

BAB III

KOMPILASI DATA

3.1 TINJAUAN UMUM

Tanah memiliki sifat fisik (*Soil Properties*) dan sifat mekanik (*Index Properties*). Sifat - sifat fisik tanah meliputi ukuran butiran tanah, warnanya, bentuk butiran, dan kekerasan tanah. Sedangkan sifat - sifat mekanis tanah meliputi sifat kohesi, plastisitas, dan lain sebagainya. Untuk mengetahui sifat fisik dan sifat mekanis tanah, maka perlu dilakukan penyelidikan - penyelidikan di lapangan maupun di laboratorium. Adapun manfaat mengetahui jenis tanah dan sifat - sifatnya adalah untuk merencanakan pondasi, jalan, jembatan, stabilitas lereng, dan lain sebagainya.

3.2 PENYELIDIKAN LAPANGAN

Tujuan dari penyelidikan lapangan adalah untuk memperoleh data jenis tanah sehingga dapat menentukan sifat – sifat fisiknya. Penyelidikan yang dilakukan berupa pemboran teknik disertai dengan uji NSPT. Pada penyelidikan bor ini alat yang dipergunakan adalah bor mesin (*Drilling Boore*). Jumlah titik bor yang dilaksanakan ada 4 titik bor yaitu titik bor BH-01 sampai dengan BH-04. Titik pertama dan ke 2 pemboran (BH-01 dan BH-02), lokasinya pada Sta. 5+400 sisi selatan dari jalan tol, dimana posisi satu dan ke 2 cukup berdekatan hanya berbeda elevasi. Hal ini dimaksudkan untuk mengetahui kedalaman bidang gelincir yang terjadi. Sedangkan untuk pemboran teknik ke 3 (BH-03), posisinya pada sisi selatan jalan tol. Tepatnya pada ruas tol Sta. 5+700. Untuk pemboran teknik ke 4 (BH-04), posisinya berada pada sisi utara jalan tol. Tepatnya pada Sta. 5+600. Data selengkapnya dapat dilihat pada tabel 3.1 sampai dengan tabel 3.4.

Tabel 3.1 Hasil Penyelidikan Bor Titik BH-01 Jalan Tol Semarang Seksi A

Kedalaman (m)	Jenis Tanah	N SPT
- 0,00 sampai -10,50	Lapisan tanah lempung kelanauan coklat tua bercampur kerikil dengan konsistensi lunak sampai sedang	9
-10,50 sampai -11,50	Lapisan tanah pasir yang tersementasi berwarna abu-abu tua	4
- 11,50 sampai -18,00	Lapisan tanah lempung kelanauan berwarna coklat kekuningan dengan konsistensi lunak hingga teguh	17

(sumber : *Data Drilling Log, Jalan Tol Krapyak-Jatingaleh KM 5.4*)

Tabel 3.2 Hasil Penyelidikan Bor Titik BH-02 Jalan Tol Semarang Seksi A

Kedalaman (m)	Jenis Tanah	N SPT
- 0,00 sampai - 6,50	Lapisan tanah pasir kelanauan bercampur kerikil berwarna coklat tua berkepadatan sedang sampai padat	10 – >50
- 6,50 sampai - 8,50	Lapisan tanah lempung kelanauan berwarna coklat kekuningan dengan konsistensi lunak sampai sedang	4
- 8,50 sampai -10,50	Lapisan tanah lempung kelanauan berwarna coklat kekuningan dengan konsistensi sedang sampai teguh	20

(sumber : *Data Drilling Log, Jalan Tol Krapyak-Jatingaleh KM 5.4*)

Tabel 3.3 Hasil Penyelidikan Bor Titik BH-03 Jalan Tol Semarang Seksi A

Kedalaman (m)	Jenis Tanah	N SPT
- 0,00 sampai -10,00	Lapisan tanah pasir kelepungan berwarna coklat dengan konsistensi lunak sampai sedang	7 – >50
- 10,00 sampai - 11,50	Lapisan tanah lempung kelanauan berwarna coklat tua dengan konsistensi lunak sampai sedang	9
- 11,50 sampai - 15,00	Lapisan tanah lempung kelanauan berwarna coklat kekuningan yang berkonsistensi sedang sampai teguh	12

(sumber : Data Drilling Log, Jalan Tol Krpyak-Jatingaleh KM 5.7)

Tabel 3.4 Hasil Penyelidikan Bor Titik BH-04 Jalan Tol Semarang Seksi A

Kedalaman (m)	Jenis Tanah	N SPT
- 0,00 sampai - 6,00	Lapisan tanah lempung kepasiran berwarna coklat dan berkonsistensi lunak sampai sedang	9
- 6,00 sampai - 18,00	Lapisan tanah lempung kelanauan berwarna coklat kekuningan dengan konsistensi sedang sampai teguh	13

(sumber : Data Drilling Log, Jalan Tol Krpyak-Jatingaleh KM 5.6)

3.3 PENYELIDIKAN LABORATORIUM

Penyelidikan tanah di labolatorium tanah terdiri dari pengujian sifat fisik tanah untuk mendapat Indeks Propertis, Direct shear test (uji geser langsung), Grain size (analisa ayakan), dan Atterberg Limit.

