

ANALISIS STABILITAS TIMBUNAN MENGGUNAKAN *CORRUGATED CONCRETE SHEET PILE (CCSP)* DENGAN SOFTWARE PLAXIS 2D V22 (STUDI KASUS: RUAS JALAN SEKITAR GERBANG TOL SENTUL SELATAN)

(Landfill Stability Analysis Using Corrugated Concrete Sheet Pile (CCSP) with Plaxis 2D V22 Software (Case Study: Road Section near the South Sentul Toll Gate))

Kardina Jumadi¹, Akhmad Dofir², Azaria Andreas², Nuryani Tinumbia²

¹PT. Cipta Graha Abadi, Bandung

²Civil Engineering Department Universitas Pancasila

E-mail: dofir7560@yahoo.com

Diterima 14 Desember 2023, Disetujui 31 Maret 2024

ABSTRAK

Timbunan dalam proyek jalan memerlukan kondisi yang stabil sebelum bisa dilanjutkan pada pekerjaan selanjutnya. Faktor kestabilan tanah timbunan bergantung pada daya dukung tanah dasar, kuat geser tanah, elevasi rencana, dan sudut kemiringan timbunan. Penelitian ini berlokasi di salah satu sisi ruas jalan Tol Jagorawi dan Lingkar Luar Bogor, yakni di sekitar gerbang keluar Tol Sentul Selatan. Hasil penyelidikan tanah diperoleh klasifikasi tanah tipe clay di kedalaman 0 – 13 m (nilai N-SPT 3-5). Analisis awal menunjukkan kebutuhan timbunan dengan kedalaman bervariasi di sepanjang jalan (4.9 m - 2.4 m). Tujuan penelitian membandingkan stabilitas timbunan pada 2 kondisi berikut, kondisi 1 STA 1+789 – STA 1+850 (timbunan 4.9 m) menggunakan perkuatan CCSP di kiri dan kanan serta lapisan geotekstile sedalam 2 m, dan kondisi 2 STA 1+850 – STA 1+950 (timbunan 2.4 m) tidak menggunakan perkuatan apapun. Pendekatan penelitian menggunakan adalah kuantitatif deskriptif, data penelitian antara lain klasifikasi tanah, bor log, nilai N-SPT, data Soil properties sample tanah (C, ϕ , γ , dll) yang diambil dari lapangan. Selain itu juga dibutuhkan data parameter geotekstile dan CCSP yang akan dipakai. Analisis dilakukan menggunakan pendekatan Finite Elemen dan software Plaxis. Hasil analisis menunjukkan pada kondisi 1, nilai faktor keamanan 3.7, dimana sistem perkuatan yang diberikan mampu menahan 3.7x beban yang bekerja (kendaraan maupun tanah aktif). Sementara pada kondisi 2, menghasilkan nilai faktor keamanan sebesar 5.2. Hasil analisis menunjukkan bahwa 2 area ini memiliki faktor keamanan melampaui persyaratan dari literatur yang ada, yaitu 1.5.

Kata Kunci: Kestabilan Lereng, Stabilitas Timbunan, Plaxis, CCSP, Finite Elemen Method

ABSTRACT

Landfill in road projects requires a stable condition before it can be continued on further work. The stability factor of the landfill depends on the bearing capacity of the subgrade, the shear strength of the soil, the planned elevation, and the angle of inclination of the landfill. This research is located on one side of the Jagorawi Toll road and the Bogor Outer Ring Road, near the South Sentul Toll exit gate. The results of the soil investigation obtained a clay type soil classification at a depth of 0 – 13 m (N-SPT value 3-5). Initial analysis shows the need for landfill height, varies along the road (ranging 4.9 m - 2.4 m). The purpose of this research is to compare the stability of the landfill in the following 2 conditions, 1st condition from STA 1+789 – STA 1+850 (4.9 m height of landfill) using Corrugated Concrete Sheet Pile (CCSP) reinforcement on the left and right of the road side with a 2 m deep geotextile layer, and 2nd condition from STA 1+850 – STA 1+950 (2.4 m height of landfill) does not use any reinforce. The research approach uses quantitative descriptive, research data including other soil classifications, bor logs, N-SPT values, soil properties from samples (C, ϕ , γ , etc.) taken from the site. Apart from that, data on the geotextile and CCSP parameters that will be used is also needed. Analysis was carried out using the Finite Element approach and Plaxis 2D V22 software. The results show that in 1st condition, the safety factor value is 3.7, where the reinforcement system provided is able to withstand 3.7x the working load (vehicles and active soil). Meanwhile, on the 2nd condition produces a safety factor value of 5.2. The analysis results show that these 2 areas have a safety factor that exceeds the existing literature requirements, namely 1.5.

Keywords: Slope Stability, Landfill Stability, Plaxis, CCSP, Finite Elemen Method

PENDAHULUAN

Kestabilan timbunan merupakan salah satu keutamaan dalam desain perencanaan geoteknik. Kestabilan lereng timbunan adalah kondisi yang mantap/ stabil terhadap bentuk dan dimensi lereng (Sabbah dkk, 2020). Lereng merupakan suatu permukaan tanah yang memiliki kemiringan dan membentuk sudut tertentu terhadap bidang horizontal dan tidak terlindungi. Lereng biasanya terdapat di tepi jalan maupun di sungai sungai (Kurniawan dan Rahayu, 2022). Salah satu faktor kestabilan timbunan bergantung pada daya dukung tanah dasar, kuat geser tanah, rencana tinggi, dan kemiringan dari timbunan (hardiyatmo, 2006). Daya dukung tanah dasar berguna untuk menopang beban timbunan. Sedangkan kemiringan dan tinggi timbunan menjadi faktor besarnya beban yang akan ditahan oleh tanah dasar. Apabila kestabilan timbunan tidak dijaga maka resiko keruntuhan seperti longsor yang dapat terjadi di sepanjang badan jalan serta slope timbunan. Dari 3 faktor penting penentu kestabilan timbunan tersebut, kemiringan dan tinggi timbunan yang dapat dikontrol dan dibatasi saat proses desain jalan (Das, 2010).

