



ANALISIS PERKERASAN LENTUR DI ATAS TANAH EKSPANSIF

Mukhlis^a, Yuhanis Yunus^b, Sofyan M. Saleh^c

^a Magister Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Syiah Kuala, Banda Aceh

^b Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Lhokseumawe, Banda Aceh

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

*Corresponding author, email address: mukhlisbl5552ni@gmail.com

ARTICLE INFO

Article History:

Received 08 January 2019

Received in revised form 10 March 2019

Accepted 16 March 2019

Keywords:

Ekspansif soil, Flexible pavements, Kenpave.

ABSTRACT

The segmented road of Bireuen-Takengon has often damaged in apart of its pavement structure due to the area of flexible pavement structure taken place upon an expansive soil that leads to depreciation caused by the influence of changes in the water level. The aim of this research method was to analyze the characteristics of the base soil underlying the pavement and to analyze the flexible pavement structure in the widening of the road. The observed area was Sta.70+175 s/d Sta.74+925 which taken place in Bener Meriah regency, sub-district of Timang Gajah. The results of USCS clarification show that the road of basal soil is included in the MH & OH with a PI value of 25.42%, LL 64.25% with a potential level of development and activity belonging to the medium-high category and also having mineral types of Illite. From the analysis of KENPAVE software, the design of flexible pavement structures is based on data planning that has a maximum stress and deflection value, on the base soil, of 0.1814 kg/cm² and 0.0585 cm respectively. Moreover, based on Job mix data the maximum value of stress and deflection is 0.2444 kg/cm² and 0.0585 cm respectively in which both of two stress and deflections are within the allowable limit; which both of two stress and deflections are within the allowable limit; 7.8 kg/cm² and 2.5 cm. The evaluation results of both data are feasible to be used as an improved design on the pavement as the pressure generated by the weight of the road pavement structure is 1.949 kg/cm², while the swell pressure that occurs on subgrade is 1.805 kg/cm². Hence, The flexible pavement structure on the road segment is still able to reduce the swell potential on expansive soil.

©2018 Magister Teknik Sipil Unsyiah. All rights reserved

1. PENDAHULUAN

Pelaksanaan peningkatan ruas jalan Bireuen-Takengon yang berada di wilayah Kabupaten Bener Meriah Kecamatan Timang Gajah pada Sta.70+175 s/d Sta.74+925 memiliki daya dukung tanah dasar yang rendah, sehingga banyak pihak yang memprediksi akan lebih cepat terjadinya penurunan kinerja pada struktur perkerasan jalan dari umur yang telah direncanakan.

Berdasarkan permasalahan yang terjadi pada ruas jalan tersebut, maka dilakukan analisis pada struktur perkerasannya berdasarkan perbandingan kedua data material yang telah diperoleh dari instansi yang terkait, yang mana data tersebut merupakan data perencanaan dan data job mix formula. Potensi tekanan mengembang yang dapat dihasilkan oleh tanah dasar ekspansif yang disebabkan oleh perubahan

kadar air dapat menyebabkan deformasi pada struktur perkerasan lentur tersebut, sehingga menyebabkan kerusakan perkerasan jalan yang dapat mendorongnya ke arah vertikal dan dapat menariknya secara lateral. Salah satu analisis yang dilakukan untuk mengevaluasi struktur perkerasan lentur tersebut adalah dengan menggunakan program KENPAVE, yang mana struktur perkerasannya dapat dimodelkan sebagai *multi-layered system*.

Tujuan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Untuk mengidentifikasi karakteristik tanah dasar ekspansif pada ruas jalan tersebut.
2. Untuk menganalisis struktur perkerasan lentur yang terletak di atas tanah ekspansif pada ruas jalan tersebut dengan menggunakan program KENPAVE.
3. Untuk mengevaluasi hasil analisis struktur perkerasan lentur berdasarkan faktor keamanan.

Manfaat yang didapat dari penelitian ini adalah dapat menjadi bahan pertimbangan bagi perencanaan dalam mendesain tebal perkerasan lentur di atas tanah ekspansif .

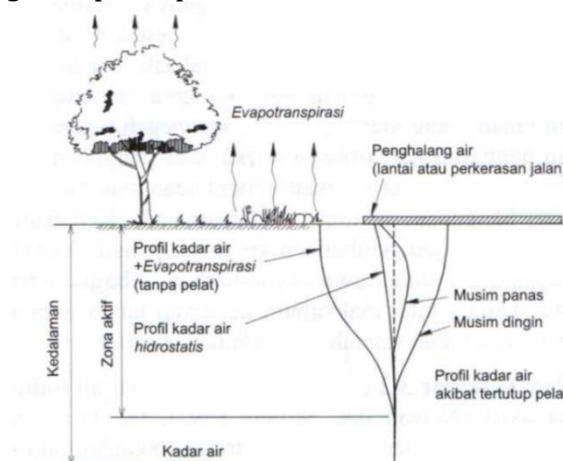
2. KAJIAN PUSTAKA

2.1 Tanah Ekspansif

Tanah ekspansif identik dengan kandungan lempung dan mineral di dalamnya, semakin banyak persentase mineral lempungnya maka akan semakin besar potensi mengembangnya. Mengacu pada perilaku tanah dalam merespon air berdasarkan nilai batas-batas Atterberg, tanah ekspansif umumnya memiliki rentang batas cair dengan batas plastis yang besar serta indeks plastisitas yang tinggi, biasanya lebih besar dari 30%.

