



ANALISIS H_{KRITIS} TERHADAP DAYA DUKUNG TANAH DASAR

Lutfi D. Nasution^{a,*}, Munirwansyah^b, Sofyan M. Saleh^c

^aMagister Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Syiah Kuala, Banda Aceh

^{b,c}Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Syiah Kuala, Banda Aceh

*Corresponding author, email address: elde.eneste@gmail.com

ARTICLE INFO

Article History:

Received 06 February 2018

Received in revised form 07 April 2018

Accepted 13 April 2018

Keyword :

Ground interface, the burden of the embankment, carrying capacity, the height of the pile, Plaxis software.

ABSTRACT

The addition of the existing heap on the ground interface will affect the ability of subgrade to accept the burden of the embankment and other charges on it. The inability of subgrade in accepting the load will result in a decrease in the vertical deformation and collapse. The analysis was conducted on the National Roads Banda Aceh-Medan KM. 83 + 135 of the Seulawah. The purpose of this study is to analyze whether the brunt of the height of the pile ($H_{Critical}$) have exceeded the carrying capacity of the subgrade. The analysis was performed by using Plaxis software. The implementation method used in the analysis based on the modeling of the pile height variations by reducing the height of the pile with a certain interval gradually until a critical height ($H_{Critical}$) heap that causes the achievement of maximum decrease of 2.5 cm. The modeling result demonstrates that when the consolidation of the soil embankment on condition of $H_{heap\ soil} = 6\ m$, $H_{heap\ soil} = 5.4\ m$, $H_{heap\ soil} = 4.8\ m$ could able to reduce the height of the soil embankment by 10%, 20%, and 30%, and considered in an unsafe condition. While when the soil embankment consolidation reduce by 40% ($H_{heap\ soil} = 3.6\ m$) showing in a safe condition. This result shows that the forces acting on the pile-soil could not hold the load so that the interface is about to collapse.

©2018 Magister Teknik Sipil Unsyiah. All rights reserved

1. PENDAHULUAN

Pelaksanaan penimbunan badan jalan sangat berkaitan dengan stabilitas dan penurunan timbunan itu sendiri, dimana hal tersebut dapat berupa penurunan elastik dan penurunan konsolidasi yang berlangsung segera ataupun dalam waktu yang lama. Kondisi tersebut bisa terjadi pada timbunan itu sendiri karena proses pelaksanaan maupun pada tanah dasar yang tidak mampu menahan beban di atasnya. Demikian pula beban yang diterima oleh tanah dasar, semakin besar bila tinggi timbunan yang diletakkan di atasnya semakin tinggi dan bila telah melampaui tinggi maksimum yang sanggup diterimanya (H_{kritis}) maka akan mengakibatkan terjadinya deformasi dari tanah dasar tersebut. Akibat kondisi penurunan tersebut bila tidak ditangani dengan solusi yang tepat dan baik maka akan terjadi kerusakan konstruksi badan jalan yang ada di atasnya, mengingat fungsi timbunan badan jalan merupakan pondasi yang akan memikul beban konstruksi badan jalan maupun lalu lintas kendaraan yang dilayaninya sesuai dengan kelas jalan tersebut.

Berdasarkan permasalahan yang terjadi pada badan jalan tersebut, maka dibutuhkan suatu analisis yang dapat memberi solusi dengan perbaikan atau perkuatan pada timbunan, mengingat beban yang diterima oleh tanah dasar semakin besar bila tinggi timbunan yang dipikulnya semakin tinggi dan bila telah melampaui tinggi maksimum yang sanggup diterimanya (H_{Kritis}), maka akan menyebabkan

ketidakmampuan menerima beban yang mengakibatkan terjadinya deformasi dari tanah dasar tersebut. Salah satu analisis yang dilakukan untuk mengevaluasi ketinggian timbunan tersebut adalah analisis ketinggian timbunan maksimum (H_{kritis}) yang merupakan suatu kajian dalam ilmu rekayasa geoteknik.