Lokasi penelitian berada di sisi ruas jalan Tol Jagorawi dan Lingkar Luar Bogor, yakni di sekitar gerbang keluar Sentul Selatan yang akan dibangun ruas jalan penghubung. Hasil *soil investigasi* diperoleh kondisi tanah dengan tipe clay mulai dari kedalaman 0 – 13 m. Selain itu diperoleh juga nilai N-SPT dengan rata-rata nilai 3-5 sampai kedalaman 13 m. Analisis awal menunjukkan kebutuhan timbunan dengan kedalaman yang berbeda di sepanjang segmen jalan (maksimum 4.9 m dan minimum 2.4 m). Pada timbunan setinggi 4.9 m, direncanakan menggunakan perkuatan kombinasi geotekstile dan CCSP di sisi kiri dan kanan jalan. Sementara pada timbunan setinggi 2.4 m, tidak menggunakan perkuatan apapun.

Stabilisasi tanah adalah proses yang sangat umum di hampir semua proyek jalan. Secara garis besar semua jenis stabilisasi tanah dapat digolongkan menjadi dua kelompok, yaitu stabilisasi mekanis dan stabilisasi kimia. Dalam stabilisasi mekanis, gradasi suatu tanah diubah dengan mencampurkannya dengan jenis tanah lain yang mutunya berbeda. Dengan demikian, massa tanah yang padat dapat dicapai. Di sisi lain, stabilisasi kimia dikaitkan dengan modifikasi sifat-sifat tanah dengan penambahan bahan kimia aktif. Dalam stabilisasi tanah, sangat penting untuk memahami sifat material yang terlibat dalam campuran dan hasil setelah pencampuran. Selain itu, penting untuk mengetahui bagaimana kinerja material setelah stabilisasi. Pada saat yang sama, dampak proses terhadap struktur di dekatnya dan kondisi sekitarnya perlu dievaluasi. Oleh karena itu, keputusan dapat diambil mengenai pemilihan bahan dan dosis yang sesuai. Selain pemilihan bahan dan dosis, ada banyak faktor lain yang menentukan efektivitas metode ini, misalnya. pencampuran dan penyebaran, pemilihan roller, ketebalan lapisan pemadatan, upaya pemadatan, urutan operasi, pengawetan, kondisi lingkungan dan iklim, dll (Patel dan Anjan, 2019). Liu dkk tahun 2015

menyatakan bahwa analisis stabilitasi tanah yang paling akurat adalah menggunakan metode keseimbangan batas. Metode keseimbangan batas *Limit Equilibrium Method* (LEM) telah banyak digunakan oleh para peneliti dan insinyur yang melakukan analisis stabilitas lereng. Metode yang paling umum digunakan untuk menganalisis kesetimbangan batas suatu lereng adalah metode irisan, seperti metode irisan biasa (Fellenius) dan metode Bishop, Spencer, dan Morgenstern-Price. Teknik irisan terkenal sebagai masalah statis tak tentu dan diselesaikan dengan mengasumsikan distribusi kekuatan internal. Oleh karena itu, hasil yang diperoleh dari metode tertentu dapat berbeda-beda berdasarkan asumsi berbeda yang digunakan. Analisis kestabilan lereng dengan menggunakan metode elemen hingga telah telah diterima secara luas dalam literatur selama bertahun-tahun.

Permasalahan penelitian yang diangkat adalah kondisi tanah pada lokasi pekerjaan timbunan adalah tanah lempung lunak dengan nilai N-SPT 3-5 sampai di kedalaman 13 m. selain itu terdapat tinggi timbunan dengan menggunakan perkuatan tanah jenis CCSP dengan tinggi timbunan maksimum yaitu 4.9 m dan terakhir adalah terdapat timbunan tanpa menggunakan perkuatan tanah dengan tinggi timbunan maksimum adalah 2.4 m. Oleh karena itu yang menjadi pertanyaan penelitian adalah, berapa nilai faktor keamanan untuk area dengan timbunan setebal 4.9 m dan berapa nilai faktor keamanan untuk area dengan timbunan setebal 2.4 m. Berdasarkan rumusan masalah tersebut, maka tujuan penelitian ini adalah membandingkan stabilitas timbunan pada 2 kondisi berikut yaitu, menganalisis keamanan timbunan pada STA 1+789 – STA 1+850 yang memiliki timbunan setebal 4.9 m (direncanakan akan menggunakan perkuatan CCSP di kiri dan kanan serta geotekstile), dan menganalisis keamanan timbunan STA 1+850 – STA 1+950 yang memiliki timbunan setebal 2.4 m (direncanakan tidak akan menggunakan perkuatan apapun). Hasil penelitian diharapkan dapat menjadi masukan atau rekomendasi dari pelaksanaan kegiatan perbaikan kondisi tanah untuk konstruksi ruas jalan yang akan dibangun.

Faktor Keamanan Kestabilan Lereng

Kriteria perencanaan lereng pada umumnya didasarkan pada suatu konsep keamanan yang memperhitungkan beberapa faktor ketidakpastian mulai dari tahapan penyelidikan tanah lapangan, test laboratorium, interpretasi hasil penyelidikan tanah dan penentuan parameter disain, serta faktor pengawasan dan pelaksanaan konstruksi. Mengacu pada SNI 8460:2017 tentang Persyaratan Perancangan Geoteknik, faktor-faktor yang mempengaruhi angka keamanan lereng antara lain adalah: Kualitas hasil penyelidikan tanah, Reliabilitas parameter kuat geser rencana, Design condition yang ditinjau (*short term* atau *long term*), Tinggi timbunan, Keberadaan bangunan di atas lereng, Karakteristik tegangan-regangan dan interaksi tanah dan struktur, Kualitas supervisi pada tahap pelaksanaan, dan *Engineering judgment*. Persyaratan angka keamanan

lereng yang biasa digunakan dapat dilihat pada tabel-tabel berikut ini.

