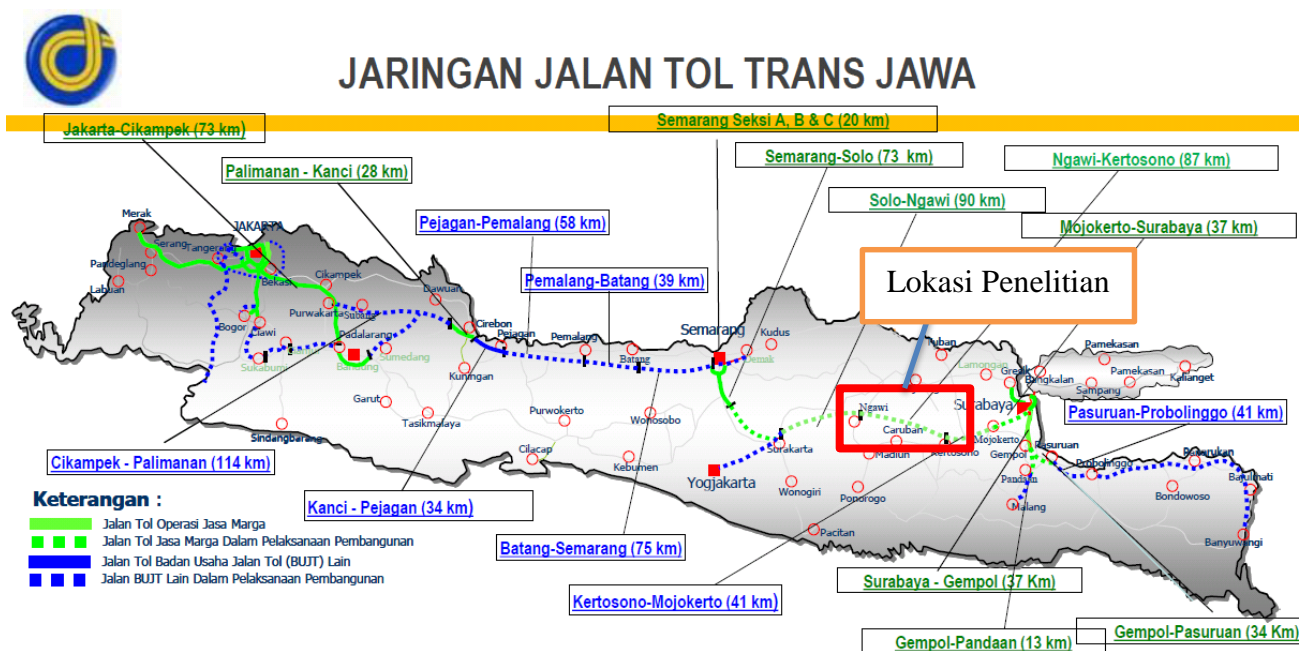


BAB IV METODE PENELITIAN

4.1 Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian ini adalah ruas jalan Tol Ngawi – Kertosono khususnya ruas Ngawi – Caruban seksi 3.1 yaitu pada Zone 1 STA 119 + 680 seperti pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1 Peta Ruas Jalan Tol Trans Jawa, Ngawi – Kertosono
(Sumber: Jasa Marga, 2015)

4.2 Data Penelitian

Penelitian ini menggunakan data sekunder yang meliputi:

1. data penyelidikan tanah,
2. peta lokasi,
3. data geosintetik, dan
4. data beban gempa.

4.3 Objek Penelitian

Objek dalam penelitian ini adalah pemodelan timbunan badan jalan di atas tanah lunak pada ruas jalan Tol Ngawi – Kertosono khususnya ruas Ngawi – Caruban seksi 3.1 yaitu pada Zone 1 STA 119 + 680, yang diperkuat dengan bahan geotekstil menggunakan program Plaxis v.8.2.

4.4 Metode Analisis Data

Analisa stabilitas timbunan badan jalan di atas tanah lunak pada penelitian ini menggunakan program Plaxis v.8.2. Untuk perkuatan pada timbunan badan jalan digunakan bahan dari geotekstil. Pada analisisnya akan dicari perbandingan faktor aman antara tanah dengan kondisi tanpa dan dengan perkuatan.