3.3.1 Direct Shear Test (uji geser langsung)

Tujuan dari percobaan ini adalah untuk mengetahui daya dukung tanah, tegangan tanah terhadap DPT, dan kestabilan lereng. Juga untuk mengetahui kohesi (c), dan sudut geser tanah (ϕ) dari sampel yang diambil dari lapangan. Data selengkapnya dari pengujian ini dapat dilihat dalam tabel 3.5.

Tabel 3.5 Hasil Pengujian Direct Shear Test

BH	STA	Kedalaman (m)	Kohesi (kN/m ²)	Sudut geser (derajat)
1	5+400	2,5	6,0	8,9
1	5+400	5,5	22,0	25,6
2	5+450	5,0	8,0	6,8
2	5+450	7,0	6,0	1,6
3	5+700	7,5	2,0	3,0
3	5+700	14,5	19,0	7,5
4	5+600	5,0	11,0	8,9

3.3.2 Grain Size (analisa ayakan)

Sifat tanah banyak tergantung pada ukuran butirannya. Karena itu, besaran butiran tanah merupakan dasar untuk klasifikasi atau pemberian nama pada jenis tertentu. Biasanya suatu tanah dapat terdiri dari beberapa jenis butir, misalnya kerikil yang mengandung pasir dan lanau atau pasir yang mengandung lempung dan lanau. Hasil pengujian sampel yang diperoleh dari ke empat titik pemboran di lapangan dapat dilihat pada tabel 3.6.

Tabel 3.6 Hasil Pengujian Grain Size

BH	Kedalaman (m)	Gravel (%)	Sand (%)	Silt (%)	Clay (%)
1	3,5 - 4,00	0,00	53,00	35,00	15,00
2	3,5 - 4,00	0,00	0,00	41,30	58,70
3	3,5 - 4,00	0,00	0,00	59,00	41,00
4	3,5 - 4,00	0,00	0,00	56,80	43,20

(sumber : Pengujian Grain Size tahun 2006 Bina Marga)

3.3.3 Atterberg Limit

Pengujian ini dimaksudkan untuk mengetahui batas plastis dan batas cair. Dalam pengertian masalah tanah, maka tidak kalah pentingnya mengetahui kadar air terhadap sifat mekanis tanah. Dimana untuk menghitung IP dan IL digunakan rumus sebagai berikut :

$$IP = wL - wp \quad ; \quad IL = (w - wp) / (wL - wp)$$

Dimana :

IP = Indeks Plastis wp = batas plastis

IL = Indeks Cair wL = batas cair

W = Kadar air

(sumber : *Analisa dan Desain Pondasi Joseph E. Bowles, jilid 1*)

Tabel 3.7 Tabel Hasil Perhitungan Indeks Plastis dan Indeks Kecairan Menurut Atterberg

BH	STA	Kedalaman (m)	Kadar Air (w)	Batas Plastis (wP)	Batas Cair (wL)	Indeks Plastis (IP)	Indeks Cair (IL)
1	5+400	0 – 2,5	36	32	32	0	0
1	5+400	2,5 - 10	55	39	43	4	1,50
2	5+450	0 – 5,0	43	29	32	3	1,33
2	5+450	5 – 8,5	42	32	36	4	2,50
3	5+700	0 – 7,0	41	32	36	4	2,25
3	5+700	7 – 14,5	90	27	28	1	1,02
4	5+600	0 – 5,5	38	26	28	2	4,00

Tabel 3.8 Hubungan Antara Indeks Plastis Dengan Tingkat Plastisitas dan Jenis Tanah Menurut Atterberg

PI	TINGKAT PLASTISITAS	JENIS TANAH
0	Tidak plastis / Non PI	Pasir
0 < PI < 7	Plastisitas rendah	Lanau (<i>Silt</i>)
7 – 17	Plastisitas sedang	<i>Silty – Clay</i>
> 17	Plastisitas tinggi	<i>Lempung (Clay)</i>

(Sumber : *Hary Christady Hardiyatmo, 2002*)