Tabel 1. Rekomendasi Angka Keamanan Minimum

Besarnya Biaya dan Konsekuensi Kegagalan Lereng	Faktor Ketidakpastian Pengukuran Kekuatan	
	Kecil	Besar
Biaya perbaikan sebanding dengan biaya konstruksi. Tidak ada bahaya bagi kehidupan manusia dan properti lainnya jika lereng gagal.	1.25	1.5
Biaya perbaikan jauh lebih besar dibandingkan biaya konstruksi, atau bahaya terhadap nyawa manusia dan properti berharga lainnya jika lereng rusak.	1.5	2.0 Atau lebih

Tabel 2. Rekomendasi Angka Keamanan Minimum dari Beberapa Institusi Internasional

United States (Federal Register, 1997)	Nilai Faktor Keamanan Minimum
Akhir konstruksi	1.3
Kolam parsial dengan konstruksi rembesan yang stabil	1.5
Rembesan yang stabil dari saluran pelimpah atau puncak tuang	1.5
Gempa bumi (kasus II dan III dengan pembebanan seismik)	1.0

Tabel 3. Rekomendasi Angka Keamanan Minimum dari Beberapa Institusi Internasional (lanjutan)

United States (D'appolonia Consulting Engineers, Inc., 1975)	Saran Faktor Keamanan Minimum Dengan Potensi Bahaya		
	Tinggi	Sedang	Rendah
Desain berdasarkan parameter kekuatan geser yang diukur di laboratorium	1.5	1.4	1.3
Desain yang mempertimbangkan percepatan seismik maksimum yang diperkirakan terjadi di lokasi	1.2	1.1	1.0

Metode Analisis Stabilitas Lereng

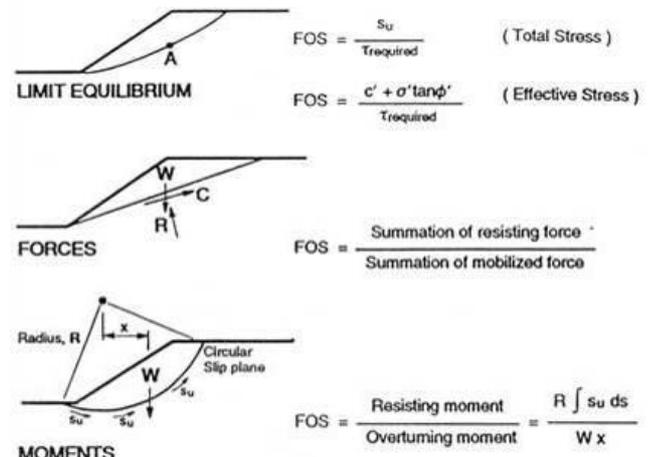
Metode yang digunakan dalam analisis stabilitas lereng telah mengalami perkembangan yang cukup pesat. Dewasa ini, melalui pendekatan metoda elemen hingga dengan memperhitungkan karakteristik tegangan-regangan tanah yang bersifat non linear, analisis stabilitas lereng dapat dilakukan dengan lebih mendekati kondisi aktual di lapangan. Perkembangan juga terjadi pada perubahan konsep faktor keamanan. Berikut ini akan diuraikan metoda yang lazim digunakan dalam analisis stabilitas lereng, yaitu limit equilibrium method dan finite element method.

Teori Kestimbangan Batas

Analisis kestabilan lereng dilakukan berdasarkan teori kesetimbangan batas (*Limit Equilibrium Theory*). Dengan

metoda ini diperoleh faktor keamanan suatu lereng yang diuji, dengan cara membandingkan gaya yang mempertahankan masa tanah untuk tetap stabil dengan gaya yang menggerakkan masa tanah sepanjang bidang longsor. Analisis stabilitas dilakukan dengan memberikan asumsi bidang-bidang keruntuhan pada masa tanah dan membagi daerah-daerah tersebut menjadi irisan-irisan vertikal. Bidang-bidang runtuh dapat berupa lingkaran, komposit (misalnya gabungan antara lingkaran dan bidang runtuh linear) atau bentuk-bentuk lain yang dispesifikasikan.

Ketidakstabilan suatu timbunan dapat menimbulkan kelongsoran dari timbunan akibat daya dukung tanah yang rendah. Selain itu timbunan juga akan mengalami pemampatan dari lapisan tanah dasar yang besar akibat peristiwa konsolidasi (Manurung dkk, 2021). Pemampatan konsolidasi adalah pengurangan volume tanah yang diakibatkan oleh keluarnya air pori dari dalam tanah. Untuk menganalisis stabilitas suatu timbunan dapat digunakan metode keseimbangan batas (limit equilibrium method) yaitu program bantu XSTABL, GEO5, dan GeoStudio-SLOPE/W; di samping itu tersedia juga metode elemen hingga (*finite element method*) yang berupa program bantu PLAXIS 2D V22. Konsep angka keamanan yang digunakan dalam Teori Kestimbangan Batas dijelaskan secara visual dalam Gambar berikut ini.



