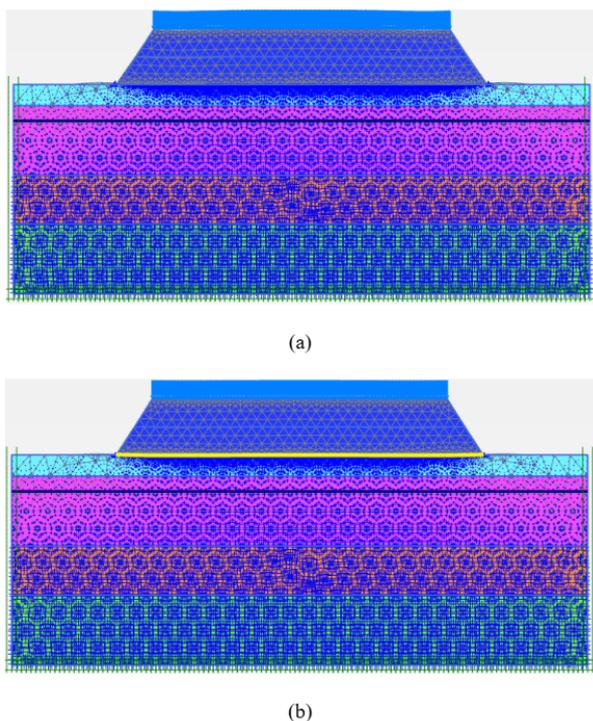
3.2 Analisis Pore Pressures Active

hasil dari Pore Pressures Active dimana pada model pertama dan kedua kondisi tanah dasarnya undrained. Untuk hasil Pore Pressure Water pada pemodelan pertama bisa dilihat pada **Gambar 9**. Dapat dilihat nilai pore pressures active

Tabel 3: Hasil Analisis Safety Factor

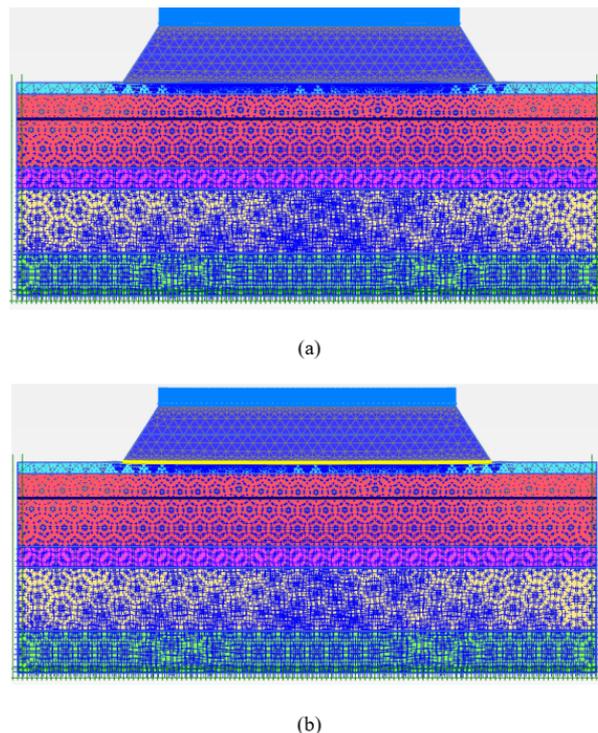
Pemodelan	Safety Factor tanpa Perkuatan	Safety Factor dengan Geotextile Woven
1	0,923	1,331
2	1,099	1,706

pada model pertama didapatkan sebesar 69,55 kN/m² kondisi tanpa perkuatan dan 94,06 kN/m² dengan perkuatan geotextile woven. Sedangkan, untuk model kedua bisa dilihat pada **Gambar 10**.