3.4 DATA GEOLOGI

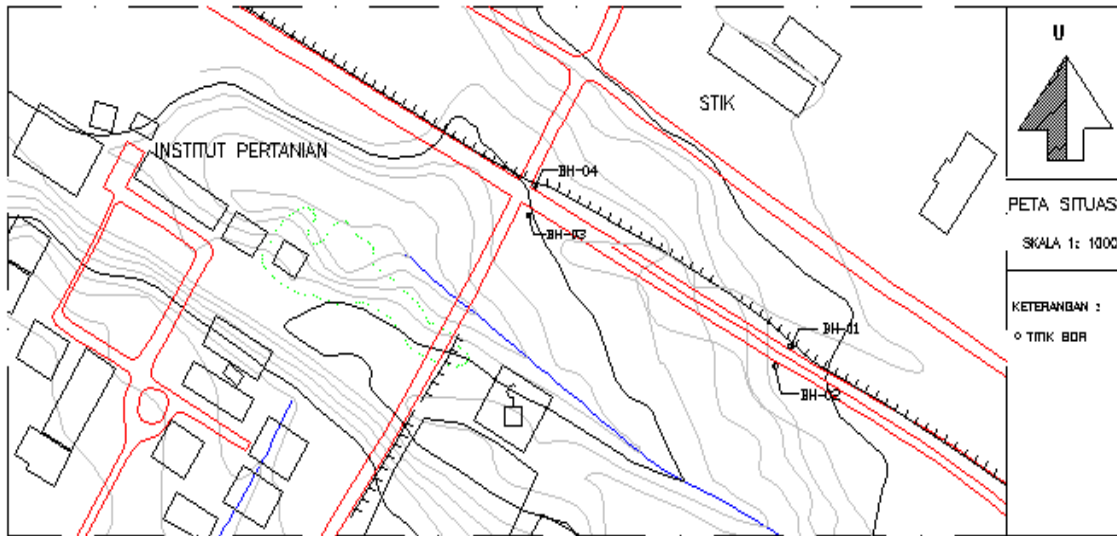
Keadaan geologi dan potensi kelongsoran pada lereng di lokasi studi dihubungkan dengan data sekunder sebagai pendukung data primer yang digunakan. Data sekunder meliputi Peta Geologi dan Tata Lingkungan serta Peta Zona Kerentanan Gerakan Tanah Daerah Semarang - Magelang. Secara visual struktur geologi yang dijumpai di lokasi tinjauan antara lain berupa lapisan batu pasir tufaan di sebelah utara (timur laut) yang berada di sekitar Sta 5 + 522 lokasi tol Krapyak - Jatingaleh.

A. Hasil Interpretasi Lokasi

Penyelidikan topografi di lokasi meliputi pengukuran dengan menggunakan peralatan *teodolith* dan *Global Positioning System* (GPS) yang menghasilkan elevasi permukaan tanah serta garis-garis konturnya, apabila dipadukan dengan hasil penyelidikan tanah yang mencakup ketebalan lapisan tanah, jenis lapisan tanah dan besarnya *qc* rata-rata tiap lapisan akan memberikan penampang topografi dalam

