

STUDI PERBAIKAN TANAH MENGGUNAKAN GEOTEKSTIL UNTUK BERBAGAI KONSISTENSI TANAH

Angga Wijaya¹, Daniel Christianto², dan Amelia Yuwono³

¹Program Studi Sarjana Teknik Sipil, Universitas Tarumanagara, Jl. Letjen S. Parman No. 1, Jakarta, Indonesia
anggawijaya481@gmail.com

²Program Studi Sarjana Teknik Sipil, Universitas Tarumanagara, Jl. Letjen S. Parman No. 1, Jakarta, Indonesia
danielc@ft.untar.ac.id

³Program Studi Sarjana Teknik Sipil, Universitas Tarumanagara, Jl. Letjen S. Parman No. 1, Jakarta, Indonesia
amelia@dt.untar.ac.id

Masuk: 30-06-2024, revisi: 04-07-2024, diterima untuk diterbitkan: 18-07-2024

ABSTRACT

Soft soil poses a significant challenge in infrastructure development in Indonesia. This study aims to investigate the effectiveness of using geotextiles in addressing soft soil issues in Dadap, Daan Mogot, and Citeureup. Geotextiles are employed to enhance soil stability, reduce deformation, and improve the bearing capacity of road subgrades and structures. The research utilizes the Meyerhof method to calculate soil bearing capacity and safety factors (SF) under undrained (short-term) and drained (long-term) conditions. The results indicate that SF values are lower under undrained conditions compared to drained conditions, as the soil loses support from pore pressure and shear strength. However, manual calculations and computer programs yield almost the same SF results for Dadap and Daan Mogot soil samples under undrained conditions, but significantly differ for the Citeureup sample. Deformation calculations show that Dadap soil experiences greater deformation compared to Daan Mogot and Citeureup. Additionally, tensile forces under drained conditions are lower than under undrained conditions due to the loss of pore water from the soil. This study provides a better understanding of geotextile usage in addressing the challenges of soft soil, with the hope of offering practical guidelines for building more durable and safe infrastructure in the future.

Keywords: Soft soil; geotextiles; soil reinforcement; soil stability; deformation

ABSTRAK

Tanah lunak merupakan tantangan besar dalam pembangunan infrastruktur di Indonesia. Penelitian ini bertujuan untuk menginvestigasi efektivitas penggunaan geotekstil dalam mengatasi masalah tanah lunak di Dadap, Daan Mogot, dan Citeureup. Geotekstil digunakan untuk meningkatkan stabilitas tanah, mengurangi deformasi, dan meningkatkan daya dukung subgrade jalan serta bangunan. Penelitian ini menggunakan metode Mayerhoff untuk menghitung daya dukung tanah dan faktor keamanan (FK) dalam kondisi tidak terdrainase (jangka pendek) dan terdrainase (jangka panjang). Hasil menunjukkan bahwa nilai FK pada kondisi tidak terdrainase lebih rendah dibandingkan dengan kondisi terdrainase, karena tanah kehilangan dukungan dari tekanan air pori dan kekuatan geser yang kurang. Namun, perhitungan manual dan program komputer memberikan hasil FK yang hampir sama untuk sampel tanah Dadap dan Daan Mogot pada kondisi tak terdrainase, tetapi berbeda cukup signifikan untuk sampel tanah Citeureup. Perhitungan deformasi menunjukkan bahwa tanah Dadap mengalami deformasi yang lebih besar dibandingkan dengan Daan Mogot dan Citeureup. Selain itu, gaya tarik pada kondisi terdrainase lebih kecil dibandingkan dengan kondisi tak terdrainase, karena kehilangan kadar air pori dari dalam tanah. Penelitian ini memberikan pemahaman yang lebih baik tentang penggunaan geotekstil dalam mengatasi tantangan tanah lunak, dengan harapan dapat memberikan panduan praktis untuk pembangunan infrastruktur yang lebih tahan lama dan aman di masa depan.

Kata kunci: Tanah lunak; geotekstil; stabilitas tanah; deformasi; daya dukung

1. PENDAHULUAN

Indonesia menghadapi tantangan besar dalam menjaga stabilitas tanah, terutama tanah lunak yang tersebar luas. Tanah lunak sering mengalami penurunan, deformasi, dan kerusakan struktural, yang berdampak negatif pada infrastruktur seperti jalan, jembatan, dan pemukiman, mengakibatkan kerugian ekonomi dan mengancam keselamatan masyarakat. Faktor-faktor seperti jenis tanah, kadar air, aktivitas seismik, dan pola curah hujan yang tinggi mempengaruhi persebaran tanah lunak. Dengan perubahan iklim dan pemanasan global, dampaknya semakin serius, sehingga diperlukan solusi inovatif untuk meminimalkan risiko terkait tanah lunak dalam pembangunan berkelanjutan.

Jalan raya, sebagai infrastruktur penting, memerlukan kondisi yang baik untuk mendukung pembangunan. Geotekstil, bahan sintesis penguat tanah, dapat digunakan untuk mengatasi tantangan tanah lunak. Geotekstil meningkatkan stabilitas tanah, mengurangi deformasi, dan meningkatkan daya dukung *subgrade* jalan serta bangunan. Penelitian ini meneliti penggunaan geotekstil di Dadap Kosambi, Daan Mogot, dan Citeureup, untuk memahami efektivitasnya dalam mengatasi masalah tanah lunak. Diharapkan penelitian ini menghasilkan panduan praktis untuk implementasi geotekstil di Indonesia, memberikan dampak positif pada pembangunan infrastruktur, mengurangi risiko kerusakan, dan mempromosikan teknologi geotekstil untuk struktur yang lebih tahan lama dan aman.

Geosintetik

Menurut Pedoman Konstruksi dan Bangunan (2009), geosintetik memiliki enam fungsi utama. Pertama, sebagai filtrasi, geosintetik digunakan untuk mengalirkan air ke dalam sistem *drainase* sambil mencegah migrasi partikel tanah, contohnya pada sistem *drainase porous*. Kedua, untuk drainase, geosintetik membantu mengalirkan air dari dalam tanah, seperti pada *drainase* di belakang abutmen atau dinding penahan tanah. Ketiga, sebagai separator, bahan ini memisahkan dua material tanah yang berbeda untuk mencegah pencampuran, contohnya antara lapis pondasi jalan dan tanah dasar yang lunak. Keempat, untuk perkuatan, geosintetik memanfaatkan sifat tariknya untuk menahan tegangan atau deformasi pada struktur tanah. Kelima, sebagai penghalang, geosintetik mencegah perpindahan zat cair atau gas, misalnya geomembran yang menjaga fluktuasi kadar air pada tanah ekspansif atau digunakan pada penampungan sampah. Terakhir, sebagai proteksi, geosintetik berfungsi sebagai lapisan yang mengurangi tegangan lokal dan mencegah kerusakan permukaan, seperti tikar geotekstil (mat) yang mencegah erosi tanah akibat hujan dan aliran air, serta geotekstil tak-teranyam yang melindungi geomembran dari tertusuk oleh tanah atau batu saat pemasangan.

Geotekstil

Geotekstil adalah lembaran sintetik yang tipis, fleksibel, dan berpori yang digunakan dalam stabilisasi dan perbaikan tanah dalam proyek teknik sipil. Penggunaan geotekstil merupakan metode modern untuk memperkuat tanah lunak. Geotekstil memiliki kemampuan untuk memisahkan, menyaring, memperkuat, melindungi, atau mengalirkan air. Material yang digunakan untuk pembuatan geosintetik umumnya dihasilkan oleh industri plastik seperti polimer, karet, fiber glass, dan material alam yang terkadang dipakai (Sastrawinata & Suhendra, 2020).

Istilah umum untuk produk berbentuk lembaran yang terbuat dari bahan polimer lentur, digunakan dengan tanah, batuan, atau material geoteknik lainnya, sebagai suatu kesatuan pekerjaan buatan manusia, struktur, maupun sistem (Koerner, 2005). Geotekstil dapat dikelompokkan menjadi 2 jenis berdasarkan proses pembuatannya, yaitu *woven* dan *non-woven* (Hardiyatmo, 2017). Untuk perkuatan geotekstil yang digunakan adalah Geotekstil Komposit Hibritex LP 75 dengan modulus elastisitas (EA) sebesar 1500 kN/m.