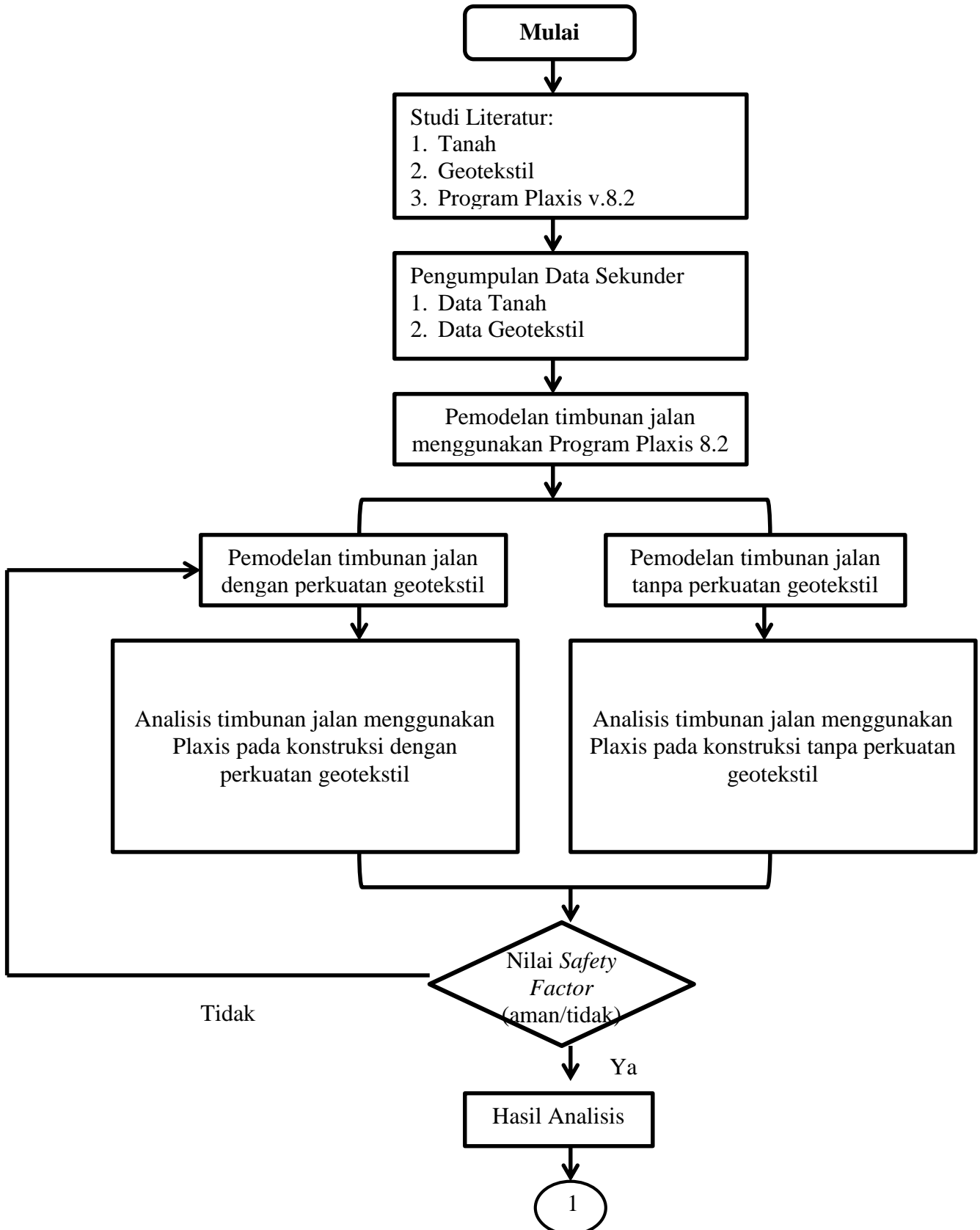
4.5 Langkah – Langkah Penelitian

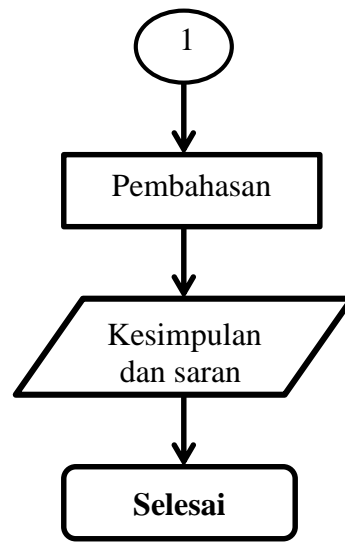
Secara umum penelitian ini dilakukan dalam tahapan-tahapan sebagaimana disajikan berikut ini.