Gambar

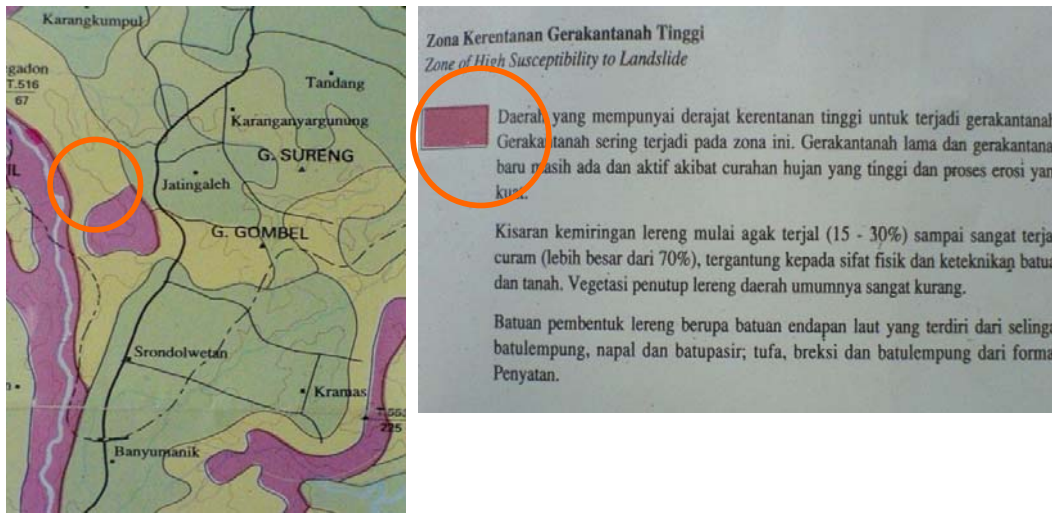
4.2



Gambar 4.2 Peta Kontur Lokasi Studi

B. Struktur Geologi

Lokasi penelitian yang terletak di daerah perbukitan yang terletak di daerah Semarang Utara Propinsi Jawa Tengah. Daerah Jalan Tol Seksi A menurut Peta Zona Kerentanan Gerakan Tanah Lembar Magelang-Semarang Tahun 1991 seperti pada **Gambar 4.3** termasuk dalam Zona Kerentanan Gerakan Tanah Tinggi. Daerah yang mempunyai tingkat kerentanan tinggi untuk terjadi gerakan tanah. Pada zona ini dapat terjadi gerakan tanah terutama pada daerah yang berbatasan dengan lembah sungai, tebing jalan atau jika lereng mengalami gangguan. Gerakan tanah lama dapat aktif kembali akibat curah hujan yang tinggi. Kisaran kemiringan lereng mulai dari landai (5 - 15%) sampai sangat terjal (50 - 70%). Tergantung pada kondisi sifat fisik dan keteknikan batuan dan tanah sebagai material pembentuk lereng. Umumnya lereng mempunyai vegetasi penutup kurang. Lereng pada umumnya dibentuk oleh batuan napal (Tmk), perselingan batu lempung dan napal (Tmkl), batu pasir tufaan (QTd), breksi vulkanik (Qpkg), lava (Qhg) dan lahar (Qpk).



Gambar 4.3 Peta Kerentanan Gerakan Tanah Lembar Semarang – Magelang

3.5 Modulus Young

Nilai *modulus young* menunjukkan besarnya nilai elastisitas tanah yang merupakan perbandingan antara tegangan yang terjadi terhadap regangan. Nilai ini bisa didapatkan dari hasil *Traxial Test* atau perhitungan secara empiris. Perhitungan secara empiris dalam hal ini perlu diperhitungkan, mengingat dari data sekunder yang telah didapat belum mencantumkan besarnya nilai tegangan konus (q_c). Dengan mengetahui besarnya nilai kohesi berdasarkan pengujian *Direct Shear Test*, maka dapat diperoleh besarnya nilai q_c . Dari nilai q_c yang telah diperoleh, dapat digunakan untuk menghitung besarnya E_s . Berikut rumus untuk memperoleh nilai q_c :

$$q_c = 20 \times c$$

dimana : q_c = tegangan konus

c = kohesi

(sumber : buku *Mekanika Tanah* , Braja M. Das, jilis 1)

Tabel 3.9 Hubungan Antara Nilai Tegangan Konus (q_c) Dengan Modulus Elastisitas Bahan (E_s)

BH	Kedalaman (m)	Kohesi (kg/cm ²)	q_c (kg/cm ²)	E_s (kg/cm ²)
1	2,5	0,06	1,2	9,6
1	5,5	0,22	4,4	35,2
2	5,0	0,08	1,6	3,2
2	7,0	0,06	1,2	9,6
3	7,5	0,02	0,4	2,4
3	14,5	0,19	3,8	30,4
4	5,0	0,11	2,2	17,6

Tabel 3.10 Hubungan Antara E_s dengan q_c Berdasarkan Rumus Empiris

Jenis Tanah	CPT (kg/cm ²)
Pasir terkonsolidasi normal	$E_s = (2 - 4) q_c$
Pasir over konsolidasi	$E_s = (6 - 30) q_c$
Pasir berlempung	$E_s = (3 - 6) q_c$
Pasir berlanau	$E_s = (1 - 2) q_c$
Lempung lunak	$E_s = (3 - 8) q_c$

(Sumber : Buku Mekanika Tanah, Braja M. Das Jilid 1)