Perencanaan timbunan

Pekerjaan ini mencakup pengadaan, pengangkutan, penyebaran, dan pemadatan tanah atau material berbutir halus yang telah disetujui untuk timbunan, yang diperlukan untuk membentuk dimensi timbunan sesuai dengan garis, kemiringan, dan elevasi penampang melintang yang ditentukan atau disetujui. Timbunan dapat diklasifikasikan menjadi tiga jenis: timbunan biasa, timbunan pilihan, dan timbunan pilihan di atas rawa.

Timbunan biasa terdiri dari bahan galian tanah atau batu yang memenuhi syarat untuk digunakan dalam pekerjaan ini. Timbunan pilihan digunakan sebagai lapisan perbaikan tanah dasar (*subgrade*) untuk meningkatkan daya dukung tanah dasar, pada saluran air untuk meningkatkan kestabilan lereng, serta dalam pekerjaan pelebaran timbunan.

Tanah merupakan lapisan teratas bumi yang berasal dari pelapukan batuan dengan bantuan organisme. Tanah terdiri dari partikel-partikel yang tidak saling mengikat sehingga terdapat ruang-ruang yang berisi air dan udara.

Timbunan pilihan khusus digunakan di atas tanah rawa yang selalu digenangi air. Dalam mengestimasi besarnya penurunan pada tanah lempung dengan konsolidasi berlebih, dibutuhkan perkuatan tanah sebelum konstruksi dilakukan. Hal ini akan meningkatkan biaya dan waktu konstruksi karena kuat geser tanah yang rendah memerlukan perancangan yang cermat (Vipulanandan et al., 2009).

Menentukan perkuatan maksimum dapat dicari dengan menggunakan Persamaan 1.

$$T_{s-max} = 0,5K\gamma_m(H')^2N_c \quad (1)$$

Untuk menentukan jumlah lapisan geotekstil akan digunakan jarak perkuatan tiap-tiap lapisan timbunan yang seragam yaitu sebesar 400 mm. Maka dapat ditentukan dengan Persamaan 2.

$$N = \frac{H}{0,4} \quad (2)$$

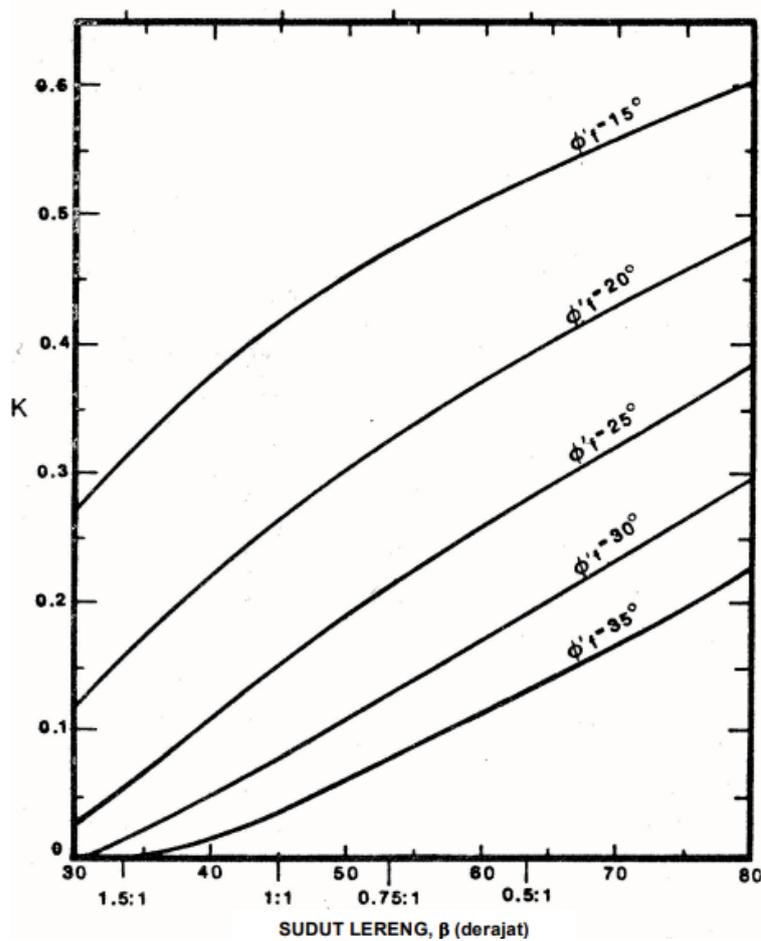
Untuk menentukan panjang perkuatan yang dibutuhkan pada lereng bagian atas dan bawah dapat menggunakan Persamaan 3.

$$L : \phi'_f = \tan^{-1} \left(\frac{\tan \phi'_f}{FK_R} \right) \quad (3)$$

Selanjutnya nilai L akan diplot ke dalam grafik Schmertmann L/H' pada Gambar 1-2, sehingga diperoleh Persamaan 4.

$$L = H'L/H' \quad (4)$$

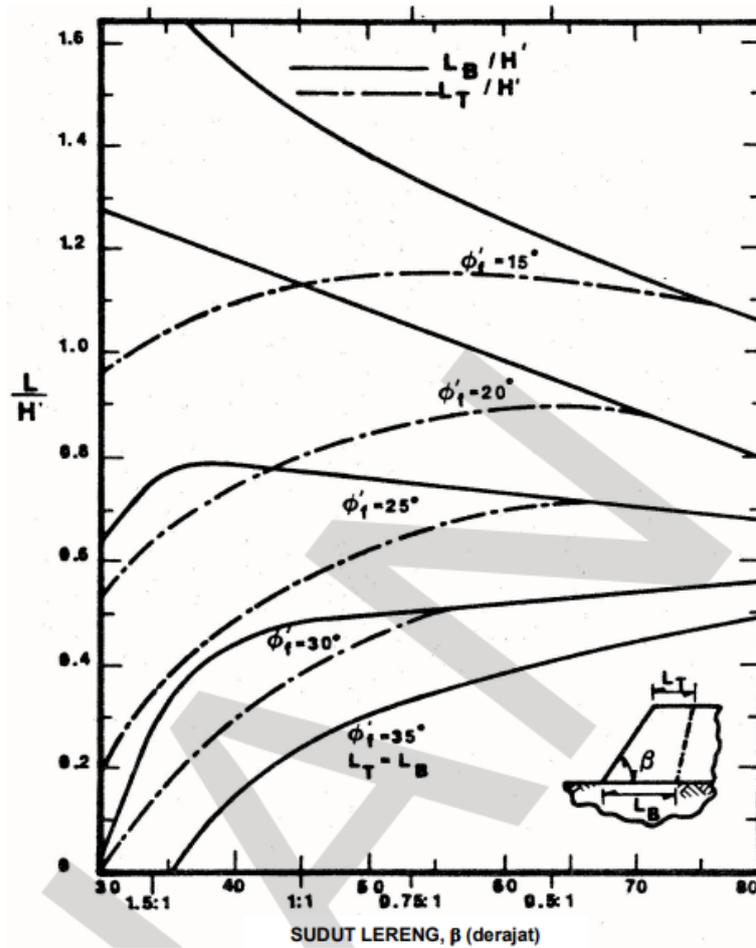
dengan ϕ'_f = Sudut geser dalam timbunan ($^\circ$), N_c = Faktor daya dukung tanah, dan FK_R = Faktor keamanan pergerakan gelincir lateral yang ditargetkan 1,3.



Gambar 1. Grafik penyelesaian Schmertmann untuk menentukan besarnya koefisien gaya (K) (FHWA HI-95-038)

Jalan

Jalan adalah suatu prasarana transportasi yang meliputi segala bagian jalan termasuk bangunan pelengkap dan perlengkapannya yang diperuntukkan bagi lalu lintas, yang berada di atas permukaan tanah, di bawah permukaan tanah dan/atau air, serta di atas permukaan air, kecuali jalan kereta api, jalan lori dan jalan kabel. Jalan mempunyai peranan penting terutama yang menyangkut perwujudan perkembangan antar wilayah yang seimbang, pemerataan hasil pembangunan serta pemantapan pertahanan dan keamanan nasional dalam rangka mewujudkan pembangunan nasional. Penyelenggaraan jalan yang konseptual dan menyeluruh perlu melihat jalan sebagai suatu kesatuan sistem jaringan jalan yang mengikat dan menghubungkan pusat-pusat kegiatan. Dalam hubungan ini dikenal sistem jaringan jalan primer dan sistem jaringan jalan sekunder. Pada setiap sistem jaringan jalan diadakan pengelompokan jalan menurut fungsi, status, dan kelas jalan. Pemeliharaan struktural, sangat penting untuk keamanan, kenyamanan, dan umur pakai jalan. Secara keseluruhan, jalan memainkan peran krusial dalam pembangunan wilayah, dan perencanaan serta pemeliharaannya harus dilakukan dengan hati-hati untuk memastikan keberlanjutan dan efisiensi mobilitas.