Tujuan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Menganalisa tinggi kritis tanah timbunan pada badan jalan, melalui suatu permodelan ketinggian timbunan dengan mengurangi tinggi timbunan yang akan dianalisa.
2. Untuk mengetahui daya dukung tanah dasar serta besarnya penurunan yang terjadi akibat tanah timbunan.

Manfaat yang didapat dari penelitian ini adalah dapat mengetahui kondisi tanah timbunan terhadap penurunan yang akan terjadi dan dapat dilakukan perbaikan tanah timbunan badan jalan di daerah tersebut.

2. KAJIAN PUSTAKA

Sifat-Sifat Fisis Tanah

Hardiyatmo (2010:47) mengatakan bahwa Attenberg membagi kedudukan fisik tanah lempung pada kadar air tertentu menjadi padat, semi padat, plastis dan cair. Kedudukan kadar air masing-masing tersebut dipisahkan oleh batas susut, batas plastis dan batas cair. Batas Cair adalah kadar 'air tanah pada batas antara keadaan cair dan keadaan plastis. Batas cair juga didenifikasikan sebagai kadar air pada 25 kali ketukan pada alas pengujian batas cair (mangkuk *Casagrande*). Batas Plastis didenifikasikan sebagai kadar air pada kedudukan antara daerah plastis dan semi padat, yaitu persentase kadar air di mana tanah dengan diameter silinder 3,2 mm mulai retak-retak ketika dipelintir. Batas Susut adalah kadar air pada kedudukan antara daerah semi padat dan padat, yaitu persentase kadar air di mana pengurangan kadar air selanjutnya tidak mengakibatkan perubahan volume tanah.

Das (1995:17) menjelaskan 2 (dua) cara untuk mendapatkan distribusi ukuran partikel tanah, yaitu (1) Analisis saringan kering yang digunakan untuk ukuran-ukuran partikel berdiameter lebih besar dari 0,075 mm dan (2) Analisis saringan basah yang digunakan untuk ukuran-ukuran partikel berdiameter lebih kecil dari 0,075 mm.

Daya Dukung Tanah

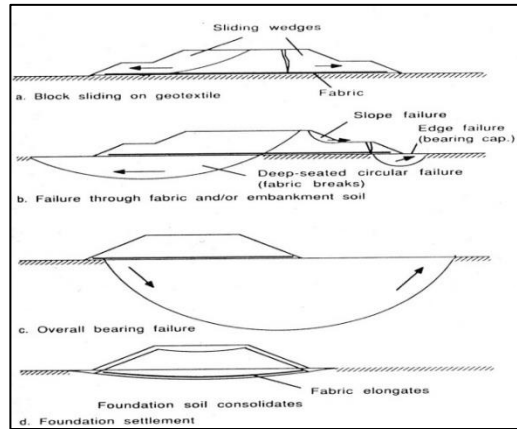
Menurut Terzaghi (1943) daya dukung tanah ditinjau sebagai suatu pondasi berbentuk menerus, dengan lebar 'B' yang terletak di atas tanah yang homogen dan dibebani dengan beban terbagi rata. Dalam analisis ini timbunan dianggap sebagai pondasi menerus, dengan persamaan (2.1).

$$Q_{ult} = C.N_c + \gamma.D.N_q + 0,5. \gamma.B.N_{\gamma} \quad (1)$$

Dimana:

Q_{ult}	= Daya Dukung Tanah (kPa);
C	= Kohesi (kPa);
γ	= Berat isi tanah (kN/M ³);
D	= Kedalaman tanah yang ditinjau (m);
B	= Lebar pondasi atau timbunan (m); dan
N_c, N_q, N_{γ}	= factor daya dukung.