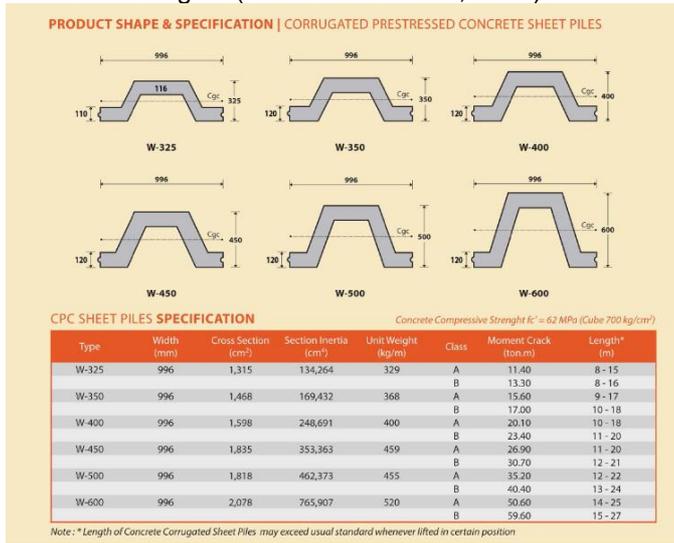
Gambar 1. Konsep Angka Keamanan dalam Teori Keseimbangan Batas

Metoda Elemen Hingga

Metode elemen hingga atau *Finite Element Method* (FEM) adalah metode alternatif yang banyak digunakan dalam menganalisa stabilitas lereng, hal tersebut dikarenakan metode ini dinilai memiliki akurasi yang baik terutama dalam analisis kegagalan mekanis (Sungkar dkk, 2020). Penggunaan FEM bertujuan untuk membantu dan memudahkan penggunaannya dalam proses analisis. Hasil perhitungan dengan metoda elemen hingga sangat tergantung pada pemilihan constitutive model yang dapat menggambarkan perilaku nonlinear tanah dengan lebih realistis. Saat ini telah tersedia berbagai *constitutive* model antara lain, untuk model keruntuhan Mohr-Coulomb, *soft soil* model, *cam-clay* model, *hardening soil* model, *soft soil creep* model dan lain-lain.

Corrugated Concrete Sheet Pile (CCSP)

CCSP merupakan jenis sheet pile dengan bentuk bergelombang yang terbuat dari material beton bertulang pracetak. Menurut SNI 8460-2017 tentang persyaratan perancangan geoteknik, CCSP termasuk ke dalam jenis dinding penahan tanah tipe embedded walls atau dinding penahan tanah yang dipasang tertanam. Tipe CCSP mendapatkan stabilitas dan kekuatan dari tekanan tanah pasif. Pada umumnya CCSP dengan jenis sheet pile disusun dengan pola saling mengunci dan biasa diberi perkuatan lateral tambahan (BSN, 2017). CCSP memiliki keunggulan dalam proses pengerjaan, sifatnya yang pracetak membuat pengaplikasian di lapangan menjadi relatif lebih singkat (Astuti dan Prastivi, 2018).



Gambar 2. Spesifikasi Produk CCSP W-450

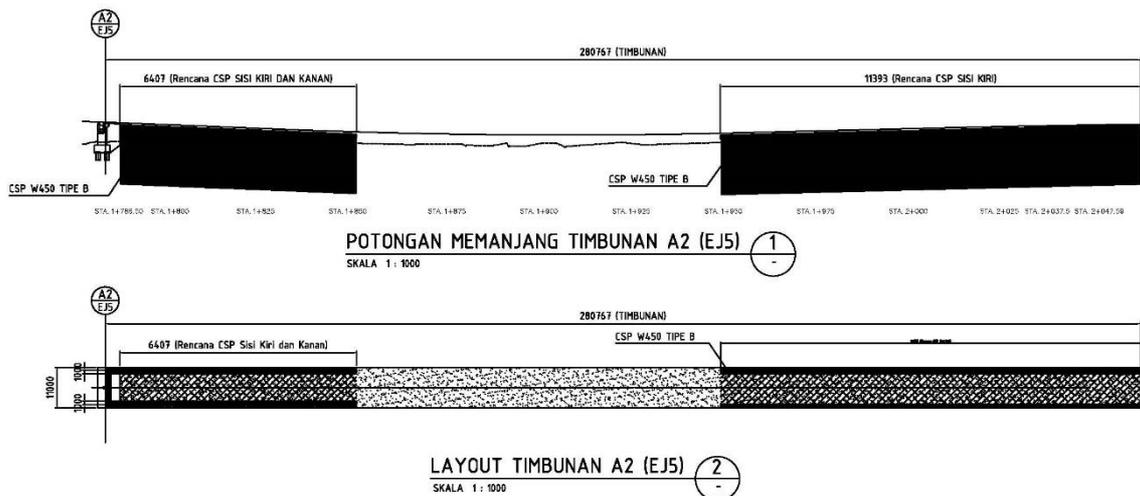
METODE

Metode penelitian menggunakan pendekatan Kuantitatif Deskriptif. Lokasi penelitian berada di sisi ruas jalan Tol Jagorawi dan Lingkar Luar Bogor, yakni di sekitar gerbang keluar Sentul Selatan seperti dapat dilihat pada gambar di bawah ini.



Gambar 3. Lokasi Studi Kasus Penelitian (ditandai dengan garis kuning)

Gambar berikut memperlihatkan potongan memanjang dan layout (tampak atas) dari lokasi area yang akan dianalisis (STA 1+788.50 – STA 2+047.59) sebagaimana juga ditandai dengan garis kuning pada Gambar 3.

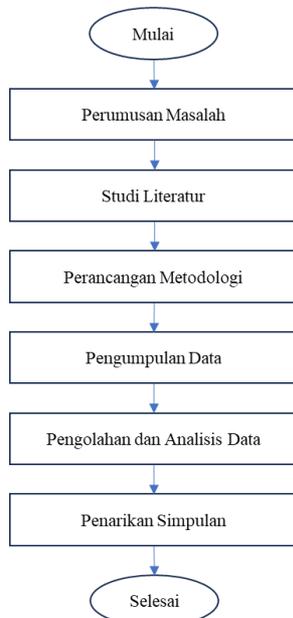


Gambar 4. Layout dan Potongan Memanjang area Timbunan A2

Dari gambar tersebut dapat dilihat bahwa potongan memanjang jalan yang akan dibangun, pada STA 1+788.50 – STA 1+850 akan diberi perkuatan CCSP di sisi kiri dan kanan, di bagian tengah tidak akan diberi perkuatan CCSP, selanjutnya pada STA 1+950 – STA 2+047.59 akan diberi perkuatan CCSP di sisi kiri. Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah sampel tanah hasil pelaksanaan soil investigation. Adapun data karakteristik tanah yang dibutuhkan adalah tipe tanah hasil bor log, dan nilai N-SPT. Sementara untuk soil

properties sample tanah yang telah melalui hasil pengujian di lab antara lain nilai kohesi (C), sudut geser (ϕ), berat jenis tanah (γ), dll. Metode pengumpulan data dilakukan dengan mengambil sample tanah di lokasi studi. Selain itu juga dibutuhkan data parameter geotextile yang akan dipakai.