Gambar 2. Penyelesaian Schmertmann untuk menentukan perbandingan panjang perkuatan, L/H' (FHWA HI-95-038)

Daya dukung tanah

Daya dukung tanah adalah kemampuan tanah menahan beban (Tabel 1) tanpa mengalami penurunan atau keruntuhan signifikan. Ini penting dalam perencanaan dan konstruksi bangunan, jembatan, dan infrastruktur. Perhitungan daya dukung tanah melibatkan evaluasi jenis tanah, kelembapan, kedalaman, dan tekanan struktur di atasnya, untuk memastikan stabilitas dan keamanan struktur dalam jangka panjang (Lai et al, 2023).

Tabel 1. Beban lalu lintas untuk analisis stabilitas dan beban di luar jalan (SNI 8460:2017)

Kelas Jalan	Beban Lalu Lintas (kPa)	Beban Luar Jalan (*) (kPa)
I	15	10
II	12	10
III	12	10

Rumus daya dukung tanah berdasarkan metode Meyerhof adalah sebagai Persamaan 5-9.

$$Q_{ult} = cuN_c \tag{5}$$

$$N_c = 4,14 + 0,5 \frac{B}{D} \tag{6}$$

$$FK = \frac{q_{ult}}{P_{max}} \tag{7}$$

- a. Kondisi tanpa geotekstil

$$P_{\max} = \gamma_m + H + q \quad (8)$$

- b. Kondisi dengan geotekstil

$$P_{\text{avg}} = \frac{A_g \gamma_m + qW}{B} \quad (9)$$

dengan q_{ult} = Kapasitas daya dukung tanah batas (kPa), c_u = Kohesi (kN/m²), N_c = Faktor daya dukung tanah, B = Lebar dasar timbunan (m), D = Kedalaman rata-rata tanah lunak (m). Dengan syarat minimum untuk faktor keamanan gelincir lateral dan daya dukung $FK < 1,5$.

Stabilitas gelincir lateral

Stabilitas gelincir lateral adalah kemampuan struktur atau material untuk menahan pergeseran mendatar akibat gaya lateral, penting untuk memastikan integritas dan keamanan struktur. Untuk menjamin stabilitas ini, perlu dilakukan analisis sifat tanah, desain struktur, dan faktor lingkungan. Metode penguatan seperti geotekstil, dinding penahan, atau perkuatan tanah dapat digunakan untuk meningkatkan stabilitas. Pemantauan dan pemeliharaan rutin juga diperlukan untuk menjaga kinerja optimal. Dengan demikian, menjaga stabilitas gelincir lateral adalah langkah penting dalam perencanaan dan pembangunan berkelanjutan, memastikan struktur tetap kokoh dan aman di bawah beban lateral.

Untuk menentukan stabilitas gelincir dapat digunakan rumus sebagai Persamaan 10-12.

- a. Gaya geser

$$T_{is} = \frac{1}{2} FK_R HKa (\gamma_m H + 2q) - bc_a \quad (10)$$

- b. Gelincir lateral

$$FK = \frac{2b\gamma_m \tan\phi_{sg}}{Ka(\gamma_m H + 2q)} \quad (11)$$

- c. Koefisien tekanan tanah aktif

$$Ka = \tan^2 \left(45 - \frac{\phi}{2} \right) \quad (12)$$

dengan FK_R = Faktor keamanan pergerakan gelincir lateral yang ditargetkan, q = Beban merata (kN/m²), ϕ_{sg} = Gaya tarik antara material tanah dan geosintetik ($\geq 23^\circ$), γ_m = Berat isi (kN/m³), b = Lebar lereng timbunan (m), H = Tinggi timbunan (m), c_a = Kohesi antara geosintetik dan timbunan (kN/m²), dan c_a diasumsikan 0 karena tanah pondasi yang lunak dan tinggi timbunan yang rendah.

Deformasi

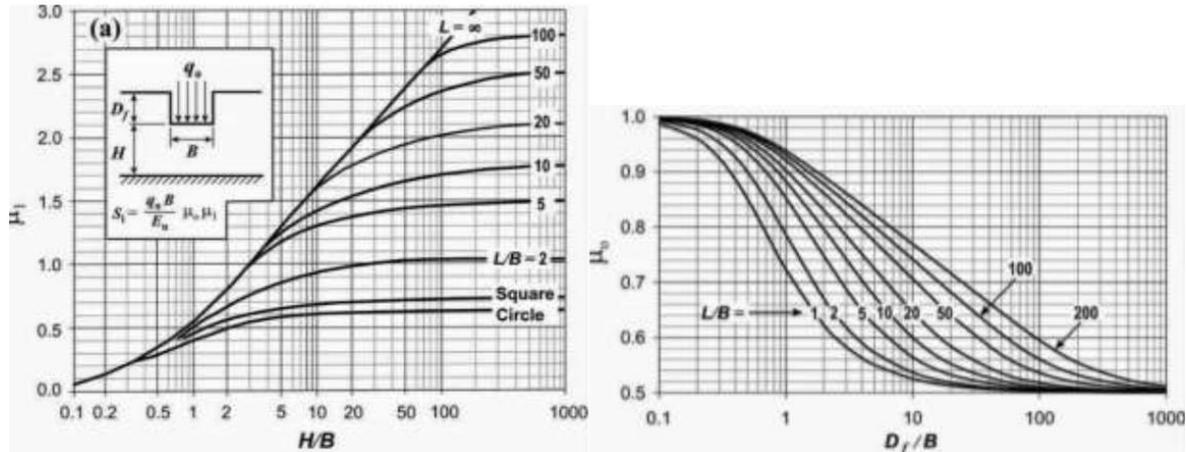
Deformasi adalah perubahan kedudukan atau pergerakan titik secara absolut maupun relatif baik pada skala regional maupun lokal atau hanya pada sebagian kecil wilayah (Haqqi et al., 2015). Deformasi tanah dapat berakibat pada beberapa kerusakan infrastruktur dan fasilitas lainnya. Persamaan 13-15 merupakan rumus untuk menentukan deformasi.

$$S_i = \frac{\mu_0 \mu_1 q_n B}{E} \quad (13)$$

$$S_c = \frac{CsH}{1 + e_0} \log \frac{Po' \Delta P}{Po'} \quad (14)$$

$$S_t = S_i + S_c \quad (15)$$

dengan S_i = Penurunan elastis atau deformasi elastis (mm), μ_0 = Faktor-faktor yang memperhitungkan kondisi tanah, seperti bentuk dasar fondasi dan distribusi tekanan (Gambar 3 kanan), μ_1 = Faktor-faktor yang memperhitungkan kondisi tanah, seperti bentuk dasar fondasi dan distribusi tekanan (Gambar 3 kiri), E = Modulus elastis (kN/m²), B = Lebar dari material (m), S_c = Penurunan konsolidasi (mm), Cs = Indeks kompresi sekunder, H = Ketebalan lapisan tanah (m), e_0 = Angka pori awal tanah, Po' = Tegangan efektif awal, ΔP = Tegangan efektif akibat beban, S_t = Penurunan total (mm).



Gambar 3. Grafik hubungan μ_1 dengan H/B dan μ_0 dengan D/B (Khohara & Prihatiningsih, 2023)

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh penggunaan geotekstil dalam perkuatan tanah dasar serta untuk membandingkan hasil analisis atau perhitungan manual dengan hasil yang diperoleh dari penggunaan software pada setiap jenis dan kondisi tanah yang diperkuat dengan geotekstil. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan wawasan yang lebih mendalam mengenai efektivitas geotekstil dalam meningkatkan kestabilan dan daya dukung tanah, serta memastikan bahwa metode perhitungan yang digunakan, baik secara manual maupun melalui software, memberikan hasil yang akurat dan dapat diandalkan dalam berbagai situasi dan jenis tanah yang berbeda.