Keruntuhan pada konstruksi timbunan badan jalan dapat diilustrasikan sebagai berikut :



Gambar 1.
 Beberapa bentuk keruntuhan Timbunan (David Moyer 1996)

Mekanisme Keruntuhan Tanah

Penurunan konsolidasi menurut Hardiyatmo (1994) dapat dibagi dalam 3 fase, yaitu:

1. **Fase awal**, yaitu fase dimana penurunan terjadi dengan segera sesudah beban bekerja. Penurunan terjadi akibat proses penekanan udara keluar dari dalam pori tanah.
2. **Fase konsolidasi primer atau konsolidasi hidrodinamis**, yaitu penurunan dipengaruhi oleh kecepatan aliran air yang meninggalkan tanah akibat adanya tekanan yang sangat dipengaruhi oleh sifat tanah, seperti permeabilitas, kompresibilitas, angka pori, bentuk geometri tanah termasuk tebal lapisan mampat, pengembangan arah horizontal dari zona mampat, dan batas lapisan lolos air, dimana air keluar menuju lapisan yang lolos air.
3. **Fase konsolidasi sekunder**, merupakan proses lanjutan dari konsolidasi primer, dimana prosesnya berjalan sangat lambat.

Analisis Penurunan pada Tanah Dasar

Penurunan yang terjadi pada tanah disebabkan oleh berubahnya susunan tanah maupun pengurangan rongga pori/air di dalam tanah. Jumlah dan regangan sepanjang kedalaman lapisan merupakan penurunan total tanahnya. Penurunan akibat beban adalah jumlah total penurunan segera dan penurunan konsolidasi. Menurut Hardiyatmo (1994), penurunan konsolidasi dapat dihitung dengan persamaan (2.2).

$$S_c = C_c \frac{H}{1+e_0} \log \frac{P_o' + \Delta P}{P_o'} \tag{2}$$

Dimana :

- S_c = Penurunan konsolidasi primer (m);
- C_c = Indeks Pemampatan;
- H = Tebal lapisan tanah yang ditinjau (m);
- e = Angka pori awal;
- ΔP = Tambahan tegangan (t/m^2); dan
- P_o' = Tekanan overburden efektif mula-mula (t/m^2).

Penurunan untuk lempung terkonsolidasi normal dengan tambahan tegangan efektif sebesar $p_1 = p_o' + \Delta p$, dapat dinyatakan dengan persamaan :

$$C_c = 0,141 G_s^{1,2} \frac{(1+e_0)^{2,38}}{G_s} \tag{3}$$

$$\Delta P = h \cdot \gamma_b \tag{4}$$

$$\gamma_b = \frac{G_s \cdot \gamma_w \cdot (1+w)}{1+e} \quad (5)$$

Dimana :

- Cc = Indeks Pemampatan;
- G_s = Berat jenis;
- e_o = Angka pori awal;
- Δp = Tambahan tegangan (t/m²);
- h = Tebal lapisan timbunan (m);
- γ_h = Berat volume basah (t/m³);
- γ_w = Berat volume air (t/m³);
- w = Kadar air (%); dan
- e = Angka. pori.

Untuk lempung terkonsolidasi berlebih terbagi dua:

1. Bila P_{o'} + Δp < P_{o'} :

$$S_e = C_r \frac{H}{1+e_o} \log \frac{P_{o'} + \Delta p}{P_{o'}} \quad (6a)$$

2. Bila P_{o'} + Δp > P_{o'} :

$$S_c = C_r \frac{H}{1+e_o} \log \frac{P_{c'}}{P_{o'}} + \frac{H}{1+2} + C_c \frac{H}{1+e} \log \frac{P_{o'} + \Delta p}{P_{o'}} \quad (6b)$$

$$C_r = \frac{\Delta e}{\log \frac{P_2'}{P_1'}} \quad (7)$$

$$\Delta e = C_c \log \frac{P_1}{P_2} \quad (8)$$

Dimana :

- C_r = Indeks pemampatan kembali;
- C_c = Indeks pemampatan;
- H = Tebal lapisan tanah yang ditinjau (m);
- P_{c'} = Tekanan prakonsolidasi (t/m²);
- e_o = Angka pori awal;
- Δp = Tambahan tegangan (t/m²);
- P_{o'} = Tekanan overburden efektif (t/m²); dan
- P₁ P₂ = Tegangan yang terjadi pada lapisan tanah (P₂' > P₁').

Untuk tekanan prakonsolidasi (P_{c'}) diperoleh dari kurva *Cassagrande*.