Urutan pelaksanaan penelitian dapat dijelaskan secara singkat pada bagan alir sebagai berikut.



- Dimulai dengan perumusan masalah dari kondisi aktual di lapangan, kemudian melakukan studi literatur untuk mendapatkan pemahaman yang lebih mendalam terhadap permasalahan di lapangan serta solusi dan penyelesaiannya yang berasal dari artikel ilmiah yang telah terbit di Jurnal maupun di textbook.
- Setelah itu dilanjutkan dengan perancangan metodologi penelitian yang mengidentifikasi tahapan pelaksanaan penelitian, kebutuhan data dan metode pengumpulan data penelitian, dan mengidentifikasi metode analisis data yang dapat menjawab tujuan dari penelitian.
- Selanjutnya adalah pengumpulan data sesuai dengan hasil rancangan metodologi.
- Data yang terkumpul kemudian diolah dan dianalisis menggunakan metode analisis dan alat bantu/ software seperti yang sudah direncanakan.
- Hasil analisis kemudian akan dibahas dan disimpulkan untuk menjawab penelitian ini. Berikut adalah bagan alir pelaksanaan penelitian.

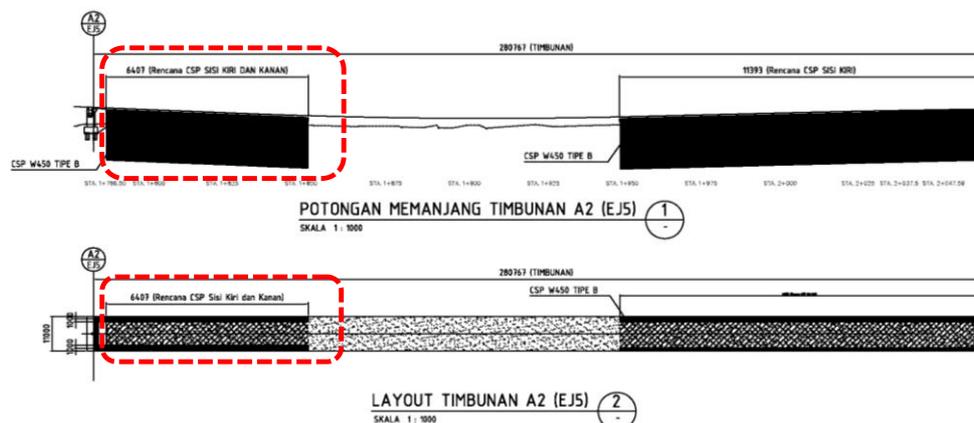
Gambar 5. Bagan Alir Pelaksanaan Penelitian

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah sampel tanah hasil pelaksanaan *soil investigation*. Adapun data karakteristik tanah yang dibutuhkan adalah tipe tanah hasil bor log, dan nilai N-SPT. Sementara untuk *soil properties* sample tanah yang telah melalui hasil pengujian di lab antara lain nilai kohesi (C), sudut geser (ϕ), berat jenis tanah (γ), dll. Metode pengumpulan data dilakukan dengan mengambil sample tanah di lokasi studi. Selain itu juga dibutuhkan data parameter geotextile yang akan dipakai.

Lingkup analisis data terbagi menjadi 2 Kondisi, dimana Kondisi 1 adalah menganalisis kekuatan CCSP yang dipasang di sisi kiri dan kanan, serta Kondisi 2 adalah menganalisis kestabilan timbunan. Kondisi 1 Menganalisis kekuatan CCSP yang dipasang di sisi kiri dan kanan. Memiliki Tahapan analisis dengan

menggunakan software *PLAXIS 2D Connect Edition V22* adalah sebagai berikut:

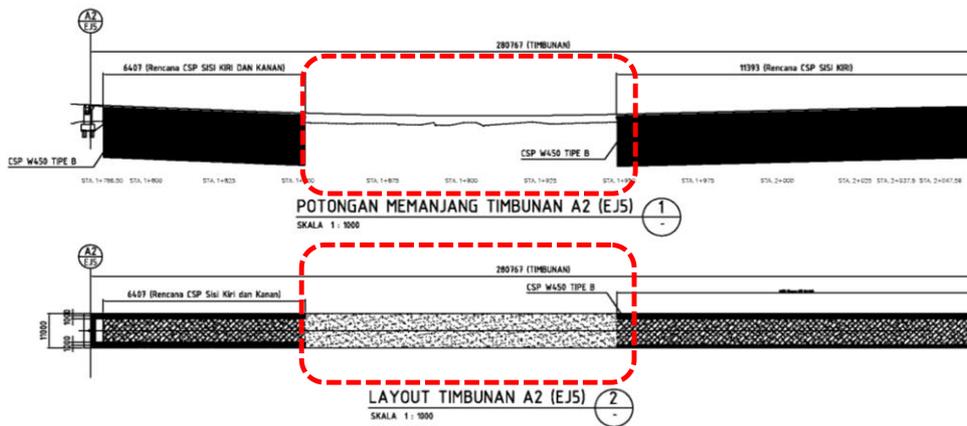
- Pemasangan Geotekstile tipe woven (teranyam) yang terbuat dari Polypropylene (PP) pada lapisan tanah dasar. Adapun geotekstil woven memiliki fungsi sebagai separator, maksudnya adalah material di diposisikan antara tanah lunak dengan timbunan yang akan bekerja sebagai separator dan filter.
- Pemasangan *concrete sheet pile* CSP W450
- Timbunan dilakukan sampai elevasi desain tercapai dan dilakukan bertahap per 2 m lalu diberikan geotekstile.
- Aktifkan beban kendaraan 10 kPa
- Dilihat pergerakan dan gaya dalam yang terjadi pada CCSP juga stabilitas timbunan