2. METODE PENELITIAN

1. Dalam tahap awal penulisan, penulis melakukan analisis dan pertimbangan untuk memilih topik yang akan diangkat, memperhatikan minat pribadi, relevansi terhadap *audiens*, dan kebermaknaan topik tersebut, sehingga penentuan ini menjadi landasan kritis untuk merumuskan tujuan dan arah penulisan dengan lebih spesifik.
2. Melakukan studi literatur yang berhubungan dengan topik yang akan di bahas dengan mencari jurnal dan buku serta mengumpulkan data tanah yang akan diteliti.
3. Merencanakan serta membandingkan penggunaan geotekstil untuk perkuatan terhadap beberapa jenis tanah. dimana pada tahap perhitungan manual jika nilai deformasi tidak memenuhi syarat izin deformasi maka perlu dilakukan perhitungan kembali sampai syarat defromasi terpenuhi.
4. Hasil yang diperoleh berdasarkan perhitungan manual dan dengan menggunakan program akan dibandingkan, untuk mengetahui tingkat akurasi dan konsistensi antara kedua metode tersebut.
5. Membuat kesimpulan dan saran dari penelitian yang dilakukan.

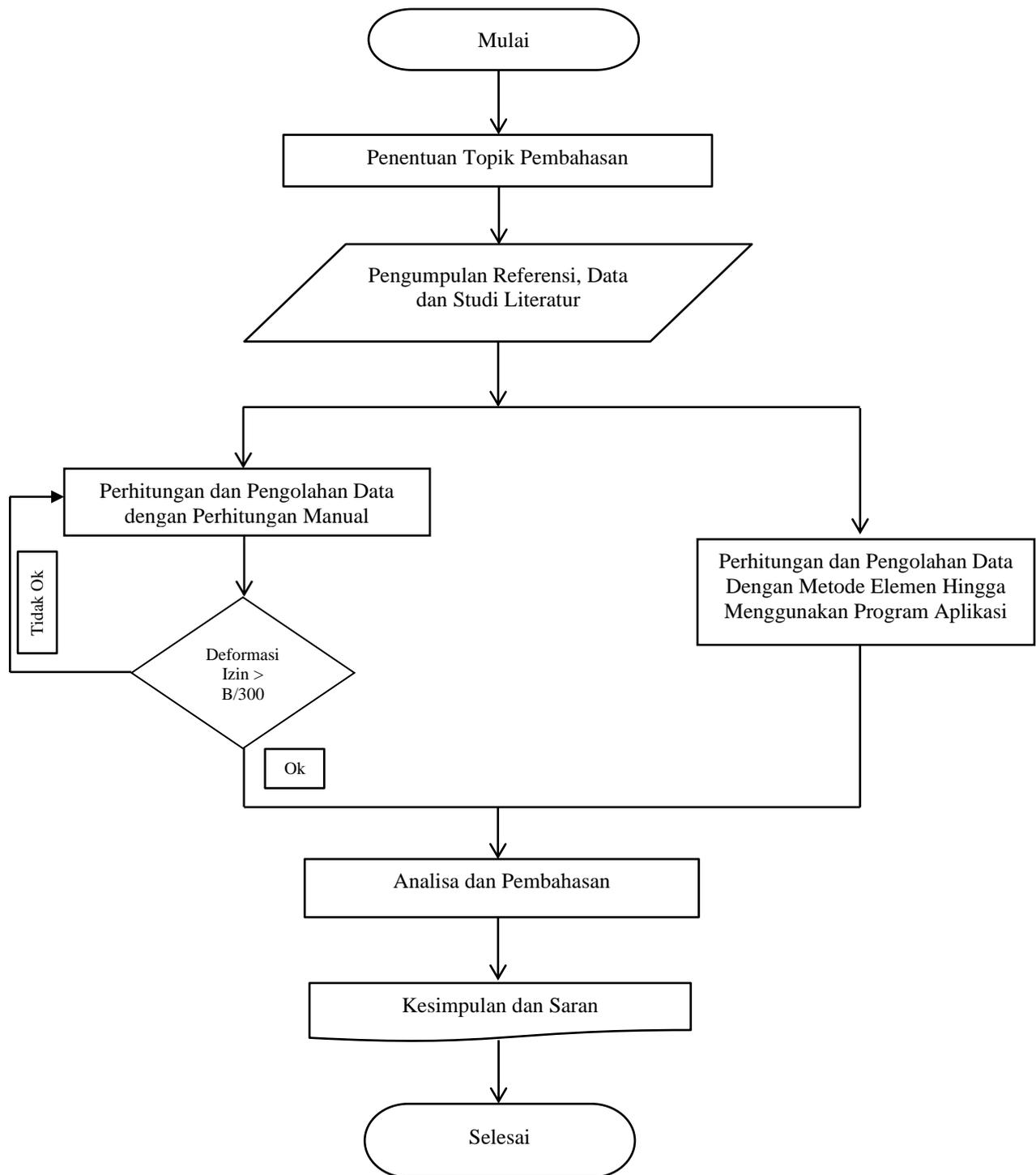
Diagram alir penelitian dapat dilihat pada Gambar 4.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

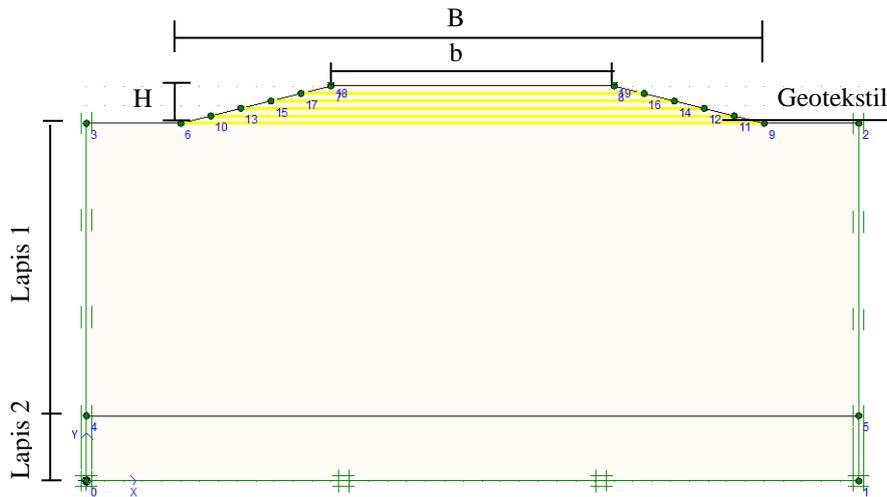
Parameter tanah merupakan ukuran atau acuan untuk mengetahui atau menilai hasil suatu proses perubahan yang terjadi dalam tanah baik dari sifat fisik dan jenis tanah. Untuk parameter-parameter tanah, data dapat diperoleh dari uji tanah di laboratorium, sehingga selanjutnya digunakan untuk analisis.

Untuk mengetahui model geometri yang digunakan dapat dilihat pada Gambar 5. Dimana untuk lebar bawah timbunan (B) sepanjang 31 meter, lebar atas timbunan (b) sepanjang 15 meter dengan tinggi timbunan (H) setinggi 2 meter. Asumsi jalan yang dipakai adalah jalan beton kelas III dengan beban lalu lintas 12 kPa, dan dilakukan perkuatan pada timbunan dengan geotekstil. Untuk lapisan pada tanah subgrade dapat disesuaikan dengan Tabel 2-5.

Pada penelitian ini terdapat 4 sampel tanah yang digunakan berdasarkan ke-4 tempat yang berbeda dengan konsistensi tanah yang berbeda, dimana 3 sampel sebagai tanah lokal atau tanah dasar dan 1 sampel tanah sebagai tanah timbunan. Tabel *boring log* dan contoh *soil profile* untuk setiap sampel dapat dilihat pada Tabel 2-5.