1. Tahap pertama, mencari dan mempelajari literatur yang berhubungan dengan topik penelitian.
2. Tahap kedua, melakukan interpretasi terhadap data sekunder hasil penyelidikan dan laboratorium yang akan digunakan untuk analisis.
3. Tahap ketiga, melakukan analisis sesuai kondisi permasalahan dilapangan menggunakan program Plaxis. Kekurangan data dilakukan korelasi mengacu dari literatur yang ada.
4. Tahap keempat, melakukan analisis perkuatan timbunan jalan terhadap geosintetik yang digunakan.

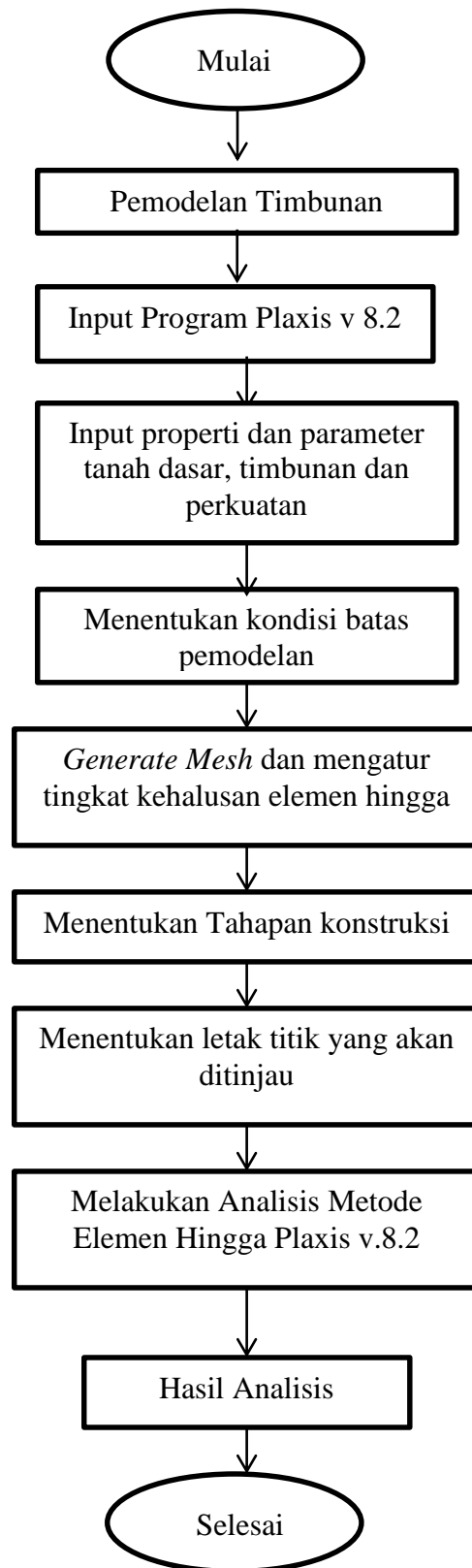
4.6 Bagan Alir

Tahapan penelitian diperlihatkan pada Gambar 4.2 bagan alir penelitian dibawah ini.





Gambar 4.2 Bagan Alir penelitian



Gambar 4.3 Bagan Alir Analisis dengan Program Plaxis v.8.2

4.7 Parameter Penelitian

4.7.1 Parameter Tanah

Parameter tanah sebagai masukan (*input*) pada analisis program Plaxis versi 8.2 didasarkan pada data sekunder yang diperoleh dari PT. LAPI-ITB, 2016. Data parameter tanah yang dijadikan *input* ke dalam program Plaxis dapat dilihat pada Tabel 4.1 dan Gambar 4.4.

Tabel 4.1 Parameter Tanah Yang Digunakan Untuk Analisis Stabilitas Timbunan Badan Jalan

| <i>Material name</i> | γ_b | γ_d | c | ϕ | v | E | k |
|--------------------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|--------------|-----|-------------------|------------------------|
| | kN/m ³ | kN/m ³ | kN/m ² | ⁰ | | kN/m ³ | m/hari |
| <i>Compacted fill material</i> | 17,8 | 14,8 | 22 | 19 | 0,3 | 3400 | 0,01 |
| <i>Compacted rebackfill material</i> | 17,8 | 14,8 | 20 | 5 | 0,3 | 3400 | 0,01 |
| <i>Soft (Layer 1)</i> | 15 | 11 | 6 | 0 | 0,3 | 1200 | 8,6x 10 ⁻⁴ |
| <i>Medium (Layer 2)</i> | 16 | 12 | 30 | 0 | 0,3 | 6000 | 8,6 x 10 ⁻⁴ |
| <i>Hard (layer 3)</i> | 17 | 14 | 100 | 0 | 0,3 | 20000 | 8,6 x 10 ⁻⁴ |
| <i>Below hard layer (Layer 4)</i> | 17 | 14 | 100 | 0 | 0,3 | 40000 | 8,6 x 10 ⁻⁴ |