3.6 Poisson Ratio

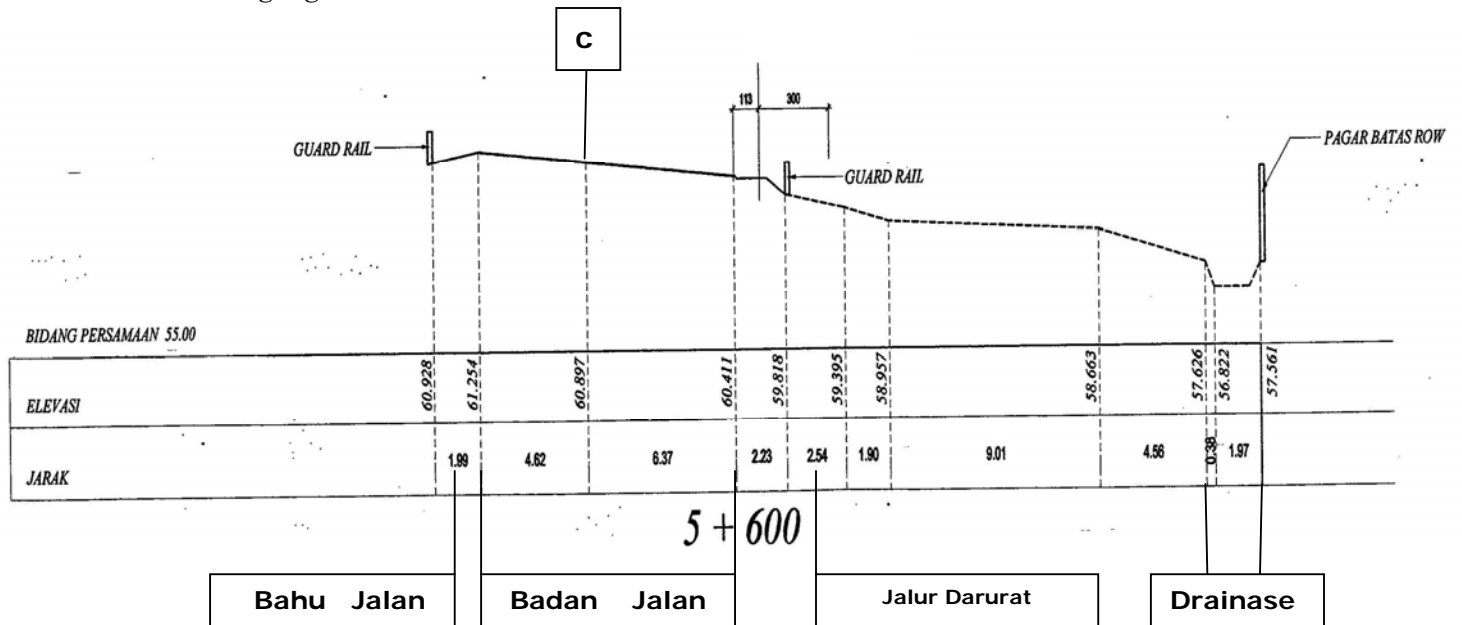
Nilai *poisson ratio* ditentukan sebagai rasio kompresi poros terhadap regangan permukaan lateral. Nilai *poisson ratio* dapat ditentukan berdasar jenis tanah seperti yang terlihat pada Tabel 3.11 di bawah ini.

Tabel 3.11 Hubungan Antara Jenis Tanah dan Poisson Ratio

BH	STA	Kedalaman (m)	Lapisan Tanah	Poisson Ratio
1	5+400	2,5	Lempung Lanau	0,4
1	5+400	5,5	Lempung Lanau	0,4
2	5+450	5,0	Pasir Lanau	0,3
2	5+450	7,0	Lempung Lanau	0,4
3	5+700	7,5	Pasir Lempung	0,3
3	5+700	14,5	Lempung Lanau	0,4
4	5+600	5,0	Lempung Pasir	0,3

3.7 Data Geometrik

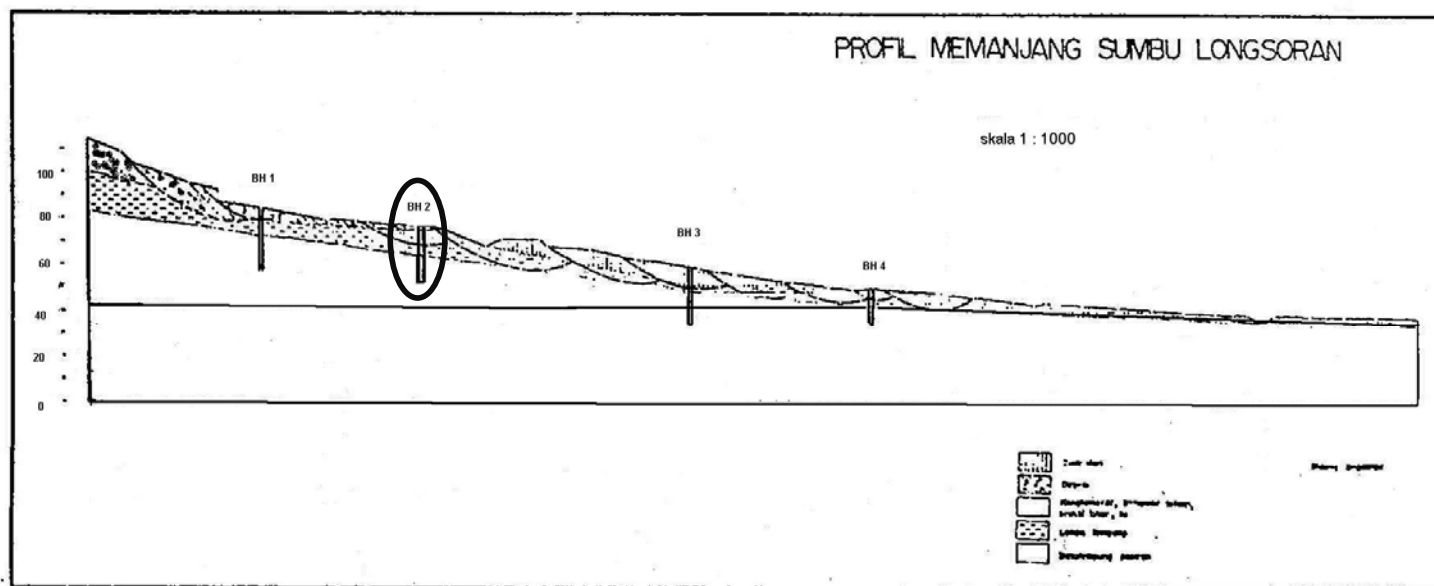
Data geometrik meliputi gambar penampang melintang dan memanjang dari lokasi proyek. Pada gambar penampang memanjang menunjukkan tentang titik - titik boring log.