Gambar 6. Layout Dan Potongan Area Timbunan Dengan CCSP Sisi Kiri Dan Kanan

Kondisi 2 Menganalisis kestabilan timbunan tanpa pemasangan CCSP. Memiliki tahapan analisis dengan menggunakan PLAXIS adalah sebagai berikut:

- Input data timbunan
- Aktifkan beban kendaraan 10 Kpa
- Cek faktor keamanan stabilitas timbunan



Gambar 7. Layout Dan Potongan Memanjang Area Timbunan Tanpa Perkuatan

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kondisi 1 Menganalisis kekuatan CCSP yang dipasang di sisi kiri dan kanan.

Berikut adalah parameter perencanaan yang digunakan dalam analisis:

Tabel 4. Parameter Desain Berdasarkan Data Tanah BH A2 Ramp 1 (*Unraind Parameter*)

No. Layer	Depth m	Thicknes m	Soil Type	N-SPT	Cu kPa	phi' deg	γwet kN/m3	Eu kN/m3	v'
1	0 - 5	5	clay or	clay	6	0	16	7500	0.3
2	5 - 9	4		silt	5	28	15	9500	0.3
3	9 - 13	4	sand	8	28	15	11000	0.3	
4	13 - 50	37	sand	60	40	19	37000	0.3	

Tabel 5. Parameter Desain Tanah Timbunan Pilihan

Soil Type	Cu kPa	phi' deg	γwet kN/m3	Eu kN/m3	v'
sandy Clay	50	30	18	12500	0.3

Parameter geotekstile yang digunakan adalah sebagai berikut:

Tabel 6. Paramater Geotekstile

EA	500 kN/m/m
P	50
ε	10%

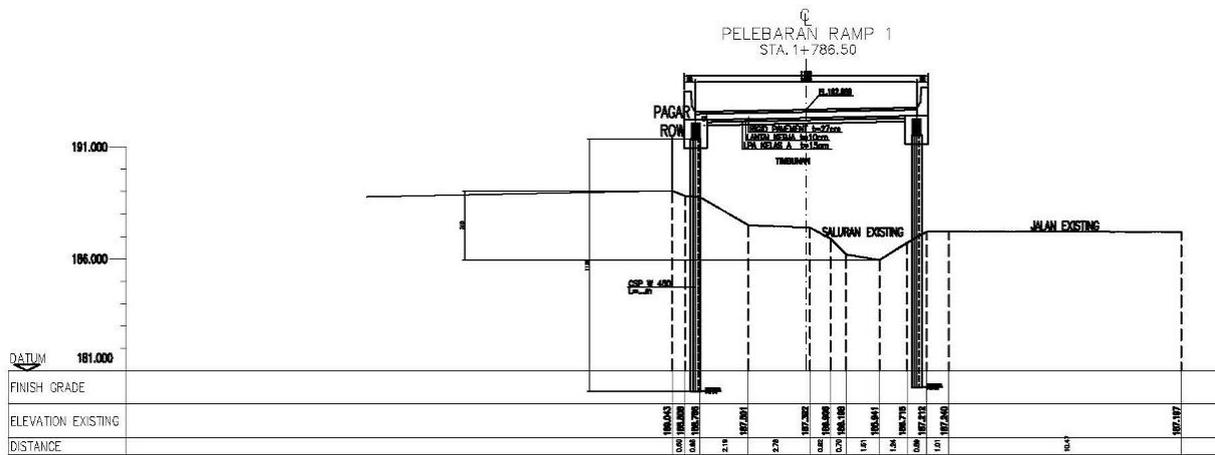
Adapun CCSP dimodelkan sebagai *beam element*. Parameter kekakuan material dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 7. Paramater Design Untuk *Beam Element*

Struktur	Model	EA kN/m	EI kNm2/m	w kN/m/m	Mu kNm
CSP W450A	Beam	3853500	74206.23	4.59	269

Model potongan area tinjauan STA 1+786 dapat dilihat pada gambar berikut. Dari gambar potongan ini dapat dilihat kontur tanah asli dan rencana elevasi jalan. Terlihat bahwa elevasi tinggi timbunan terbesar adalah