Sumber : PT. LAPI-ITB (2016)

keterangan:

γ_b = berat isi basah (kN/m³),

γ_d = berat isi kering (kN/m³),

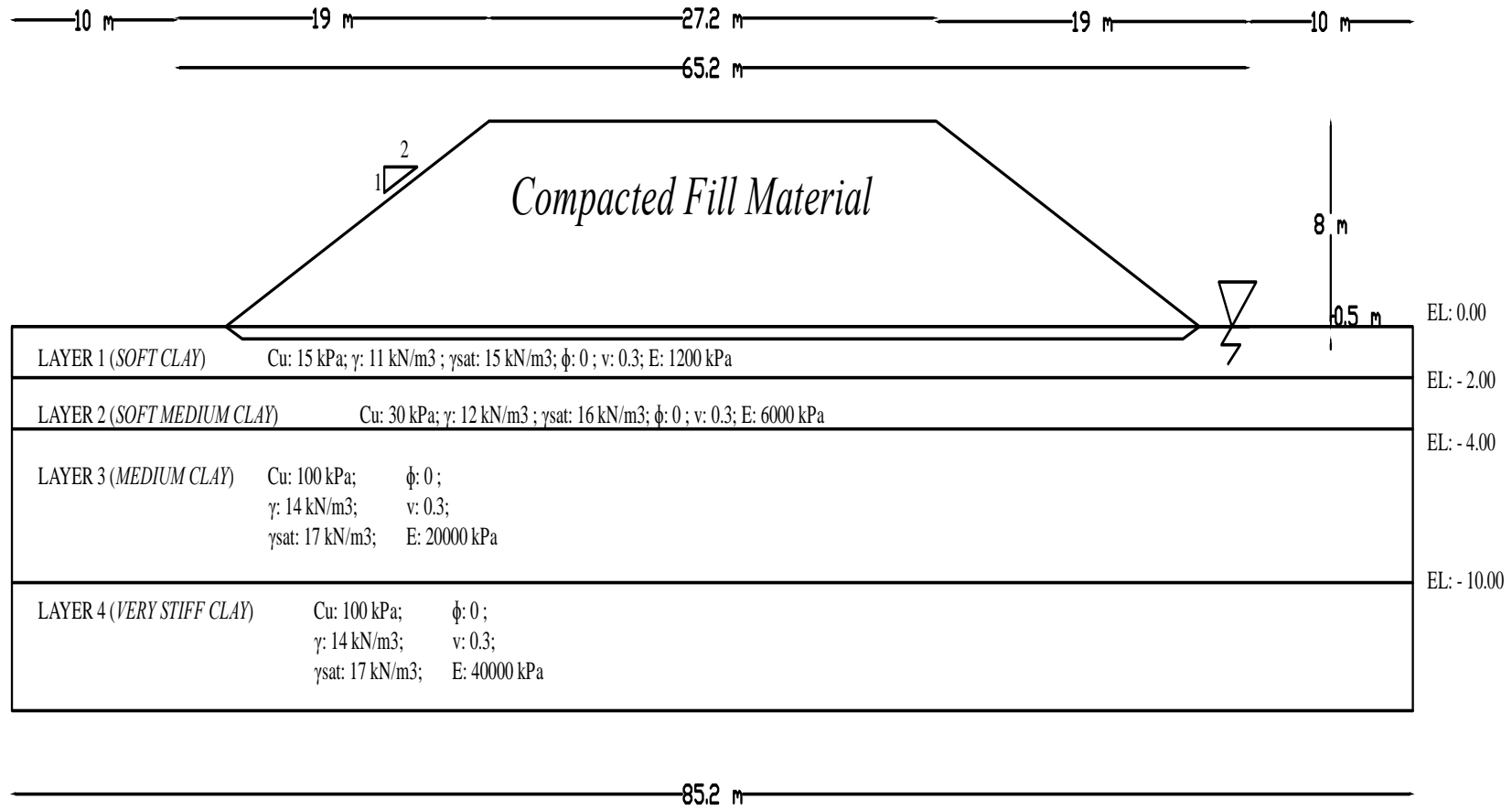
c = kohesi (kN/m²),

ϕ = sudut Geser (⁰),

v = angka Poisson ,

E = modulus Young (kN/m³), dan

k = permeabilitas (m/hari).