Gambar 3.1 Potongan Melintang Lokasi Proyek Sta 5 + 400

Tabel 3.13 Keterangan Gambar Potongan Melintang Lokasi proyek Sta 5+400

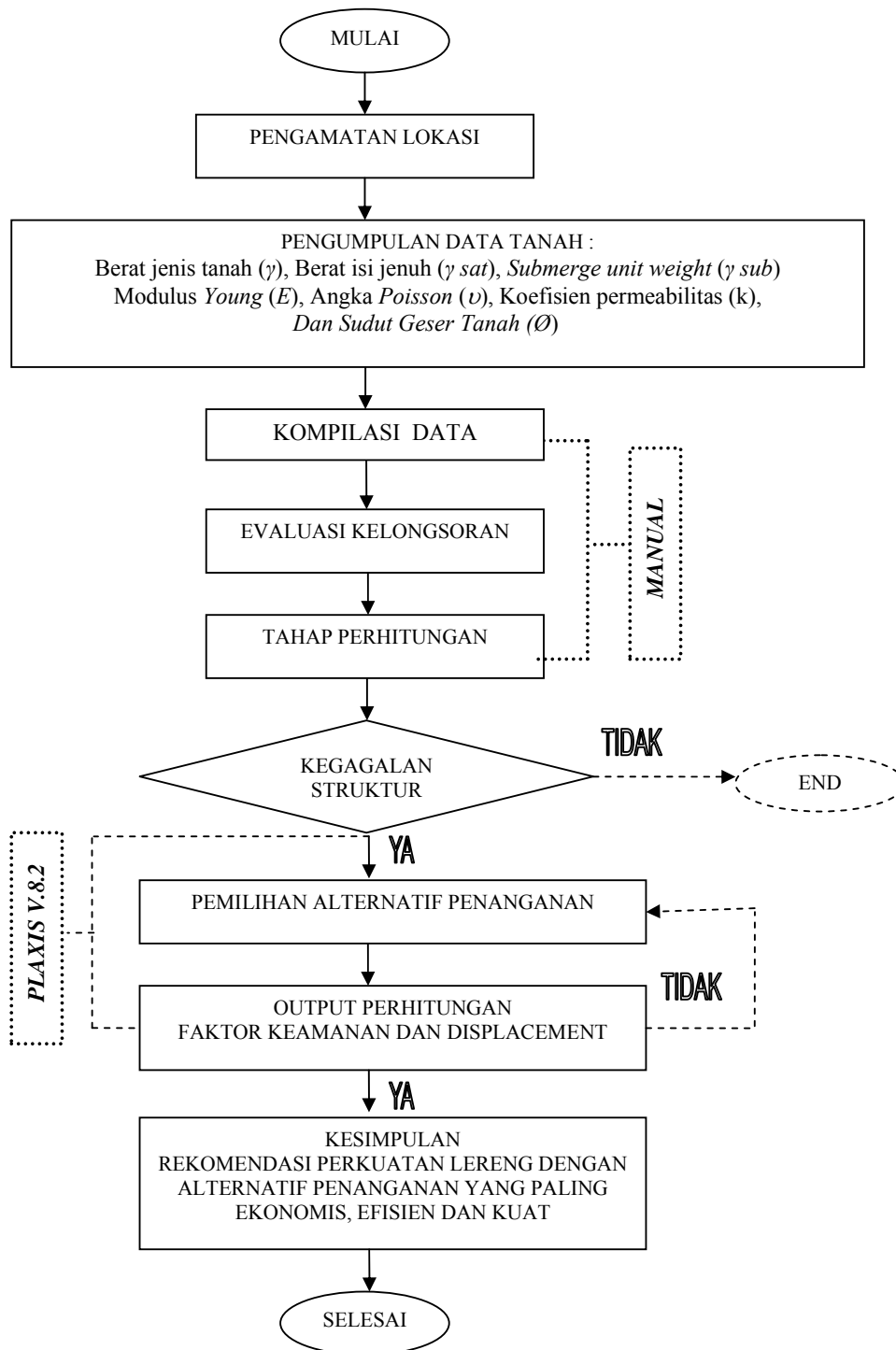
Jarak (m)	Elevasi (m)	Bagian Jalan
1,98	60,928 – 61,254	Bahu jalan sisi kiri
4,62	61,254– 60,897	Badan Jalan sisi kiri
6,37	60,897 – 60,411	Badan jalan sisi kanan
2,23	60, 411 – 59,818	Bahu Jalan sisi Kanan
18,01	59,818 – 57,626	Lereng
2,35	57,626 - 57,561	Drainase