Gambar 4. Diagram alir



Gambar 5. Geometri model program

Tabel 2. Parameter tanah timbunan Cijeruk

Elevation (m)	Type Of Soil	N-SPT (Blows/ cm)	Consistency	γ_{sat} (kN/m ³)	ϕ' (°)	E (kN/m ²)	C (kN/m ²)	v
0 2,8	Clay Silt	15	Stiff	18,3	28	7002,7	4	0,34

Tabel 3. Parameter tanah Dadap

Elevation (m)	Type Of Soil	N-SPT (Blows/ cm)	Consistency	γ_{sat} (kN/m ³)	ϕ' (°)	E (kN/m ²)	C (kN/m ²)	v
0 15,5	Clay Silt	5	Medium Stiff	15,3	26	5514,6	6	0,34
15,5 21	Silty Clay	14,5	Stiff	14,9	21,9	10827,2	4	0,3

Tabel 4. Parameter tanah Daan Mogot

Elevation (m)	Type Of Soil	N-SPT (Blows/ cm)	Consistency	γ_{sat} (kN/m ³)	ϕ' (°)	E (kN/m ²)	C (kN/m ²)	V
0 12	Clay Silt	5	Medium Stiff	17,3	23,5	7440,3	5,28	0,34
12 22	Silty Clay	14,5	Stiff	16,9	23,5	15338,53	3,96	0,3

Tabel 5. Parameter tanah Citeureup

Elevation (m)	Type Of Soil	N-SPT (Blows/cm)	Consistency	γ_{sat} (kN/m ³)	ϕ' (°)	E (kN/m ²)	C (kN/m ²)	v
0 5	Silt	14,7	Stiff	16	25	10100	8,82	0,34
5 11,5	Sand	50	Very Dense	18	41	55000	-	0,25
11,5 15,5	Stone	50	Very Dense	21	41	50000000	-	0,15
15,5 21	Silty Clay	42,7	Hard	20	23	26260	6	0,30

Perencanaan timbunan

Perencanaan timbunan melibatkan analisis komprehensif mengenai karakteristik material timbunan, kondisi tanah dasar, metode konstruksi, serta pengaruh timbunan terhadap lingkungan sekitar. Hal ini mencakup pemilihan bahan timbunan yang sesuai, penentuan ketebalan lapisan, dan evaluasi stabilitas lereng untuk memastikan keamanan dan keberlanjutan proyek. Proses perencanaan juga harus memperhitungkan aspek drainase dan penurunan tanah untuk mencegah masalah seperti erosi dan penurunan permukaan. Hasil perhitungan perencanaan timbunan dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Perencanaan timbunan untuk tiap sampel tanah

Sampel Tanah	Panjang Perkuatan		Perkuatan Maksimum (kN)	Kekakuan Geogrid, EA (kN/m)	Jumlah Lapis Geotekstil	Tinggi Timbunan (m)	Lebar Dasar Timbunan (m)	Lebar Atas Timbunan (m)
	L_b (m)	L_t (m)						
Cijeruk-Dadap	2,04	1,96	9,40	1,89	5	2	31	15
Cijeruk-Daan Mogot	2,39	1,96	12,13	2,43	5	2	31	15
Cijeruk-Citeureup	2,15	1,96	10,11	2,02	5	2	31	15

Daya dukung tanah

Perhitungan manual daya dukung dilakukan menggunakan metode Mayerhoff, dengan nilai faktor keamanan diambil terhadap gelincir timbunan sehingga diperoleh nilai faktor keamanan untuk tiap sampel tanah dengan timbunan yang sama sebesar 4,7. Hasil perhitungan dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7. Daya dukung tiap sampel tanah

Sampel Tanah	Daya Dukung (Qult) (kPa)	Data FK
Cijeruk - Dadap	30,84	4,7
Cijeruk - Daan Mogot	28,68	4,7
Cijeruk - Citeureup	63,86	4,7

Perhitungan daya dukung dan FK dilakukan menggunakan metode program komputer. Hasil perhitungan dapat dilihat pada Tabel 8-9 untuk kondisi *undrained* dan Tabel 10-11 pada kondisi *drained*.

Tabel 8. Data faktor keamanan tahapan konstruksi *undrained* dengan geotekstil setiap sampel tanah

Identifikasi	Faktor Keamanan		
	Dadap	Daan Mogot	Citeureup
Timbunan 40 cm	10,68	10,16	10,13
Timbunan 80 cm	6,29	6,17	8,77
Timbunan 120 cm	4,71	4,68	6,94
Timbunan 160 cm	3,88	3,91	5,87
Timbunan 200 cm	3,35	3,40	5,25
Konstruksi Jalan	2,97	3,07	4,97
Pembebanan	2,43	2,41	4,97
Konsolidasi	3,45	3,42	6,42

Tabel 9. Data faktor keamanan tahapan konstruksi *undrained* tanpa geotekstil setiap sampel tanah

Identifikasi	Faktor Keamanan		
	Dadap	Daan Mogot	Citeureup
Timbunan 2 meter	2,28	2,21	2,86
Konstruksi Jalan	2,18	2,18	2,93
Pembebanan	1,62	1,60	2,15
Konsolidasi	2,65	2,59	3,36

Perbandingan nilai FK

Hasil perbandingan dari perhitungan manual dan dengan menggunakan program menunjukkan hasil yang tidak jauh berbeda untuk sampel tanah Dadap dan Daan Mogot pada kondisi *Drained* dengan menggunakan geotekstil, sedangkan untuk sampel tanah Citeureup dengan kondisi *Drained* memperlihatkan selisih yang sangat besar (Gambar 6). Hal ini, dikarenakan faktor keamanan pada saat *drained* umumnya lebih besar daripada pada saat *undrained*. Ketika tanah terdrainase, ia mampu mengalirkan air dengan efisien, sehingga tekanan air pori dapat dengan cepat berubah dalam merespons beban yang diterapkan. Hal ini menyebabkan faktor keamanan pada kondisi *drained* cenderung lebih tinggi karena tanah memiliki kemampuan untuk menyesuaikan diri dengan perubahan beban tanpa risiko signifikan terhadap stabilitas struktur. Di sisi lain, pada kondisi *undrained*, tanah tidak dapat mengalirkan air dengan cepat,

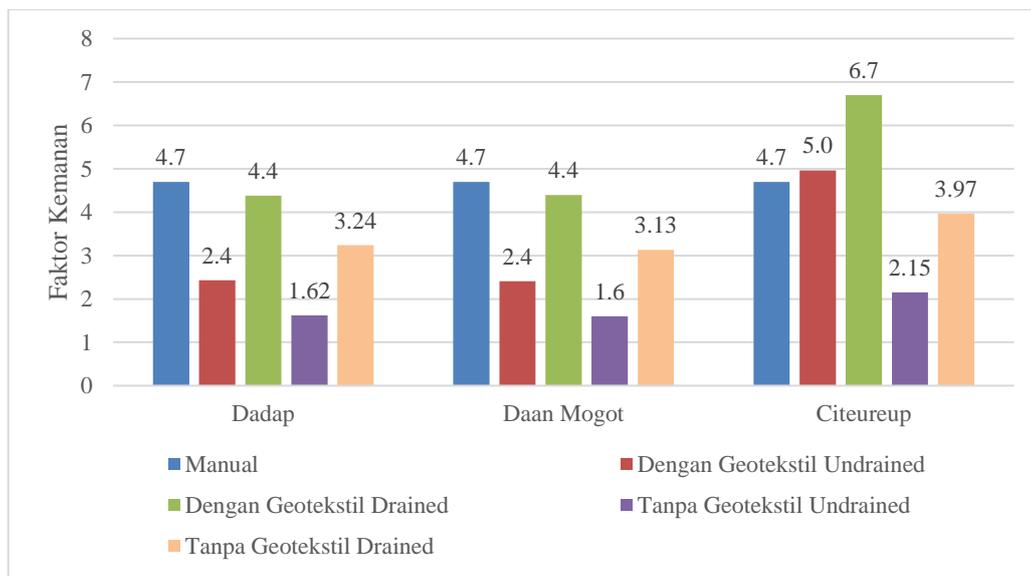
sehingga tekanan air pori tetap tinggi. Faktor keamanan pada kondisi *undrained* umumnya lebih rendah karena tanah rentan terhadap peningkatan tekanan air pori yang dapat mengurangi kekuatan geser dan meningkatkan risiko kegagalan struktur.