Gambar 9. Pore Pressures Active Model Pertama, (a) Kondisi tanpa Perkuatan, (b) Kondisi dengan Perkuatan Geotextile Woven

Hasil Pore Pressures Active pada pemodelan kedua didapatkan sebesar 47,85 kN/m² untuk kondisi tanpa perkuatan dan 40,65 kN/m² untuk kondisi dengan perkuatan geotextile woven. Terdapat penurunan pore pressure active pada model kedua pada kondisi setelah menggunakan perkuatan geotextile woven, hal ini bisa disebabkan karena terdapat komposisi tanah keras pada lapisan tanah dari kedalaman -6 m sampai -7,5 m dan kedalaman -12 m sampai -15 m. Sehingga, rongga pori yang ada tidak begitu banyak dan pada saat digunakan perkuatan geotextile woven rongga pori semakin kecil dan membuat pore pressure active terjadi penurunan. Pada saat model pertama dan kedua tidak menggunakan perkuatan geotextile woven dapat diketahui bawah adanya rapatan jarak antar butiran tanah dasar sehingga menyebabkan deformasi tanah semakin besar. Sedangkan, saat menggunakan geotextile woven rapatan jarak antar butiran semakin kecil sehingga membuat deformasi tanah menjadi kecil. Dapat dilihat juga, pada pemodelan pertama terdapat kenaikan yang cukup besar pada pore pressure active pada saat digunakan geotextile woven, sedangkan pada



Gambar 10. Pore Pressures Active Model Kedua, (a) Kondisi tanpa Perkuatan, (b) Kondisi dengan Perkuatan Geotextile Woven

pemodelan kedua terjadi penurunan pore pressures active. Hal ini bisa disebabkan karena adanya perbedaan komposisi lapisan tanah yang ada di model pertama dan kedua yang bisa dilihat pada Tabel 3.1. Dari penjelasan diatas dapat diketahui bahwa geotextile woven dapat menaikkan nilai pore pressures active pada pemodelan pertama dimana menggunakan data tanah BH-IDR 11.

3.3 Analisis Penurunan Tanah Dasar dan Arah Deformasi Tanah

Untuk mendapatkan penurunan tanah dasar yang akurat maka digunakan penurunan ijin maksimal 20 cm seperti yang disarankan dalam Peraturan menteri perhubungan no 60 tahun 2012 dan beban yang digunakan dalam analisis penurunan tanah dasar ini adalah sebesar 15 kN/m² sesuai dengan panduan Geoteknik 4 no.4 Pt T-10-2002 tahun 2002. Hasil analisis penurunan tanah dasar ini dapat dilihat pada **Tabel 4** berikut.

Tabel 4: Hasil Perhitungan Penurunan Tanah Dasar

Pemodelan	Penurunan tanpa perkuatan (cm)	Penurunan dengan perkuatan (cm)
1	-22,84	-10,86
2	-9,64	-8,29

Dapat dilihat pada pemodelan pertama didapatkan total deformasi sebesar -22,84 cm untuk kondisi tanpa perkuatan dimana bisa dikatakan keadaan tanah tersebut sangat kritis karena penurunan \geq 20 cm dan -10,86 cm untuk kondisi dengan perkuatan geotextile woven dimana keadaan tanah menjadi aman

karena penurunan ; 20 cm. Sedangkan untuk pemodelan kedua didapatkan total deformasi sebesar -9,64 cm kondisi tanpa perkuatan dan -8,29 kondisi dengan perkuatan geotextile woven, pada model kedua keadaan tanah tetap aman disaat kondisi tanpa perkuatan atau dengan perkuatan dikarenakan penurunan ; 20 cm. Dapat ditinjau pada pemodelan pertama terjadi penurunan deformasi tanah yang sangat tinggi pada saat menggunakan geotextile woven, sedangkan pada pemodelan kedua terjadi penurunan deformasi tanah yang cukup rendah pada saat menggunakan geotextile woven. Perbedaan hal ini dapat terjadi dikarenakan adanya perbedaan kondisi tanah pada model pertama dan kedua. Dimana pada model pertama tanahnya lebih pasir berlanau dengan konsistensi sangat lepas, sedangkan untuk model kedua tanahnya pasir dengan konsistensi lepas. Dari analisis ini dapat diketahui bahwa geotextile woven dapat membantu menurunkan deformasi pada tanah pasir berlanau dengan konsistensi sangat lepas.