Gambar 3.1 Potongan Memanjang Lokasi Proyek Sta 5 + 400 s/d Sta 5 + 600

3.8 ALUR PENYUSUNAN TUGAS AKHIR

Alur penyusunan Tugas Akhir “Analisa Stabilitas Longsoran dan Alternatif Penanganannya, Studi Kasus Jalan Tol Semarang Seksi A KM-5 “, ini dapat Diuraikan seperti pada *flowchart* sebagai berikut :



3.9 Data Geoteknik

Data geoteknik meliputi beberapa penyelidikan longsoran yang terjadi pada jalan tol arteri Semarang khususnya seksi A yang menghubungkan Krapyak-Jatingaleh yang telah mengalami beberapa kali perbaikan jalan. Berikut ini ruas jalan tol Krapyak- Jatingaleh yang mengalami kerusakan akibat gerakan tanah antara lain :

3.9.1 Longsoran Sta 5+450 - Sta 5+725

Berdasarkan Laporan Advis Teknik, April 1987 dalam periode 1985-1986 telah terjadi dua kali longsoran. Longsoran pertama terjadi awal tahun 1986 di lokasi ruas tol 5+450 - 5+550. Longsoran kedua pada akhir tahun 1986 yang terjadi pada ruas tol 5+550 - 5+725. Mekanisme longsoran diidentifikasi sebagai “longsoran rotasi multiple”.

Penanggulangan longsoran dilakukan penyelidikan geoteknik oleh pusat Litbang Jalan, meliputi: pemetaan, pemboran teknik, pembuatan sumur uji, pemantauan patok geser, pemasangan inclinometer.

Alternatif solusi penanggulangan dibagi dalam dua tahap, yaitu:

1. Tahap Pertama, meliputi:
 - a. Pembuatan sistem drainase.
 - b. Pemadatan ulang timbunan jalan tol.
 - c. Pemasangan shetpile.
2. Tahap Kedua, meliputi:
 - a. Proteksi lingkungan sekitar daerah longsoran.
 - b. Pengendalian air di daerah kampus AKPOL.

3.9.2 Longsoran Sta 5+552

Berdasarkan Laporan Advis Teknik, Juli 1990 pada Januari 1990 di ruas jalan tol Sta 5+552 terjadi retakan melintang. Curah hujan mencapai 103 - 121 mm/hari sehingga memicu terjadinya longsoran. Mekanisme longsoran diidentifikasi sebagai “longsoran translasi multiple”.

Alternatif penanggulangan longsoran yang diusulkan , meliputi:

1. Pembuatan subdrain.
2. Injeksi semen pada bidang longsor.
3. Konstruksi tiang pancang/bor.

3.9.3 Longsoran Sta 5+335 - 5+415

Berdasarkan Laporan Advis Teknik, April 1991, awal bulan Februari 1991 jalan tol Semarang seksi A khususnya Sta 5+335 - 5+415 mengalami longsoran. Akibatnya hampir seluruh badan jalan mengalami amblesan. Faktor penyebab longsoran diperkirakan akibat tingginya curah hujan. Mekanisme longsoran diidentifikasi sebagai “longsoran rotasi tunggal”.

Alternatif penanggulangan longsoran yang diusulkan, meliputi:

1. Sistem perkuatan dengan terram geotextile 3 lapis.
2. Perbaikan dan penambahan drainase.
3. Penggunaan sheetpiles atau dengan tiang pancang.

3.9.4 Longsoran Sta 5+400 - Sta 5+700

Berdasarkan penyelidikan geoteknik, 7 Januari 2007 bertujuan untuk mengetahui lebih lanjut tentang potensi longsoran dengan referensi potensi longsoran tahun-tahun sebelumnya. Penyelidikan tanah yang dilakukan berupa pemboran teknik disertai dengan uji Nspt dan lubang bor. Pemboran teknik yang dilakukan sebanyak empat titik. BH-1 dan BH-2, lokasinya pada Sta 5+400 dimana keduanya hanya berbeda elevasi. Sedangkan BH-3 dan BH-4 terletak pada Sta 5+700 dan Sta 5+600.