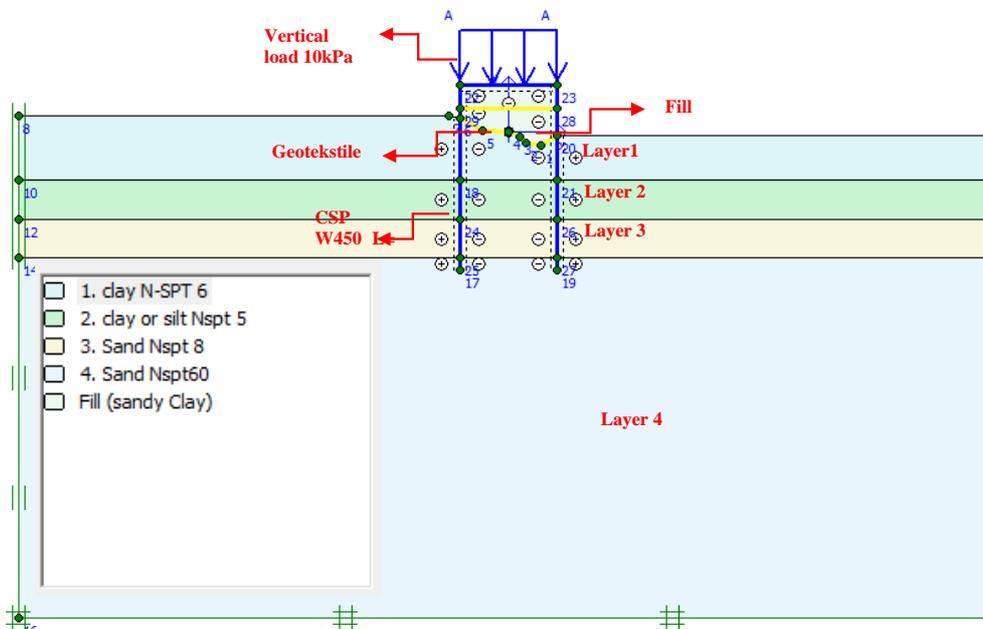
4,9 m di posisi kanan. Adapun timbunan akan menggunakan tanah timbunan pilihan dengan kombinasi tanah lempung berpasir (*sandy clay*) sesuai tabel 5.



Gambar 8. Potongan STA 1+786

Model analisis dapat dilihat pada gambar berikut. langkah pertama adalah membuat pemodelan potongan melintang pada bagian cross section yang akan ditinjau. Pertama menginput layer tanah sesuai dengan kondisi data tanah yang diperoleh di lapangan. Selanjutnya menginput jenis perkuatan yang akan digunakan, yaitu

sheet pile tipe CCSP dan geotekstile yang membatasi zona tanah timbunan dengan tanah lapisan 1. Selanjutnya input beban vertikal 10kPa secara beban merata pada seluruh panjang potongan melintang ruas jalan.



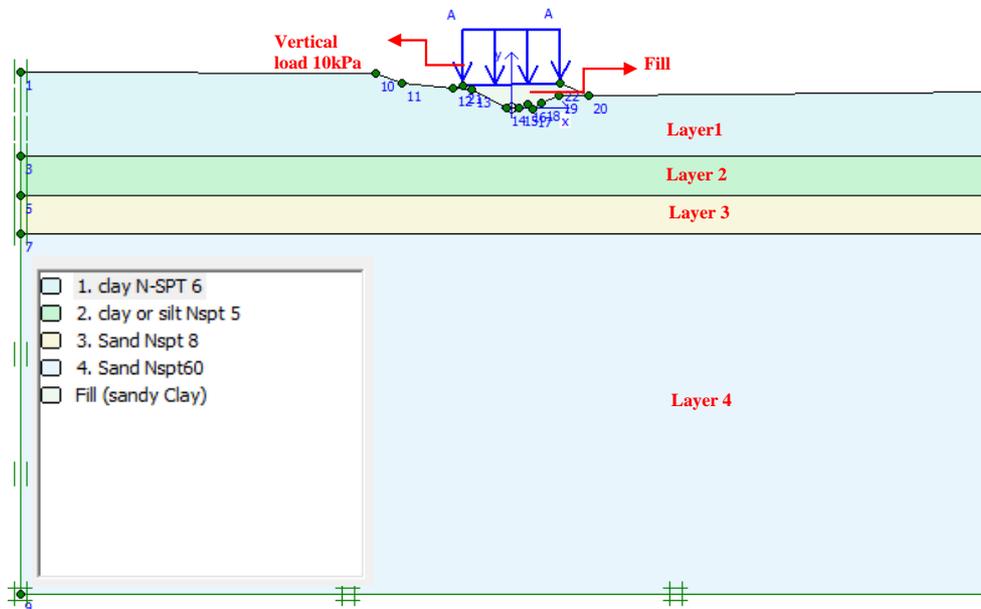
Gambar 9. Model Analisis Potongan STA 1+786

Dari hasil analisis diperoleh faktor keamanan sebesar 3.7 Nilai faktor keamanan mamsih memenuhi kriteria faktor kemanan untuk stabilitas timbunan. Bending moment maksimum yang terjadi adalah sebesar 50 kNm untuk CSP kiri dan 65 kNm untuk CSP kanan, nilai tersebut masih lebih kecil dari moment ultimit CSP W-450 yaitu tipe A yaitu sebesar 269 kNm.

memberikan tekanan tanah aktif yang cukup besar. Dari gambar yang memperlihatkan deformed mesh, sisi kiri jalan yang memiliki elevasi tanah asli lebih tinggi dari sisi kanan jalan memberikan tekanan tanah pada CCSP, sehingga deformasi yang terjadi ke arah sisi kanan. Hal ini juga dapat dilihat dari gambar total displacement yang memperlihatkan displacement terbesar justru ada di CCSP dan kondisi tanah di sisi kanan. Untuk gambar bending moment, CCSP di sisi kiri mengalami momen (-) yang lebih besar, sementara CCSP sisi kanan mengalami momen (+) yang lebih dominan.

Hasil Analisis Potongan STA 1+786 dapat dilihat pada gambar berikut. Adapun pengaruh beban vertikal memberikan tekanan dan menyebabkan deformasi arah vertikal, sementara beban horizontal dari tanah di sisi kiri