Tabel 10. Data faktor keamanan tahapan konstruksi *drained* dengan geotekstil setiap sampel tanah

Identifikasi	Faktor Keamanan Program		
	Dadap	Daan Mogot	Citeureup
Timbunan 40 cm	13,94	12,89	11,19
Timbunan 80 cm	8,88	8,61	9,96
Timbunan 120 cm	7,12	6,99	9,74
Timbunan 160 cm	6,24	6,13	8,67
Timbunan 200 cm	5,63	5,60	7,98
Konstruksi Jalan	5,13	5,18	7,89
Pembebanan	4,38	4,40	6,70
Konsolidasi	4,38	4,40	6,69

Tabel 11. Data faktor keamanan tahapan konstruksi *drained* tanpa geotekstil setiap sampel tanah

Identifikasi	Faktor Keamanan Program		
	Dadap	Daan Mogot	Citeureup
Timbunan 2 meter	3,74	3,53	3,99
Konstruksi Jalan	3,82	3,69	4,07
Pembebanan	3,24	3,13	3,97
Konsolidasi	3,24	3,13	3,95



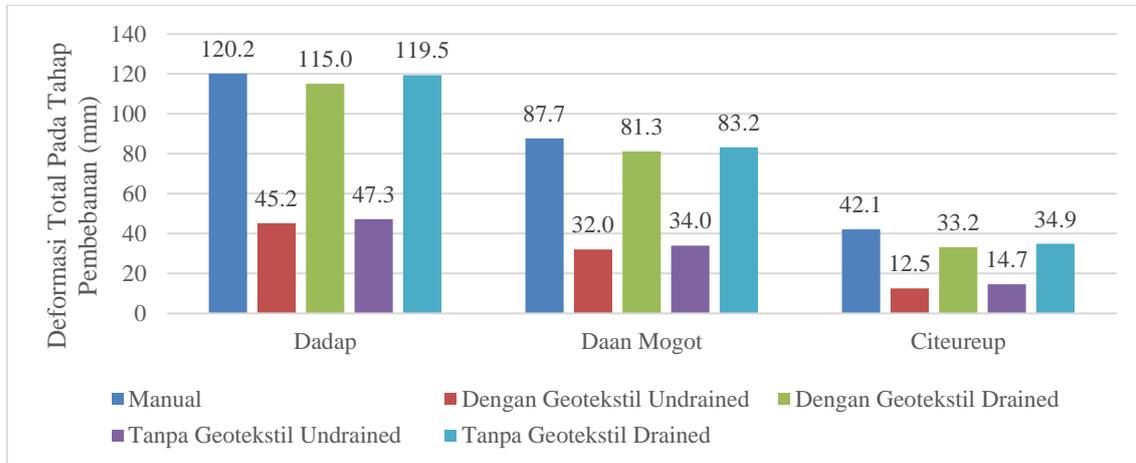
Gambar 6. Perbandingan nilai FK geotekstil pada tahap pembebanan

Secara keseluruhan, grafik ini menunjukkan bahwa penggunaan geotekstil, baik dalam kondisi *undrained* maupun *drained*, umumnya meningkatkan faktor keamanan dibandingkan dengan kondisi tanpa geotekstil. Efektivitas geotekstil dalam meningkatkan faktor keamanan paling menonjol dalam kondisi *drained*, menunjukkan bahwa geotekstil dapat memberikan kontribusi signifikan terhadap stabilitas tanah dalam jangka panjang.

Perbandingan deformasi

Dari Gambar 7, dapat dilihat bahwa deformasi pada kondisi *drained* cenderung lebih tinggi dibandingkan dengan kondisi *undrained*, terutama di lokasi Dadap dan Daan Mogot, menunjukkan bahwa kondisi *drained* menyebabkan deformasi terbesar (Gambar 8-11) karena pengeluaran air dari tanah mengurangi kekuatan tanah dan meningkatkan penurunan. Ini menunjukkan pentingnya mempertimbangkan pembebanan dan penangan tanah untuk mengurangi risiko deformasi besar dalam konstruksi. Secara keseluruhan, grafik ini menunjukkan bahwa penggunaan geotekstil,

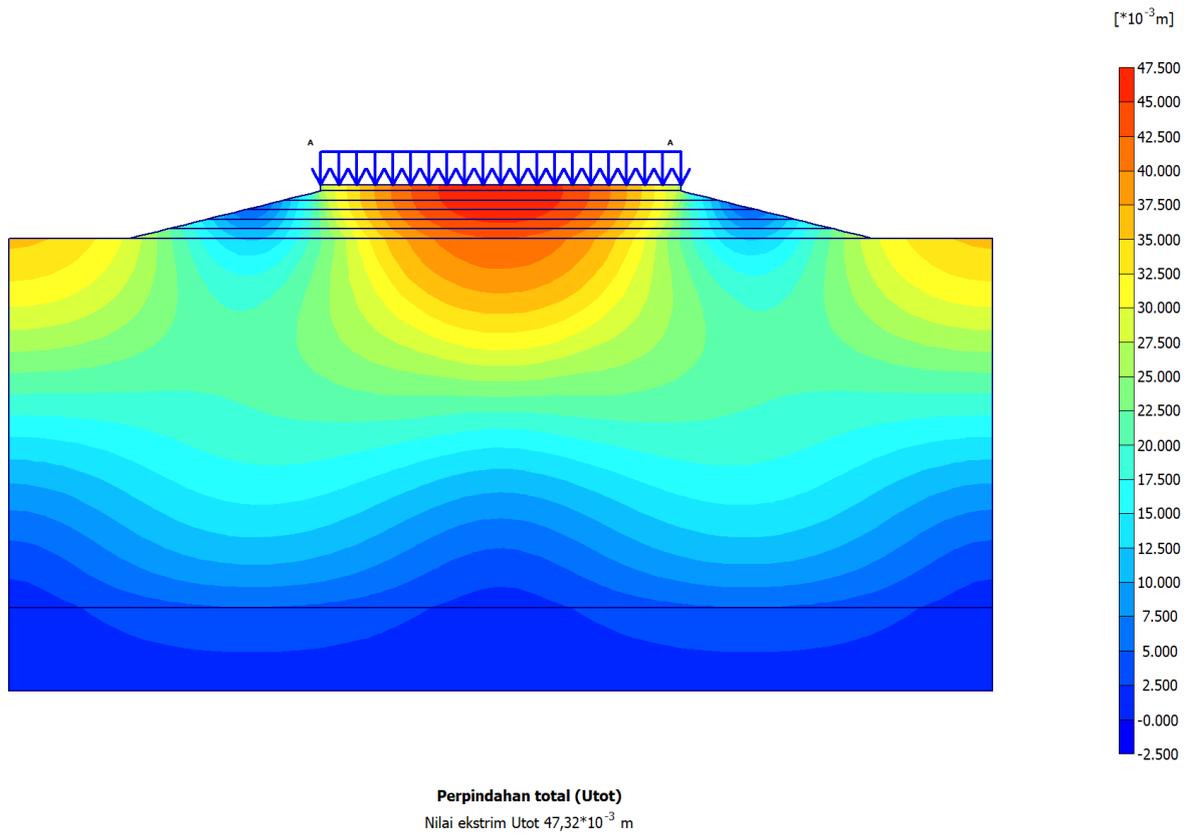
baik dalam kondisi *undrained* maupun *drained*, umumnya mengurangi deformasi yang terjadi pada tanah dibandingkan dengan kondisi tanpa geotekstil. Efek penggunaan geotekstil dalam kondisi yang sama hanya memberikan pengurangan penurunan tanah kurang dari 5%. Dengan kata lain, pemasangan geotekstil pada kondisi tersebut tidak memberikan kontribusi yang signifikan dalam mengurangi penurunan tanah. Hal ini menunjukkan bahwa penggunaan geotekstil, pada sampel tanah yang di uji tidak memberikan manfaat yang cukup besar dalam stabilisasi atau perbaikan tanah.



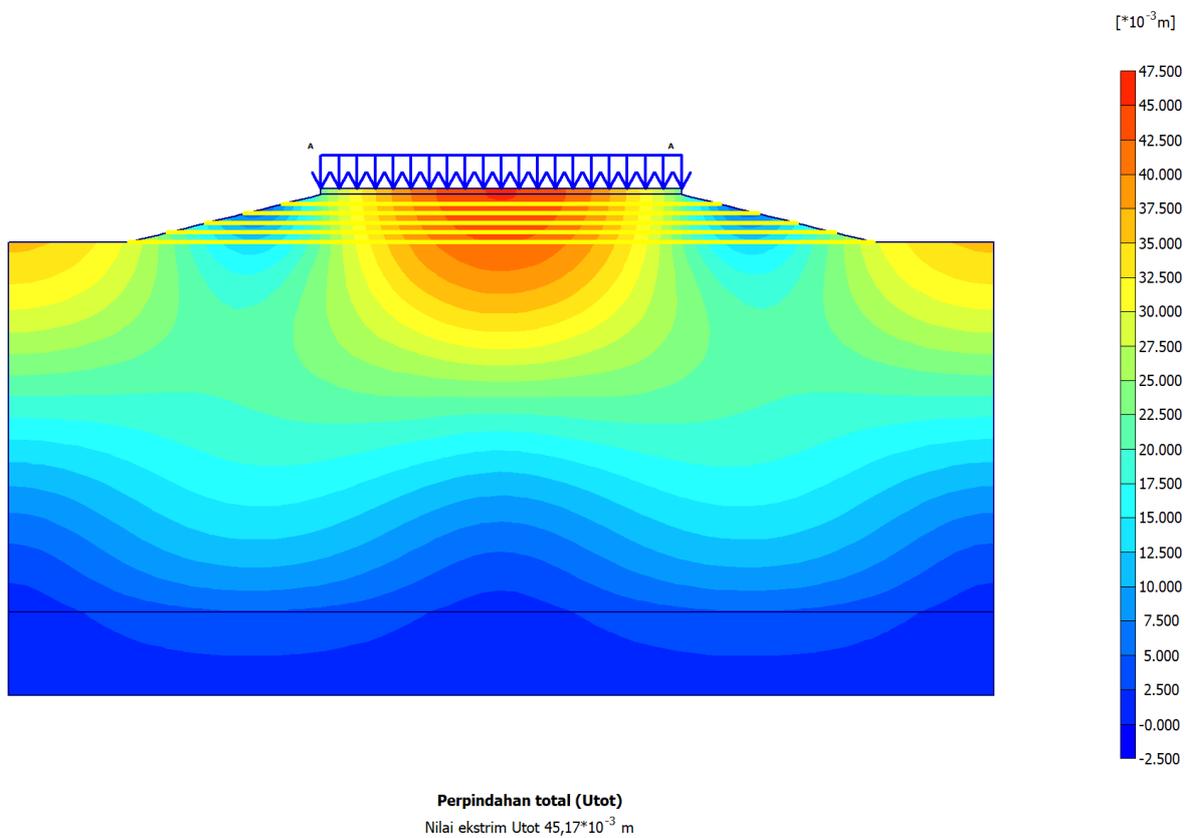
Gambar 7. Grafik perbandingan deformasi total pada tahapan pembebanan