Alternatif penanggulangan longsoran adalah dengan menggunakan bored piles, yang dimaksudkan untuk memotong bidang gelincir yang terjadi. Dimensi bored piles yang digunakan adalah dengan diameter 60 cm, tulangan utama 8D22, sengkang ϕ 10-300, panjang tiang 15 m dan jarak as ke as 2 m.

Secara garis besar runtutan sejarah longsoran jalan tol antara Jatingaleh - Krapyak dapat dilihat pada **tabel 3.14**.

Tabel 3.14. Runtutan Sejarah Longsoran Jalan Tol Jatingaleh - Krapyak

Urutan Longsoran	Waktu	Sta.	Bidang Longsoran (m)
1	Awal tahun 1986	5+450 - 5+550	Bervariasi -3,94
2	Akhir tahun 1986	5+550 - 5+725	sampai -8,84
3	Akhir tahun 1989	5+552	-10,5
4	Februari 1991	5+335 - 5+415	-3,55
5	Januari 2007	5+400 - 5+700	-10,45

3.10 Resume data –data Tanah yang Akan Digunakan Dalam Analisa Perhitungan

Tabel 3.15. Data Hasil Pengujian Tanah untuk BH-1,BH-2,BH-3,dan BH-4

Jenis Pengujian	Satuan	Titik Bor dan Kedalaman Sampel (meter)						
		BH 1		BH 2		BH 3		BH 4
Parameter		- 2,5	- 5,5	- 5,0	- 7,0	- 7,5	- 14,5	- 5,0
Indeks Properti								
- Kadar Air (w)	%	32	43	29	36	36	28	26
- Gs		2,67	2,68	2,53	2,45	2,54	2,43	2,62
- Berat vol. basah (γ_{wet})	kN/m ³	17,8	16,5	18,14	16,18	17,4	19,22	18,33
- Berat vol. kering (γ_d)	kN/m ³	13,6	12,1	14,59	11,33	12,7	14,89	14,43
Uji Geser Langsung (Direct Shear Test)								
- Kohesi (c)	kN/m ²	6,0	22,0	8,0	6,0	2,0	19,0	11,0
- Sudut Geser Dalam (ϕ)	...°	8,9	25,6	6,8	1,6	3,0	7,5	8,9
Grain Size								
- gravel	%	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
- sand	%	53,0	53,0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
- silt	%	35,0	35,0	41,3	41,3	59,0	59,0	56,8
- clay	%	15,0	15,0	58,7	58,7	41,0	41,0	43,2
Atterberg Limit								
- Batas Cair (LL)	%	36	55	43	42	41	91	38
- Batas Plastis (PL)	%	31	39	32	32	32	27	28
- Indeks Plastisitas (PI)	%	5	16	11	10	9	64	10
- Indeks Kekentalan (Ic)		0,8	0,75	1,27	0,6	0,56	0,98	1,2
Triaxial Test U.U.								
- Modulus Young (E)	kN/m ²	960	3520	320	960	320	3040	1760
- Poisson Ratio (v)		0,48	0,54	0,41	0,53	0,49	0,375	0,44

Parameter tanah untuk tiap lapisan tanah sudah diketahui melalui pemeriksaan di laboratorium terhadap sampel boring tanah. Pengujian ini mendapatkan parameter tanah sampai kedalaman –20,00 meter saja. Maka parameter tiap lapisan tanah yang digunakan untuk input program *Plaxis V 8.2* adalah sebagai berikut :

Lapisan 1 (Pasir Kelanauan)

- Berat volume kering (γ_d) : 14,592 KN/m³
- Berat volume basah (γ_{wet}) : 18,142 KN/m³
- Permeabilitas (k) : 2,52 E-04 m/hari
- Modulus Young (E) : 320 KN/m²

- Kohesi (c) : 8 KN/m²
- Sudut geser dalam (ϕ) : 6,8°
- Angka *Poisson* (ν) : 0,3

Lapisan 2 (Lempung Kelanauan)

- Berat volume kering (γ_d) : 11,326 KN/m³
- Berat volume basah (γ_{wet}) : 16,181 KN/m³
- Permeabilitas (k) : 2,52 E-04 m/hari
- Modulus *Young* (E) : 960 KN/m²
- Kohesi (c) : 6 KN/m²
- Sudut geser dalam (ϕ) : 1,6°
- Angka *Poisson* (ν) : 0,50

criteria tanah berdasar data BH-2

	SOIL / ROCK	KEDALAMAN (M)	DATA SPT				
			NSPT	0	20	40	60
1	PASIR KELANAUAN / SILTY SAND	1,00	10				
		2,50					
		2,50	13				
		2,95					
		4,00	50				
		5,00					
		5,50	41				
5,95							
2	LEMPUNG KELANAUAN / SILTY CLAY	7,00	4				
		7,45					
		8,00					
		8,50					
		8,50	20				
		9,50					
		9,50	23				
9,95							