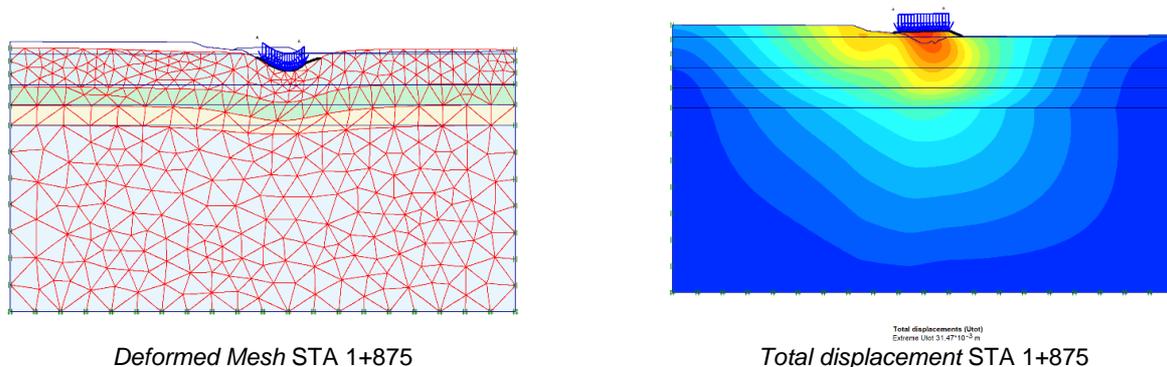
faktor keamanan tersebut masih memenuhi kriteria faktor keamanan untuk stabilitas timbunan.



Gambar 12. Model Analisis STA 1+875

Hasil Analisis Potongan STA 1+875 dapat dilihat pada gambar berikut. Adapun pengaruh beban vertikal memberikan tekanan dan menyebabkan deformasi arah vertikal, sementara beban horizontal dari tanah di sisi kiri memberikan tekanan tanah aktif yang cukup besar. Dari

gambar yang memperlihatkan deformed mesh, sisi kiri jalan yang memiliki elevasi tanah asli lebih tinggi dari sisi kanan jalan memberikan tekanan tanah pada tanah timbunan yang cukup besar. Sementara untuk gambar total displacement, besar displacement terbesar ada di sisi kanan jalan.



Gambar 13. Hasil Analisis Potongan STA 1+875

Kesimpulan hasil analisis untuk kondisi 2 pada Potongan STA 1+875 adalah:

1. Analisis timbunan dilakukan pada potongan STA 1+875 karena memiliki tinggi timbunan yang paling besar yaitu ± 2.4 m
2. Dari hasil analisis diperoleh faktor keamanan sebesar 5.2

KESIMPULAN

Kesimpulan yang dapat diperoleh dari pelaksanaan penelitian ini adalah sebagai berikut. Pada kondisi 1, dimana akan dipasang CCSP pada sisi kiri dan kanan jalan ditambah perkuatan geotekstile per 2 m lapisan, menghasilkan nilai faktor keamanan sebesar 3.7, dimana sistem perkuatan yang diberikan mampu menahan 3.7x beban yang bekerja (kendaraan

maupun tanah pasif). Sementara pada kondisi 2, dimana tidak akan dipasang CCSP pada sisi kiri dan kanan, serta tidak dipasang perkuatan geotekstile menghasilkan nilai faktor keamanan sebesar 5.2. Faktor keamanan pada kondisi 2 lebih besar daripada kondisi 1 dikarenakan tinggi timbunan yang hanya sebesar 2.4 m pada kondisi 2, hal ini berbeda dengan kondisi 1 yang tinggi timbunan mencapai 4.9 m. Secara umum hasil analisis menunjukkan bahwa 2 area ini memiliki faktor keamanan yang lebih dari persyaratan. Jika mengacu pada Tabel 1, maka angka faktor keamanan 2.0 sudah bisa dilampaui pada analisis kondisi 1 dan kondisi 2.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini tidak dapat terlaksana tanpa bantuan berbagai pihak, khususnya kepada PT. Cipta Graha

Abadi sebagai Konsultan Perencana yang memberikan akses data primer maupun sekunder pada penelitian ini.

REFERENSI

- Sabbah, A. B., Mayasari, R., Pratiwi, I.,** (2020). Alternatif Stabilitas Timbunan dengan Batasan Korelasi Parameter Tanah Sepanjang Tol Serang-Panimbang Menggunakan Slope W. *Jurnal Konstruksia*, Vol. 12, No. 1, pp. 53 – 59.
- Kurniawan, A., Rahayu, H.,** (2022). Kajian Stabilitas Tanah dengan Steel Sheet Pile dan Corugated Concrete Sheet Pile pada Tikungan Luar Sungai Citanduy, *Science and Engineering National Seminar (SENS) 7*, Semarang, 15 Desember 2022.
- Hardiyatmo, H. C.,** (2006). *Mekanika Tanah 1*, Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- Das, Braja M.,** (2010). *Principles of Geotechnical Engineering (7 Ed.)*. Stamford: Cengage Learning.
- Patel, Anjan,** (2019). *Geotechnical Investigations and Improvement of Ground Conditions*, Woodhead Publishing, Cambridge International Science Publishing, ISBN 978-0-12-817048.
- Liu, S. Y., Shao, L. T., Li, H. J.,** (2015). Slope Stability Analysis Using the Limit Equilibrium Method and Two Finite Element methods, *Computers and Geotechnics*, Vol. 63, pp. 291-298, <http://dx.doi.org/10.1016/j.compgeo.2014.10.008>.
- Manurung, W. I., Mochtar, I. B., Satrya, T. R.,** (2021). Analisis Hasil Perencanaan pada Pemodelan Stabilitas Timbunan dengan Program Bantu XSTABL, GEO5, GeoStudio-SLOPE/W, dan Plaxis. *Jurnal Aplikasi Teknik Sipil*, Vol. 19, No. 3, pp. 295-304.
- Sungkar, M., Munirwansyah, M., Munirwan, R. P., Safrina, D.** (2020). Slope Stability Analysis Using Bishop And Finite Element Methods. *IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 933* (2020) 012035
- BSN.** (2017). 'SNI 8460-2017', *Persyaratan Perancangan Geoteknik*, 8460, p. 2017.
- Astuti, S.W. and Prativi, A.** (2018) 'Kesabilan Dinding Penahan Tanah Jenis Corrugated Concrete Sheet Pile (CCSP) Jembatan BH 1751 Lok Ulo', *Jurnal Perkeretaapian Indonesia*, III, pp. 40–44.