Gambar 4.4 Material Descriptions

4.7.2 Geotekstil

Nilai *input* untuk geotekstil diperoleh dengan menggunakan persamaan yang diberikan oleh program Plaxis yaitu berupa nilai *normal stiffness* (EA) yang dihitung dengan menggunakan Persamaan 4.1.

$$EA = \frac{F_g}{\Delta l/l} \quad (4.1)$$

keterangan:

F_g = kuat tarik ijin geotekstil (kN/m), dan

$\Delta l/l$ = regangan pada geotekstil.

Nilai kuat tarik ijin geotekstil dan regangannya diperoleh dari PT. LAPI-ITB, 2016. Data perkuatan geotekstil *woven* yang dijadikan *input* ke dalam program Plaxis versi 8.2 dapat dilihat pada Tabel 4.2.

Tabel 4.2 Parameter Geotekstil Yang Digunakan

| | <i>Tensile strength</i> (kN/m) | <i>Elongation</i> (%) |
|-------------------|--------------------------------|-----------------------|
| <i>Geotextile</i> | 50 | 5 |

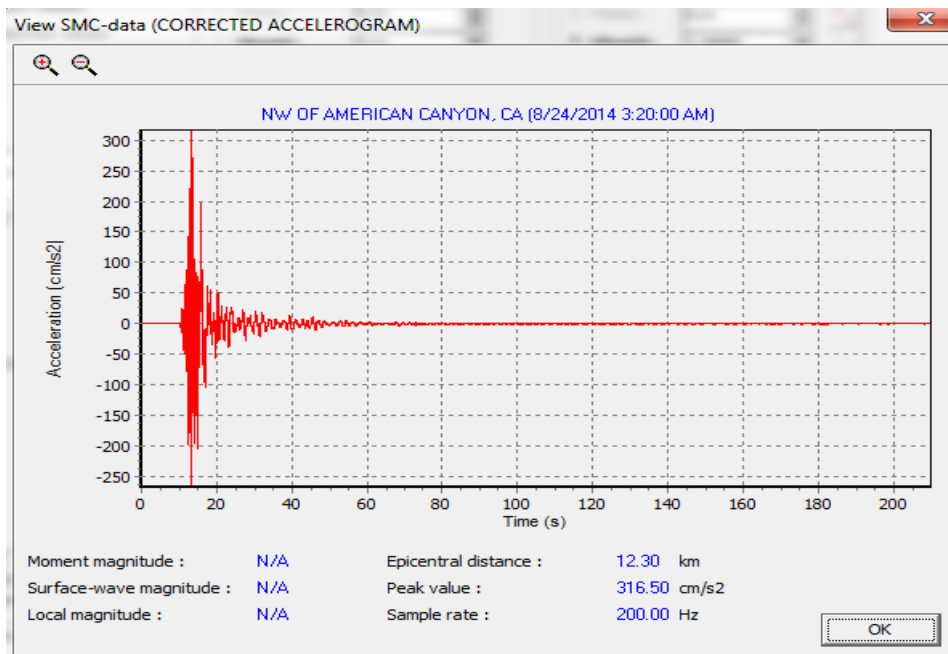
Sumber : PT. LAPI-ITB (2016)

Konstruksi timbunan yang dimodelkan dalam program Plaxis ini memperhatikan parameter *interface* (R_{inter}) yaitu interaksi antara tanah dengan geotekstil. Parameter *interface* yang dimasukkan ke dalam analisis program Plaxis sebesar 0,85 untuk jenis perkuatan geotekstil *woven*, sesuai dengan referensi di Tabel 3.1.