Analisis Tinggi Kritis (H_{kritis})

Meyerhoff (1956) menyatakan bahwa penurunan izin yang terjadi pada lapisan tanah dasar akibat beban di atasnya adalah sebesar 2,54 cm (1 inchi). Apabila penurunan lebih besar dari 2,54 cm (1 inchi) maka penurunan dianggap tidak aman. Agar penurunan < 2,54 cm (1 inchi) maka beban di atasnya dalam analisis ini yaitu timbunan dikurangi ketinggiannya. Ketinggian (h) yang mengakibatkan penurunan < 2,54 cm (1 inchi) disebut Tinggi Kritis (H_{kritis}).

3. METODE PENELITIAN

Lokasi Penelitian

Lokasi yang akan dilakukan penelitian ini adalah pada Ruas Jalan KM 77 (Batas Kabupaten Pidie)–Batas Kota Sigli, tepatnya pada KM BNA 83+135 Ruas Jalan Nasional N-003 yang secara administratif berada di Kabupaten Pidie.

Tahapan Pengumpulan Data

Data primer

Data yang berhubungan dengan data primer seperti :

1. Peninjauan lokasi dengan bertujuan mengamati situasi lokasi penelitian.
2. Pengambilan foto–foto lokasi penelitian untuk pengamatan dan analisa.
3. Data yang diuji di Laboratorium Mekanika Tanah Universitas Syiah Kuala. Data Laboratorium tersebut meliputi :
 - Data tanah
Diperoleh dari pengambilan sampel di lokasi kemudian dilakukan pengujian di Laboratorium Mekanika Tanah untuk mendapatkan sifat fisik tanah.
Data tanah yang kita perlukan pada kegiatan penyelidikan tanah untuk analisa stabilitas lereng pada Ruas Jalan Nasional Banda Aceh-Medan KM. 83+135 Seulawah meliputi:
 - Sifat-sifat fisis, meliputi : berat lsi (γ) tanah, kohesi (c), dan sudut geser dalam tanah (ϕ).
 - Sifat Mekanis, meliputi : hasil dari *Direct Shear Test*.

Data sekunder

Data yang berhubungan dengan data sekunder yaitu :

1. Data investigasi Geolistrik.
2. Topografi situasi.

Pengambilan Sampel

Pengambilan sampel tanah tak terganggu menggunakan metode *Hand Bore*. Metode *Hand Bore* adalah penyelidikan tanah dengan cara menggali tanah menggunakan hand bor dengan kedalaman yang dikehendaki, kemudian dilaksanakan pengambilan sampel menggunakan *Tube*.

Parameter Tanah

Parameter tanah ini merupakan data yang digunakan untuk memperoleh hasil perhitungan analisis konsolidasi badan jalan. Data yang digunakan untuk analisis konsolidasi badan jalan menggunakan *software Plaxis* adalah berat volume tanah (γ), kohesi (c), dan sudut geser dalam tanah (ϕ), sudut dilatasi (Ψ), *poison ratio* (ν) dan koefisien permeabilitas tanah (k_x, k_y).

Pengolahan Data

Analisis kestabilan lereng dengan menggunakan *software Plaxis* membutuhkan Pemodelan lereng yang sesuai dengan data yang ada sehingga diperoleh hasil yang akurat. Adapun nilai–nilai parameter yang digunakan sebagai input pada *software plaxis* yaitu :

1. Data parameter tanah dasar dan timbunan
 - Berat volume basah (γ_b), berat volume kering (γ_d), permeabilitas (k), kohesi (c), sudut geser (ϕ), sudut dilatasi (Ψ), modulus young (E) dan *poison ratio* (ν).