Perbandingan gaya tarik

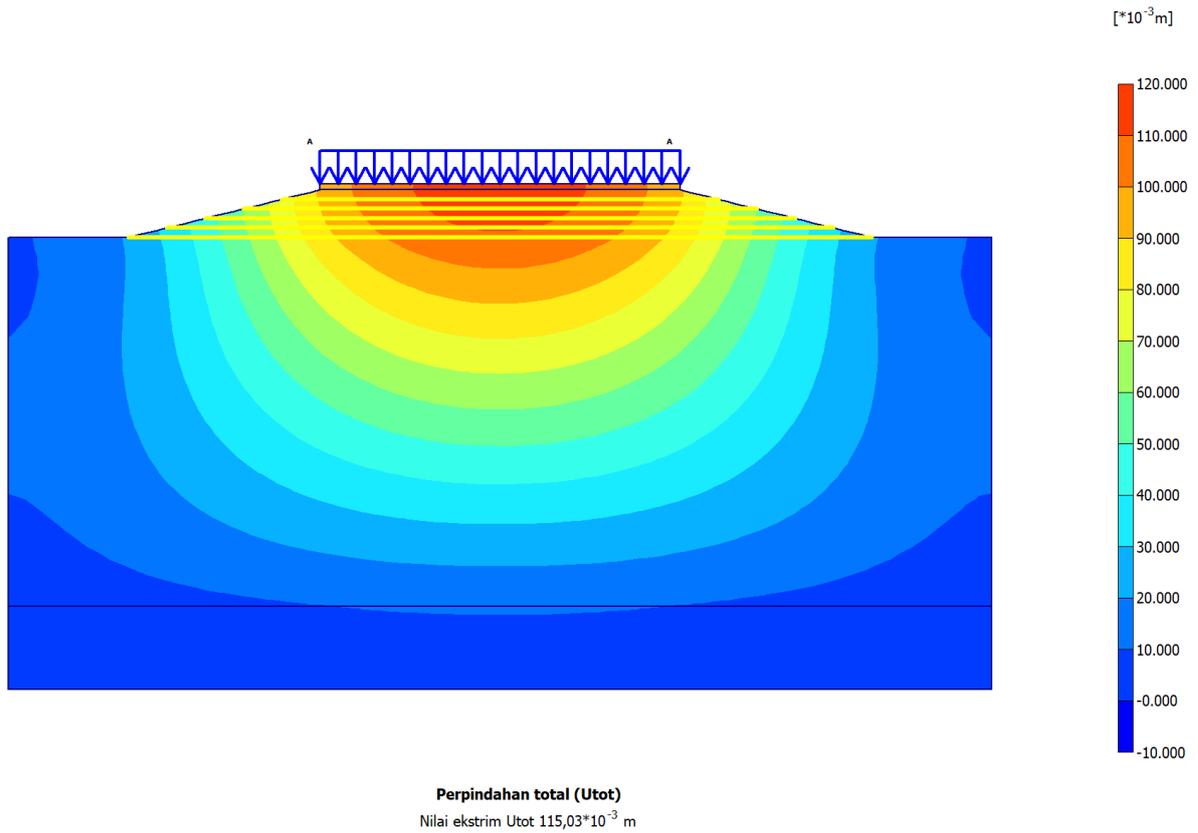
Gambar 12 tersebut menunjukkan gaya tarik pada tahap pembebanan di tiga lokasi berbeda: Dadap, Daan Mogot, dan Citeureup, dilakukan dengan perhitungan manual, dan metode program elemen hingga pada saat *undrained* (tidak terdrainase) dan *drained* (terdrainase). Didapat bahwa gaya tarik pada kondisi *drained* (saat air pori dapat mengalir keluar dari tanah) cenderung lebih kecil daripada kondisi *undrained* (saat air pori terjebak dalam tanah). Ini karena pada kondisi *undrained*, air pori mendukung tanah, meningkatkan kekuatannya. Namun, pada kondisi *drained*, dukungan ini hilang, membuat tanah harus menahan gaya tarik tanpa bantuan tambahan. Kekuatan geser tanah juga berkurang dalam kondisi *drained*, yang juga berkontribusi pada gaya tarik yang lebih rendah. Jadi, secara umum, gaya tarik pada kondisi *drained* lebih rendah karena tanah kehilangan dukungan dari tekanan air pori dan kekuatan geser yang kurang dibandingkan dengan kondisi *undrained*. Untuk perhitungan manual biasanya berada di antara kedua kondisi lainnya, kecuali di Daan Mogot di mana dengan perhitungan manual memiliki gaya tarik tertinggi (Gambar 13-14).



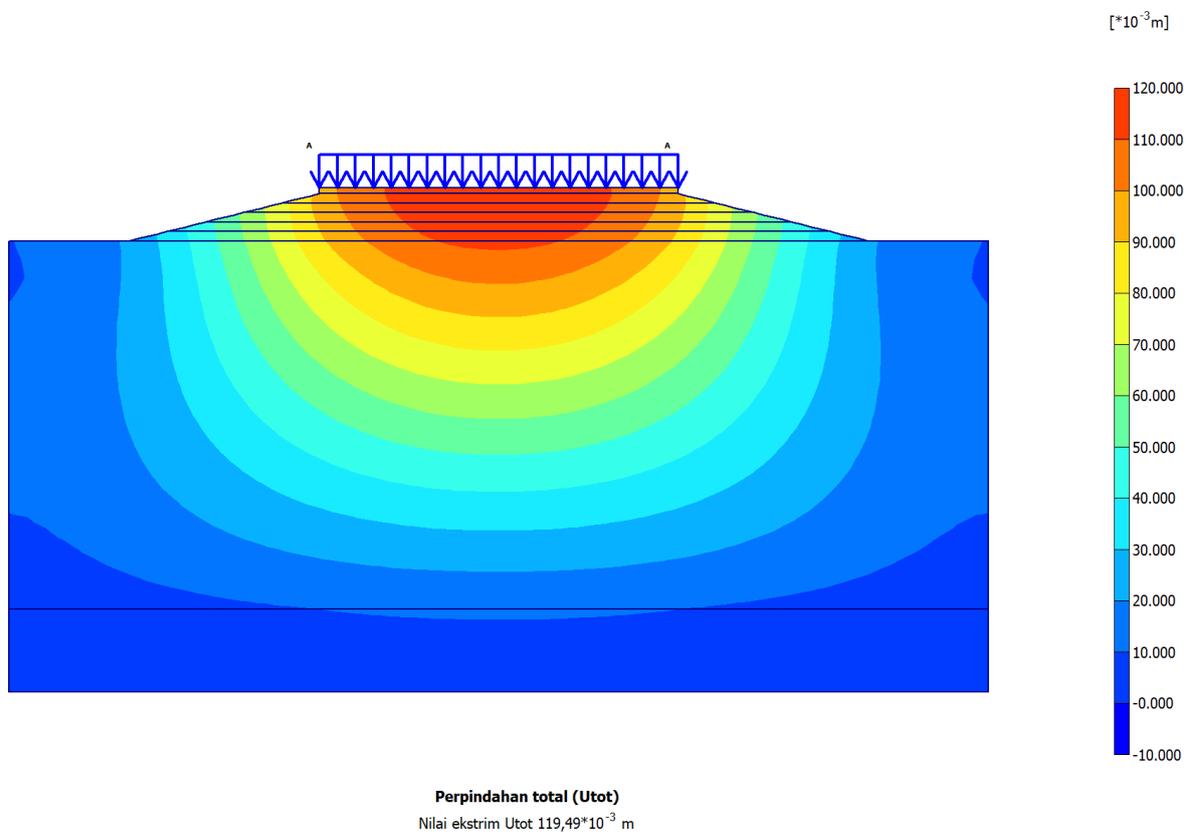
Gambar 8. Deformasi dadap kondisi *undrained* tanpa geotekstil