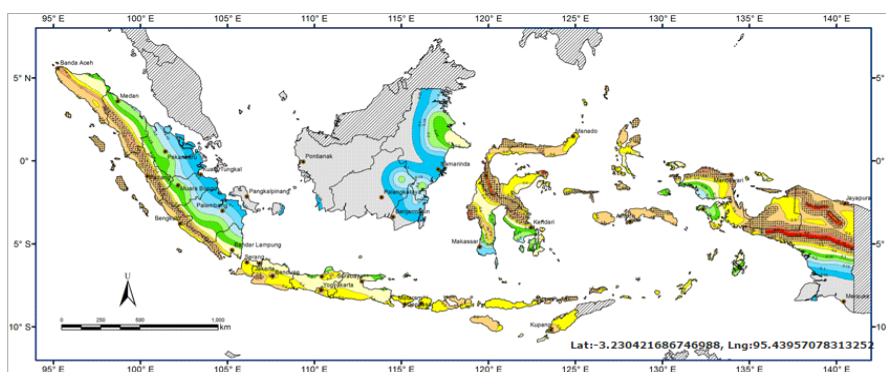
4.7.3 Beban Gempa

Waktu durasi gempa sebagai data masukan beban gempa pada program Plaxis diambil dari data yang dikumpulkan oleh *USGS* (*U.S. Geological Survey*). Beberapa grafik hubungan antara waktu dan percepatan gempa yang ada di dalam Plaxis dipilih berdasarkan peta zonasi gempa yang dikeluarkan oleh Kementerian Pekerjaan Umum yang diterbitkan pada tahun 2012. Dari peta dan grafik pada Gambar 4.5 wilayah Ngawi terdapat pada zona dengan percepatan gempa (S_B) sebesar 0,3 – 0,4 g. Data gempa yang sesuai dengan nilai tersebut adalah data gempa di kawasan South Napa pada tahun 2014 yang memiliki percepatan puncak

gempa sebesar 0,31 g. Waktu interval gempa yang dimasukan dalam Plaxis diambil sebesar 15 detik dengan anggapan telah melewati percepatan puncak.



Gambar 4.5 Grafik Hubungan Antara Percepatan Gempa dan Waktu Gempa South Napa, 24 agustus 2014
(Sumber: www.usgs.gov, 2016)



KETERANGAN (PGA, MCE_G):

- Area dengan spektrum respons percepatan konstan 60% g
- < 0.5 g
- 0.05 - 0.1 g
- 0.1 - 0.15 g
- 0.15 - 0.2 g
- 0.2 - 0.25 g
- 0.25 - 0.3 g
- 0.3 - 0.4 g
- 0.4 - 0.5 g
- 0.5 - 0.6 g
- 0.6 - 0.7 g
- 0.7 - 0.8 g
- 0.8 - 0.9 g
- 0.9 - 1.0 g
- 1.0 - 1.2 g

Dikembangkan oleh :
Tim Revisi Peta Gempa Indonesia-2010 bersama dengan Tim Pengembangan Peta Gerak Tanah Seismik dan Koefisien Risiko.

Didukung Oleh :
Kementerian Pekerjaan Umum (PU), Institut Teknologi Bandung (ITB), Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI), Badan Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika (BMKG), Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM), Kementerian Riset dan Teknologi, Riset Nasional Penanggulangan Bencana (RNBP) • Australia-Indonesia Facility for Disaster Reduction (AIFDR) dan software dari

PETA ZONASI GEMPA INDONESIA



KEMENTERIAN PEKERJAAN UMUM

Jakarta, Juli 2010
MENTERI PEKERJAAN UMUM,
DIKIRI KIRIMANTO

Gambar 4.6 Peta Zonasi Gempa Indonesia Tahun 2012

(Sumber : <http://puskim.pu.go.id>)

4.7.4 Beban Lalu Lintas

1. Beban Lalu Lintas

Beban yang diberikan pada timbunan jalan raya terdiri dari beban lalu lintas sebagai beban hidup (*LL*) dan beban perkerasan rigid sebagai beban mati (*DL*). Berdasarkan Panduan Geoteknik 4 No. Pt T-10-2002-B (2002) direkomendasikan beban lalu lintas sebagai beban hidup untuk jalan tol adalah sebesar 15 kN/m².

Tabel 4.3 Data Beban Lalu Lintas

| Fungsi | Sistem Jaringan | Lalu Lintas Harian Rata-rata (LHR) | Beban Lalu Lintas (kN/m ²) |
|----------|-----------------|------------------------------------|--|
| Primer | Arteri | Semua | 15 |
| | Kolektor | >10.000 | 15 |
| | | <10.000 | 12 |
| Sekunder | Arteri | >20.000 | 15 |
| | | <20.000 | 12 |
| | Kolektor | >6.000 | 12 |
| | | <6.000 | 10 |
| | Lokal | >500 | 10 |
| | | <500 | 10 |

Sumber : Panduan Geoteknik 4 No. Pt T-10-2002-B (2002)

Selain beban hidup, beban perkerasan ditambahkan sebagai beban mati. Di bawah ini adalah detail perhitungan beban perkerasan *rigid*.