Tabel 1.
 Parameter Tanah *Input software Plaxis 8.6*

Parameter Tanah	STA 83 + 135			Satuan
	Lapisan 1	Lapisan 2	Lapisan 3	
Material Model	MC	MC	MC	-
Type of behavior	Drained	Undrained	Undrained	-
Drai soil weight (gdry)	10.101	10.101	10.101	kN/m3
Drai soil weight (gwet)	13.361	13.361	13.361	kN/m3
Horizontal permeability (kx)	1.00E-04	1.00E-04	1.00E-04	m/day
Vertical permeability (ky)	1.00E-04	1.00E-04	1.00E-04	m/day
Young's modulus (Eref)	1.50E+04	1.50E+04	1.50E+04	kN/m2
Poisson's ratio (v)	0.3	0.3	0.3	-
Cohession (c)	3.7	12.2	12.2	kN/m2
Firction angle (f)	2.9	2.1	2.1	°
Dilatacy angle (Ψ)	0	0	0	°

Analisis *software Plaxis* memiliki tiga tahapan, yaitu tahapan masukan data, tahapan kalkulasi, dan tahapan keluaran data.

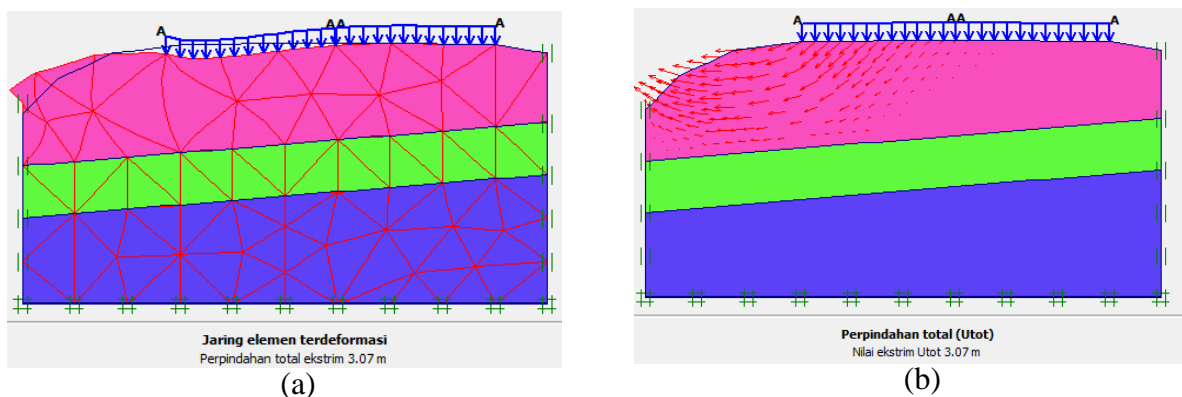
4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil

1. Hasil perhitungan konsolidasi pada tanah timbunan dengan *software Plaxis 8.6*

Perhitungan konsolidasi pada tanah timbunan dengan menggunakan *software plaxis 8.6* dilakukan lima Pemodelan. Setiap Pemodelan terdapat tiga lapisan tanah yaitu pada lapisan pertama berupa tanah timbunan, lapisan kedua dan lapisan ketiga berupa tanah lempung berlanau. Pemodelan 1 yaitu kondisi ekisting dengan menggunakan beban kendaraan sebesar 12 kN/m² mengalami penurunan yaitu 307 cm, cenderung tidak dapat menahan timbunan, setelah dilakukan kontrol keamanan penurunan diatas batas toleransi yaitu < 2,54 cm (1").

Pemodelan 5 yaitu mengurangi ketinggian tanah timbunan sebesar 40 % ($H_{\text{Tanah timbunan}} = 3,6 \text{ m}$) dari tebal lapisan tanah tersebut dengan menggunakan lapisan tanah dan beban kendaraan yang sama, mengalami penurunan yaitu 1,640 cm, dapat menahan timbunan, setelah dilakukan kontrol keamanan penurunan diatas batas toleransi yaitu < 2,54 cm (1").