Selanjutnya, juga terdapat hasil arah deformasi tanah yang dapat ditunjukkan pada **Gambar 11-12** berikut. Arah deformasi tanah pada gambar 4.5 (a) dan (b) di atas terjadi pada tanah timbunan, dimana arah deformasi tanah tersebut lebih dominan ke bawah dikarenakan adanya beban lalu lintas di atasnya sehingga menyebabkan penurunan. Selanjutnya, dikarenakan adanya beban lalu lintas dan tanah timbunan terdapat tekanan yang besar di tanah dasar sehingga tekanan tersebut tertahan dikarenakan terdapat lapisan tanah keras yang menyebabkan tanah menyumbul dan bidang longsor akan mencapai permukaan.

Hasil analisis arah distribusi tegangan untuk model kedua dapat dilihat pada gambar 4.6. Dapat ditunjukkan pada gambar (a) dan (b) pada bagian tanah timbunan, arah deformasi tanah lebih dominan kebawah dikarenakan adanya beban lalu lintas yang ditanggung di atasnya. Selanjutnya, dikarenakan adanya beban lalu lintas dan tanah timbunan terdapat tekanan yang besar di tanah dasar sehingga tekanan tersebut tertahan dikarenakan terdapat lapisan tanah keras yang menyebabkan tanah menyumbul dan bidang longsor akan mencapai permukaan. Pada model pertama dan model kedua tidak terdapat perbedaan pada arah deformasi tanah bisa terjadi dikarenakan menggunakan jenis tanah timbunan yang sama dan beban lalu lintas yang sama.

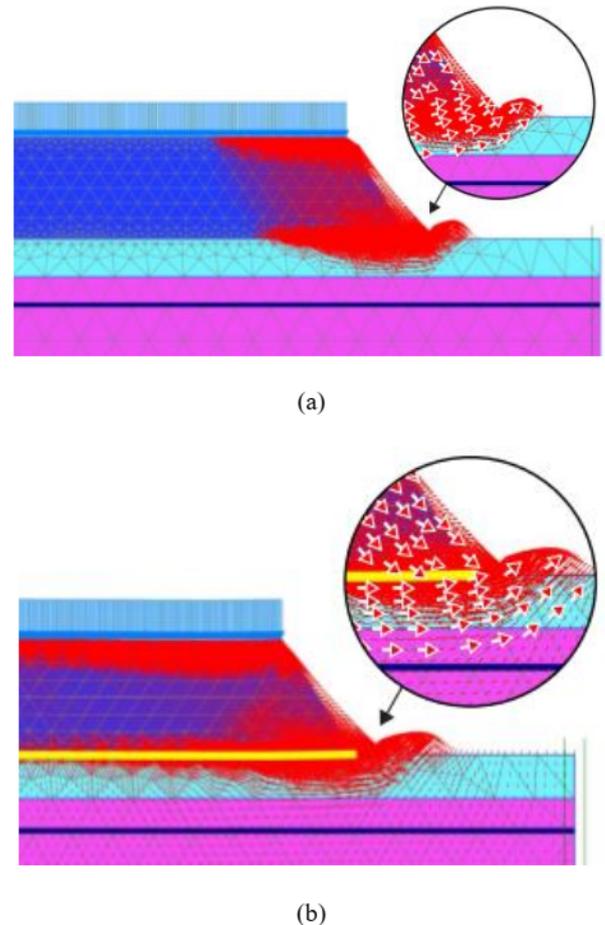
3.4 Analisis Daya Dukung Tanah Dasar

Analisis daya dukung tanah dasar ini dilakukan dengan menggunakan beberapa variasi beban, berikut adalah hasil dari perhitungan daya dukung dasar yang bisa dilihat pada **Tabel 5**.

Dari analisis diatas, dapat diketahui bahwa penggunaan geotextile woven dapat membantu menaikkan daya dukung pada model pertama maupun model kedua. Hal ini dapat terjadi karena pada model pertama dan kedua menggunakan jenis tanah timbunan yang sama dan beban lalu lintas yang sama. Serta, konsistensi tanah dasar yang tidak beda jauh dimana pada model pertama konsistensi tanahnya sangat lepas, sedangkan untuk model kedua konsistensi tanahnya lepas.