$$\begin{aligned}
 \text{Tebal perkerasan} &= 30 \text{ cm} = 0,30 \text{ m} \\
 \gamma_{\text{beton}} &= 2400 \text{ kg/m}^3 \\
 \text{Berat perkerasan } \textit{rigid} \text{ per m}^2 &= 0,30 \text{ m} \times 2400 \text{ kg/m}^3 \\
 &= 720 \text{ kg/m}^2 = 7,2 \text{ kN/m}^2
 \end{aligned}$$

Kedua beban lalu lintas dan perkerasan dikombinasikan menjadi satu beban merata yang dijadikan sebagai data *input* dalam analisis selanjutnya.

Nilai ini yang digunakan sebagai tambahan beban yang ditumpu tanah timbunan dan tanah dasar dan digunakan sebagai data input dalam analisis.

$$\begin{aligned} \text{Kombinasi pembebanan} &= \text{beban hidup} + \text{beban mati} \\ &= 15 + 7,2 \\ &= 22,2 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

1.8 Tahapan Analisis Timbunan Menggunakan Plaxis 8.2

Untuk menjalankan program Plaxis v.8.2 yang digunakan dalam penelitian ini perlu melalui tiga tahapan utama, yaitu Plaxis *input*, Plaxis *calculation*, Plaxis *output*.

4.8.1 Tahap Masukan Data (*input*)

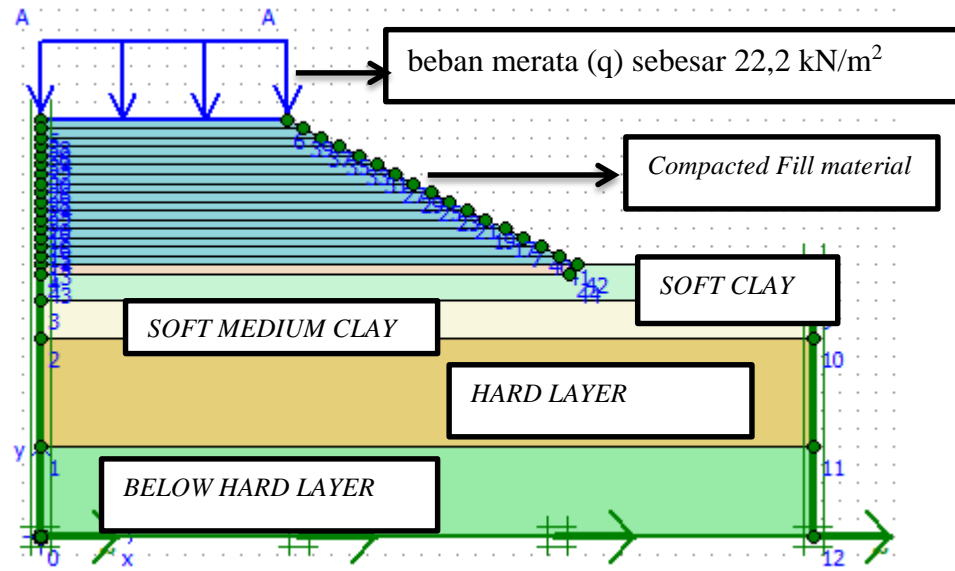
Tahapan ini digunakan untuk memberikan gambaran model kasus yang akan dilakukan analisis. Oleh karena itu, harus didasarkan pada kondisi di lapangan atau desain yang diinginkan. Gambar 4.4 menunjukkan potongan melintang dari timbunan jalan. Timbunan mempunyai lebar 27,2 m dan tinggi 8 m. Kemiringan lereng adalah 1:2. Pada kasus ini hanya dimodelkan setengahnya saja (dalam kasus ini digunakan bagian kanan). Tanah dasar terdiri dari 15 m tanah lempung dengan konsistensi yang berbeda tiap lapisnya (lihat Gambar 4.4). Elevasi muka air tanah tepat berada pada permukaan tanah asli.

1. Memodelkan geometri

Timbunan yang ditunjukkan dalam Gambar 4.4 dapat dianalisis dengan model *plane strain* dengan elemen segitiga lima belas nodal. Satuan dasar yang digunakan adalah meter untuk besaran panjang, kN untuk besaran berat dan hari untuk waktu. Model geometri mempunyai lebar total 65,2 m, dimulai dari titik tengah timbunan. Pemodelan harus disesuaikan dengan kondisi lapangan yang sebenarnya. Jika diberikan aplikasi perkuatan geosintetik, maka diperlukan pemodelan *interface* untuk menggambarkan hubungan antara dua material yang berbeda karakteristik.