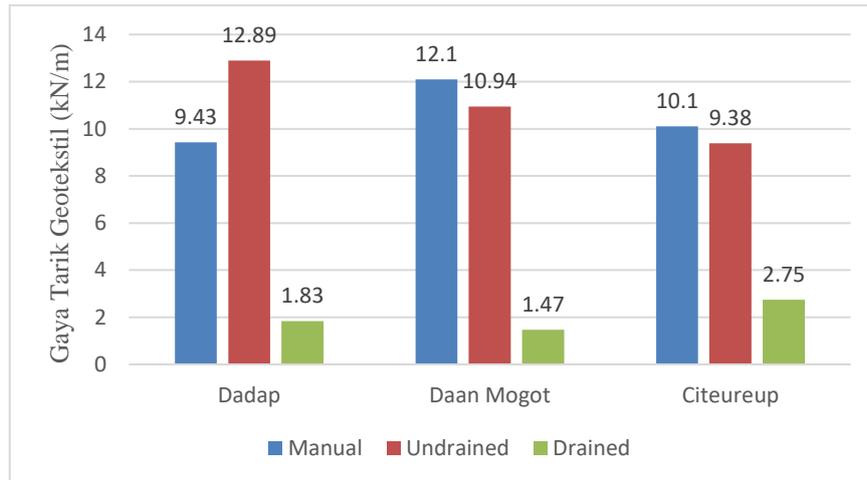
Gambar 9. Deformasi dadap kondisi *undrained* dengan geotekstil



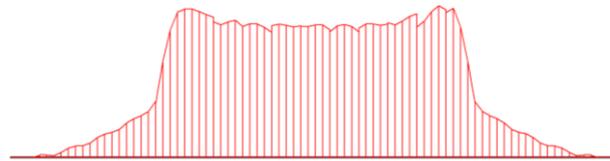
Gambar 10. Deformasi dadap kondisi *drained* dengan geotekstil



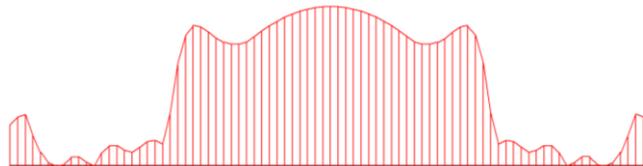
Gambar 11. Deformasi dadap kondisi *drained* tanpa geotekstil



Gambar 12. Perbandingan nilai gaya tarik geotekstil pada tahap pembebanan



Gambar 13. Gaya tarik maksimum geotekstil lapisan pertama Dadap kondisi *undrained* sebesar 2,75 kN/m



Gambar 14. Gaya tarik maksimum geotekstil lapisan pertama Dadap kondisi *drained* sebesar $556,14 \times 10^{-3}$ kN/m

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

1. Berdasarkan hasil perbandingan, nilai faktor keamanan didapatkan bahwa geotekstil efektif dalam meningkatkan stabilitas dan mengurangi deformasi tanah. Hal ini dapat dibuktikan dengan nilai faktor keamanan yang lebih besar ketika dilakukan perkuatan dengan menggunakan geotekstil.
2. Efektivitas geotekstil paling tinggi dalam kondisi *undrained* karena kemampuan tanah untuk mempertahankan tekanan pori yang tinggi, yang mendukung hubungan yang lebih baik antara tanah dan geotekstil.
3. Dalam kondisi *drained*, meskipun gaya tarik lebih rendah, stabilitas keseluruhan tanah meningkat karena pengurangan tekanan pori, yang mencegah kegagalan shear dan meningkatkan faktor keamanan.
4. Tanpa geotekstil, tanah cenderung mengalami deformasi yang lebih besar dan memiliki faktor keamanan yang lebih rendah, menunjukkan pentingnya penggunaan geotekstil dalam perbaikan tanah.
5. Berdasarkan hasil penelitian, diperoleh bahwa efek dari penggunaan geotekstil hanya memberikan pengurangan penurunan tanah kurang dari 5%, namun penggunaan geotekstil masih dapat dipertimbangkan untuk digunakan dengan sampel tanah uji yang berbeda.

Saran

Pada penelitian selanjutnya, disarankan untuk mengadopsi berbagai jenis tanah dasar yang berbeda seperti pasir dan batuan untuk analisis yang lebih komprehensif,

Pada penelitian selanjutnya, disarankan untuk menggunakan nilai kekakuan tarik geotekstil yang bervariasi saat pemodelan pada program komputer, Sehingga dapat diketahui bagaimana nilai distribusi tegangan yang terjadi apabila geotekstil semakin kaku maupun keadaan sebaliknya,

Pada penelitian selanjutnya, disarankan untuk menggunakan ketebalan lapisan timbunan yang bervariasi saat perhitungan metode manual & metode elemen hingga, Sehingga dapat diketahui bagaimana nilai distribusi tegangan yang terjadi apabila ketebalan lapisan timbunan memiliki tebal yang berbeda-beda,

Pada metode perhitungan elemen hingga menggunakan program komputer, perlu dilakukan *refine size mesh* dengan nilai yang lebih kecil (*very fine*) sehingga hasil perhitungan yang didapatkan menjadi lebih tepat dibandingkan dengan ukuran *mesh* yang lebih besar.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Standardisasi Nasional. (2017). *Persyaratan perancangan geoteknik* (SNI 8460:2017).
- Direktorat Bina Teknik. (2009). *Perencanaan dan pelaksanaan perkuatan tanah dengan geosintetik* (No. 003/BM/2009). Departemen Pekerjaan Umum.
- Haqqi, M. K. F., Yuwono, B. D., & Awaluddin, M. (2015). Survei pendahuluan deformasi muka tanah dengan pengamatan gps di Kabupaten Demak (studi kasus: Pesisir pantai Kecamatan Sayung). *Jurnal Geodesi Undip*, 4(4), 81-90. <https://doi.org/10.14710/jgundip.2015.9932>
- Hardiyatmo, H. C. (2017). *Geosintetik untuk rekayasa jalan perancangan dan aplikasi* (edisi ke-2). Gadjah Mada University Press.
- Holtz, R. D., Christoper, B. R., & Berg, R. R. (1998). *Geosynthetic design and construction guideline* (FHWA HI-95-038). National Highway Institute.
- Khohara, J. W., & Prihatiningsih, A. (2023). Analisis penurunan jalan di atas tanah gambut tanpa perbaikan di Pekanbaru. *JMTS: Jurnal Mitra Teknik Sipil*, 6(2), 393-406. <https://doi.org/10.24912/jmts.v6i2.21919>
- Koerner, R. M. (2005). *Designing with geosynthetics* (edisi ke-5). Pearson Prentice Hall.
- Lai, J. L. W., Wijaya, H., & Yuwono, A. (2023). Analisis perbandingan penurunan terhadap daya dukung fondasi tiang pada tanah ekspansif di Karawang Jawa Barat. *JMTS: Jurnal Mitra Teknik Sipil*, 6(4), 1057-1066. <https://doi.org/10.24912/jmts.v6i4.24694>
- Sastrawinata, S., & Suhendra, A. (2020). Studi pengaruh material geosintetik dalam distribusi beban kerja pada konstruksi jalan di atas tanah lunak. *JMTS: Jurnal Mitra Teknik Sipil*, 3(1), 59-68. <https://doi.org/10.24912/jmts.v3i1.7055>
- Vipulanandan, C., Bilgin, O., Guezo, Y. J. A., Vembu, K., & Erten, M. B. (2009). *Prediction of embankment settlement over soft soils*. Texas Department of Transportation and the Federal Highway Administration. <https://rosap.nrl.bts.gov/view/dot/16765>