3.5 Analisis Gaya Pada Geotextile Woven

Pada analisis Gaya pada geotextile woven digunakan gaya tarik ijin sebesar 55 kN/m sebagai perbandingannya dengan



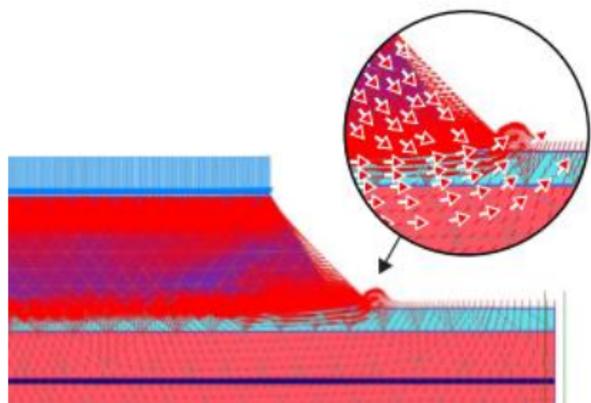
Gambar 11. Arah Deformasi Tanah Model Pertama, (a) Kondisi tanpa Perkuatan, (b) Kondisi dengan Perkuatan Geotextile Woven

hasil perhitungan model pertama dan model kedua dengan metode elemen hingga yang bisa dilihat pada **Gambar 13-14**.

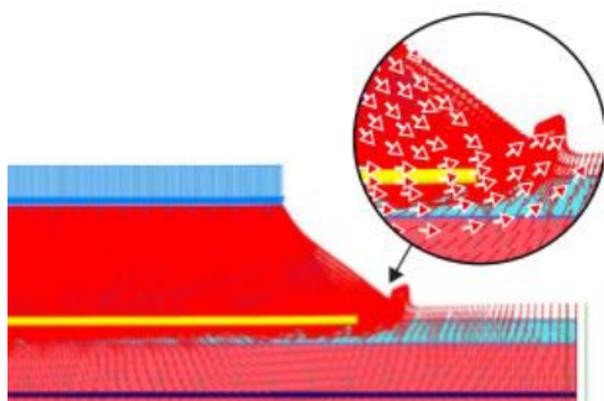
Pada model pertama hasil Axial Force yang didapatkan yaitu sebesar 10,5 kN/m, jika dibandingkan dengan kuat tarik ijin yang sudah ditentukan maka 10,5 kN/m ; 55 kN/m dimana dapat diketahui bahwa kuat tarik yang terjadi pada model pertama sangat kecil yaitu kurang lebih sebesar 20% dari pada kuat tarik yang diijinkan.

Pada model pertama hasil Axial Force yang didapatkan yaitu sebesar 10,5 kN/m, jika dibandingkan dengan kuat tarik ijin yang sudah ditentukan maka 10,5 kN/m ; 55 kN/m dimana dapat diketahui bahwa kuat tarik yang terjadi pada model pertama sangat kecil yaitu kurang lebih sebesar 20% dari pada kuat tarik yang diijinkan.

Jika dibandingkan axial force model pertama dan model kedua, maka lebih besar axial force yang terjadi pada model pertama. Perbedaan ini bisa terjadi karena adanya perbedaan jenis tanah dasar pada model pertama dan model kedua. Dimana jenis tanah dasar pada model pertama adalah tanah pasir berlanau dengan konsistensi sangat lepas dan untuk model kedua adalah tana pasir dengan konsistensi lepas.



(a)



(b)

Gambar 12. Arah Deformasi Tanah Model Kedua, (a) Kondisi tanpa Perkuatan, (b) Kondisi dengan Perkuatan Geotextile Woven

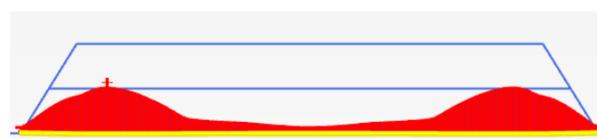
4 Kesimpulan

Berdasarkan Analisis Perkuatan Tanah Dasar di Jalan Tol Indralaya – Bengkulu menggunakan Metode Geotextile Woven didapatkan kesimpulan, yaitu sebagai berikut:

1. Analisis Daya Dukung Tanah Dasar tanpa perkuatan dengan menggunakan 2 jenis tanah yang berbeda dan untuk menghasilkan nilai daya dukung sebesar 14 kN/m² untuk model pertama dan 25 kN/m² untuk model kedua. Sedangkan, hasil analisis daya dukung dengan perkuatan geotextile woven adalah 21 kN/m² untuk model pertama dan 33 kN/m² untuk model kedua. Dari analisis ini dapat disimpulkan jika menggunakan geotextile woven mampu meningkatkan daya dukung tanah dasar.
2. Hasil Analisis Penurunan Tanah Dasar untuk model pertama didapatkan total deformasi sebesar -22,84 cm untuk kondisi tanpa perkuatan dimana bisa dikatakan keadaan tanah tersebut sangat kritis karena penurunan yang terjadi > 20 cm dari penurunan yang di ijinakan dan -10,86 cm untuk kondisi dengan perkuatan geotextile woven dimana keadaan tanah menjadi aman karena penurunan yang ter-

Tabel 5: Hasil Perhitungan Daya Dukung

Model 1		
Variasi Beban (kN/m ²)	Penurunan tanpa perkuatan (cm)	Penurunan dengan perkuatan (cm)
14	-19,22	-9,90
15	-22,84	-10,86
20	-45,5	-18,10
21	-50,3	-20,02
Model 2		
15	-9,64	-8,29
20	-12,27	-10,14
25	-19,04	-12,80
26	-23,12	-13,36
30	-47,74	-16,16
33	-68,51	-19,48
34	-75,31	-21,04



Gambar 13. Axial Force Geotextile Woven Model Pertama

jadi ; 20 cm dari penurunan yang diijinkan. Sedangkan untuk pemodelan kedua didapatkan total deformasi sebesar -9,64 cm kondisi tanpa perkuatan dan -8,29 kondisi dengan perkuatan geotextile woven, pada model kedua keadaan tanah tetap aman disaat kondisi tanpa perkuatan atau dengan perkuatan dikarenakan penurunan yang terjadi ; 20 cm dari penurunan yang diijinkan.

Daftar Pustaka

- [1] Prasetya, R.E., 2013. Analisa Daya Dukung Tanah Menggunakan Program Elemen Hingga yang Diberi Perkuatan Geotextile dan tanpa Perkuatan Geotextile. *Jurnal Teknik Sipil USU*, 1(2).
- [2] Prasetyo, I., Setiawan, B. and Dananjaya, R.H., 2017. Analisis stabilitas lereng bertingkat dengan perkuatan geotekstil menggunakan metode elemen hingga. *Matriks Teknik Sipil*, 5(3).
- [3] Haza, Z.F., 2017. ANALISIS NUMERIK PENGGUNAAN GEOTEKSTIL DI LAPISAN TANAH DASAR PADA PROYEK PEMBANGUNAN JALAN PONCOSARI-GREGES (KABUPATEN BANTUL, PROPINSI DI YOGYAKARTA). *Science Tech: Jurnal Ilmu Pengetahuan dan Teknologi*, 3(1), pp.67-74.
- [4] Knowledge Management dan Pelatihan Jarak Jauh Bidang Konstruksi, n.d. Login ke situs. Diakses tanggal 20 Oktober 2022, dari <https://sibima.pu.go.id/login/index.php>.
- [5] WIDYA P, B.O., 2011. STABILITAS TEBING PADA PROYEK JALAN TOL SEMARANG-UNGERAN STA 6+ 000 SAMPAI STA 6+ 250 CLIFF STABILITY IN TOLL ROAD PROJECT SEMARANG-UNGERAN STA



Gambar 14. Axial Force Geotextile Woven Model kedua

6+ 000 TO STA 6+ 250 (Doctoral dissertation, F. TEKNIK UNDIP).

- [6] Melle, D.A. and Jatmiko, P., 1999. Pemakaian Geotekstil sebagai Perkuatan Tanah Lunak pada Badan Jalan.
- [7] Sijabat, D.M., 2010. Analisa Perkuatan Daya Dukung Tanah Lunak Dengan Geosintetik Menggunakan Pemodelan Perangkat Lunak (Program Plaxis). Universitas Indonesia, Depok.