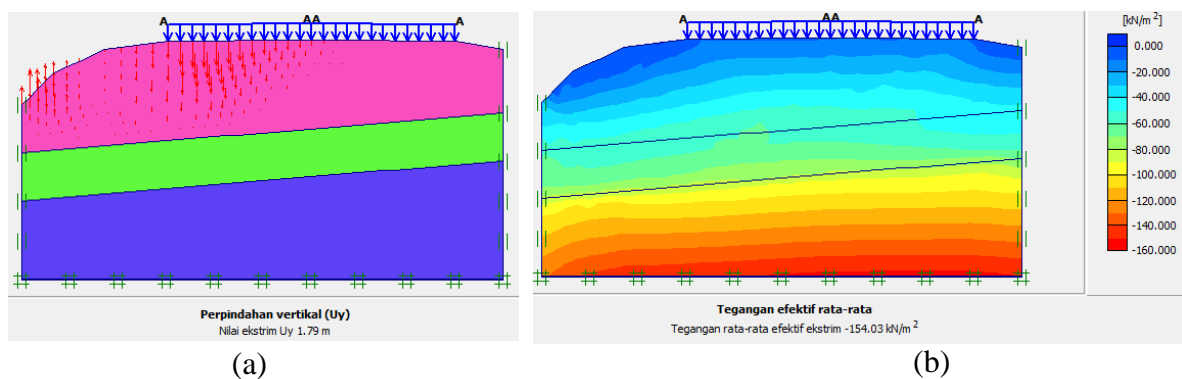


Gambar 2.

Hasil Perhitungan (a) Jaring Elemen Terdeformasi; dan (b) Perpindahan Total

Berdasarkan Gambar 2.a menunjukkan bahwa *Deformesh Mesh* (Jaring Elemen terdeformasi) pada kondisi ekisting dengan menggunakan *software Plaxis 8.6* dengan menggunakan lapisan tanah dan beban kendaraan yang sama pada Pemodelan 1 yaitu 3,07 m. Untuk hasil perhitungan *Deformed Mesh* (Jaring Elemen Terdeformasi) dengan menggunakan lapisan tanah dan beban kendaraan yang sama pada Pemodelan 5 yaitu 1,64 cm.

Berdasarkan Gambar 2.b menunjukkan bahwa Perpindahan Total pada kondisi ekisting dengan menggunakan *software Plaxis 8.6* dengan menggunakan lapisan tanah dan beban kendaraan yang sama pada Pemodelan 1 yaitu 3,07 m. Hal ini menunjukkan bahwa (Perpindahan Total) terjadi pada tanah timbunan Untuk hasil perhitungan Perpindahan Total dengan menggunakan lapisan tanah dan beban kendaraan yang sama pada Pemodelan 5 yaitu 1,64 cm.



Gambar 3. Hasil Perhitungan (a) Perpindahan Vertikal; dan (b) Tegangan Efektif Rata-Rata

Berdasarkan Gambar 3.a menunjukkan bahwa Perpindahan Vertikal pada kondisi ekisting dengan menggunakan *software Plaxis 8.6* dengan menggunakan lapisan tanah dan beban kendaraan yang sama pada Pemodelan 1 yaitu 1,79 m. Hal ini menunjukkan bahwa penurunan paling besar terjadi pada tanah timbunan karena beban diterima langsung oleh timbunan baik beban tanah itu sendiri maupun beban kendaraan, sehingga tanah tersebut tidak sanggup menahan beban yang bekerja di atasnya. Untuk hasil perhitungan Perpindahan Vertikal dengan menggunakan lapisan tanah dan beban kendaraan yang sama pada Pemodelan 5 yaitu 1,637 cm.

Berdasarkan Gambar 3.b menunjukkan bahwa hasil analisis Tegangan Efektif Rata-Rata pada kondisi ekisting dengan menggunakan *software Plaxis 8.6* akibat pengaruh beban kendaraan pada Pemodelan 1 yaitu -154,03 kN/m². Hal ini menunjukkan bahwa tegangan efektif yang bekerja dibawah tanah timbunan. Dengan demikian, bahwa tegangan yang paling besar terjadi di bawah timbunan (*embankment*) karena beban yang diterima langsung oleh tanah timbunan sehingga konsentrasi tegangan di bawah tanah sangat besar. Untuk hasil perhitungan Tegangan Efektif dengan menggunakan lapisan tanah dan beban kendaraan yang sama pada Pemodelan 5 yaitu 130,43 kN/m².