Dalam penentuan kondisi batas, dilakukan pemilihan jenis *fixities*. Penelitian ini menggunakan pilihan *standard fixities* dengan batas kiri dan kanan hanya dapat mengalami perpindahan secara vertikal (u_x dan $u_y \neq 0$) dan

pada batas bawah hanya dapat mengalami perpindahan arah horisontal ($u_x \neq 0$ dan $u_y = 0$). Geometri dari model ditunjukkan dalam Gambar 4.7.



Gambar 4.7 Model Geometri Proyek Timbunan Jalan

2. Tahapan input data material

Properties material dapat diisikan sesuai data yang dimiliki atau berupa nilai estimasi apabila data tidak tersedia. Empat *material sets* tersedia dalam program plaxis v.8.2 antara lain *soil & interfaces*, *plates*, *geogrid* dan *anchors*. Penelitian ini menggunakan dua materi *sets* yaitu *soil & interfaces* dan *geogrid*.

Untuk permasalahan *non – linear* terdapat lima pilihan model material, antara lain *Mohr – Coulomb Model*, *Jointed – Rock Model*, *Hardening Soil Model*, *Soft Soil Model* dan *Soft Soil Creep Model*. Penelitian ini menggunakan *Mohr – Coulomb Model* yang merupakan model material sederhana dan sesuai dengan kondisi konstruksi.

3. Tahapan *mesh generation*

Konstruksi dibagi menjadi elemen-elemen segitiga yang sangat banyak dan tidak beraturan untuk selanjutnya digunakan dalam proses diskritisasi. Semakin banyak elemen segitiga yang membagi, maka semakin teliti, namun membutuhkan waktu proses yang lama. Terdapat lima tingkatan ketelitian yang tersedia, yaitu *very coarse*, *coarse*, *medium*, *fine* dan *very fine*.

4. Tahapan *initial condition* (kondisi awal)

Kondisi awal tekanan air dan tegangan tanah dari konstruksi dimodelkan pada tahapan ini. Pada kondisi awal tekanan air (*intial water pressure*), penggambaran tinggi muka air tanah dilakukan dengan *phreatic line*. Pada tahapan ini juga diperlukan kondisi batas konsolidasi.

Pada kondisi awal, timbunan belum ada sehingga untuk menghitung tegangan awal tanah (*intial stress*) dari model maka terlebih dahulu dilakukan penonaktifan lapisan timbunan dan perkuatan, kemudian dilakukan perhitungan tegangan awal dengan *Ko-Procedure*.

4.8.2 Tahapan Perhitungan Data (*calculation*)

Tahapan ini menggambarkan proses yang terjadi pada konstruksi yang diteliti. Empat pilihan analisis perhitungan dapat digunakan sesuai dengan kebutuhan, yaitu *plastis analysis*, *consolidation analysis*, *phi- c reduction analysis* dan *dynamic analysis*. Penelitian ini menggunakan beberapa tahapan sebagai berikut ini.

1. Penggambaran tahapan konstruksi timbunan dengan pembuatan lapis per lapis timbunan dengan ketebalan dan jangka waktu tertentu, dapat juga dimasukkan analisis konsolidasi. Pembangunan bertahap dilakukan dengan mengaktifkan kembali satu persatu tiap lapis timbunan dan perkuatan.
2. Tahapan tanah dasar akan dibiarkan mengalami konsolidasi setelah proses pembangunan timbunan selesai dilakukan. *Consolidation analysis* digunakan dengan nilai *ultimit time interval* yaitu waktu yang dibutuhkan untuk proses konsolidasi dengan nilai yang beragam tiap lapisnya.
3. Penentuan faktor aman dengan menggunakan *phi-c reduction (safety analysis)*. Angka aman diperoleh dengan memberikan nilai *increment* $\sum Msf$.

4.8.3 Tahapan Keluaran Data (*output*)

Tahapan akhir ini adalah pemaparan hasil analisis, dapat berupa tabel, grafik dan gambar. Penelitian ini menginginkan hasil utama yaitu faktor aman kondisi timbunan tanpa perkuatan dan dengan perkuatan geotekstil. Nilai-nilai

yang dihasilkan *plaxis output* ini menggambarkan nilai kritis waktu setiap jaringan elemen, titik nodal maupun nilai yang ingin diketahui pada titik atau lokasi yang ingin diselidiki.