4.2 Pembahasan

Berdasarkan data yang digunakan pada analisis pada tanah timbunan yang ditinjau, maka tanah timbunan pada lokasi Ruas Jalan Nasional Banda Aceh-Medan KM. 83+135 Seulawah memiliki nilai konsolidasi yang bervariasi. Hasil analisis konsolidasi tanah timbunan dengan ketinggian ekisting 6 meter akibat pengaruh beban kendaraan menggunakan *software Plaxis 8.6*, maka didapat nilai deformasi yaitu 307 cm dalam kondisi tidak aman, lebih besar dari persyaratan yang diizinkan (2,54 cm atau 1”).

Dengan demikian, maka dilakukan pengurangan terhadap tinggi tanah timbunan sebesar 40% ($H_{\text{Tanah Timbunan}} = 3,6 \text{ m}$), maka setelah dilakukan analisis dengan *software Plaxis 8.6* pada kondisi tersebut masih terjadi deformasi dalam kondisi aman.

Gaya-gaya yang bekerja pada tanah timbunan yaitu akibat berat tanah sendiri, tekanan air pori dan beban kendaraan sebesar 12 kN/m^2 . Gaya-gaya yang bekerja pada Pemodelan 1 terlalu besar sehingga tidak dapat menahan beban tanah timbunan di atasnya. Akibat dari lapisan tanah yang cenderung lunak, maka badan jalan mengalami keruntuhan. Dengan kondisi tanah yang demikian, maka alternatif yang dapat dilakukan adalah dengan menurunkan ketinggian tanah tersebut, agar dapat menahan beban timbunan di atasnya. Adapun Pemodelan 5 dengan ketinggian tanah timbunan sebesar 40% ($H_{\text{Tanah Timbunan}} = 3,6 \text{ m}$) dengan lapisan tanah yang sama dianggap dapat menahan beban tanah timbunan dan beban kendaraan yang bekerja di atasnya, dimana tanah tidak mengalami keruntuhan yang mengakibatkan beban di atasnya terguling akibat tanah dasar yang runtuh.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil dan pembahasan tentang analisis konsolidasi dengan menggunakan *software Plaxis 8.6* pada Ruas Jalan Nasional Banda Aceh-Medan KM. 83+135 Seulawah dapat diambil kesimpulan yang akan mewakili penelitian ini secara keseluruhan, antara lain :

1. Pemodelan 5 menggunakan lapisan tanah timbunan dan pasir berlanau, dengan mengurangi tinggi tanah timbunan sebesar 40% ($H_{\text{Tanah Timbunan}} = 3,6 \text{ m}$) dari ketinggian tanah tersebut, mengalami penurunan sebesar $1,64 \text{ cm}$, lapisan tanah dapat menahan beban di atasnya sehingga tanah timbunan tidak mengalami keruntuhan.
2. Dari tinggi H_{awal} 6,0 meter dan hasil yang diperoleh dari *software Plaxis 8.6* pada Pemodelan 1 mengalami keruntuhan.
3. Peristiwa keruntuhan badan jalan yang dialami pada Ruas Jalan Nasional Banda Aceh-Medan KM. 83+135 Seulawah lebih dipengaruhi ketinggian tanah timbunan.

5.2 Saran

Setelah diperoleh hasil perhitungan analisis *software Plaxis 8.6*, penulis memberikan beberapa saran sebagai berikut:

1. Pada setiap konstruksi yang akan dibangun harus dapat memperhatikan lapisan tanah dasar dan H_{kritis} agar konstruksi tersebut tidak mengalami penurunan, retakan atau runtuh.
2. Perhitungan *software Plaxis* dalam perhitungan analisis tinggi timbunan (H_{kritis}) lebih baik karena hasil yang diperoleh lebih akurat, waktu lebih efisien serta keluaran yang ditampilkan dapat memberi gambaran deformasi serta bidang runtuh yang terjadi setiap lapisan secara langsung.

DAFTAR PUSTAKA

1. Das, B. M., 2006, *Mekanika Tanah Jilid 1*, Penerbit Erlangga, Jakarta.
2. Hardiyatmo, 2006, *Mekanika Tanah I*, Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.