2.2 Zona Aktif

Zona aktif adalah zona tanah di bagian atas yang di pengaruhi perubahan volume tanah akibat perubahan kadar air. Pengembangan tanah ekspansif terjadi akibat kenaikan kadar air di zona tersebut. Dua kemungkinan cara air berakumulasi di bawah bangunan, yaitu oleh aksi osmosa dan aksi kapiler. Akibat aksi kapiler, uap air akan bergerak ke atas lewat rongga pori tanah, yang kemudian akan menguap di permukaan tanah. Ketika bangunan dibangun, bangunan ini berperan sebagai penghalang permukaan tanah, yang mereduksi atau mencegah penguapan. Kenaikan kadar air akan menyebabkan pengembangan tanah ekspansif, seperti yang ditampilkan pada Gambar 1 di bawah ini.



Gambar 1. Profil kadar air hidrostatik dan letak zona aktif pada area terbuka dan tertutup (Nelson & Miller, 1992)

2.3 Identifikasi Tanah Ekspansif

Tanah ekspansif dapat menyerap air yang besar sehingga mengakibatkan perubahan volume. Beberapa metode yang dapat digunakan untuk identifikasi tanah ekspansif, antara lain:

1. Korelasi potensi pengembangan dengan sifat-sifat indeks

Cara sederhana untuk mengidentifikasi potensi perubahan volume tanah ekspansif dikaitkan dengan indeks plastisitas (PI). Menurut (Seed et al, 1962) mendefinisikan potensi pengembangan sebagai persentase pengembangan bila tanah dibebani dengan tekanan 6.9 Kpa (1 Psi), pada contoh tanah yang dibebani secara terkekang pada arah lateral, dengan contoh tanah yang dipadatkan pada kadar air optimum (w_{opt}) dan kepadatan yang sama (γ_{d-mak}).

$$S = (3.6 \times 10^{-5}) A^{2.44} C^{3.44} \quad (1)$$

Untuk $K = 3.6 \times 10^{-5}$, potensi pengembangan dinyatakan oleh:

$$S = 60 K (PI)^{2.4} \quad (2)$$

Hubungan empiris yang lain antara potensi pengembangan dan indeks plastisitas tanah adalah:

$$S = (2.16 \times 10^{-3}) (PI)^{2.44} \quad (3)$$

Dimana (S) adalah potensi pengembangan (persen pengembangan), (A) merupakan aktivitas tanah lempung (tanpa satuan), dan (C) adalah persen fraksi lempung (diameter butiran $< 0,002$ mm).

2. Tingkat aktivitas (Activity)

Identifikasi lempung ekspansif juga sering dilakukan dengan memperhatikan nilai aktivitasnya. (Skempton, 1953) mendefinisikan aktivitas (A) sebagai:

$$A = \frac{PI}{C} \quad (4)$$

Dengan, (PI) yang merupakan indeks plastisita, (A) adalah aktivitas tanah lempung, dan (C) adalah persen fraksi lempung (diameter butiran $< 0,002$ mm).

3. Mineral lempung

Menurut (Nelson & Miller, 1992) telah melakukan uji batas-batas Atterberg pada kelompok mineral *kaolinite*, *illite*, dan *montmorillonite*, hasilnya dapat ditampilkan dalam bentuk Tabel 1 di bawah ini.

Tabel 1
Karakteristik beberapa macam mineral lempung.

Kelompok mineral	Permukaan spesifik (m^2/g)	Batas-batas Atterberg		Aktivitas (A)
		LL (%)	PL (%)	
<i>Kaolinite</i>	7	30 - 100	25 - 40	0.38
<i>Illite</i>	38	60 - 120	35 - 60	0.9
<i>Montmorillonite</i>	104	100 - 900	50 - 100	7.2

Beberapa cara identifikasi mineralogi dikembangkan dalam penelitian di laboratorium untuk menyelidiki sifat-sifat lempung, hanya cara ini tidak praktis dan ekonomis bila diaplikasikan di lapangan. Menurut Chen (1975), cara yang dapat digunakan yaitu, difraksi sinar X, analisis beda suhu, serapan pewarna, analisis kimia, dan resolusi mikroskop elektron.

2.4 Analisis Parameter Tanah Dasar

Beberapa parameter karakteristik tanah dasar yang sangat penting digunakan dalam menganalisis struktur perkerasan jalan antara lain:

1. *Modulus resilient* (M_R) adalah suatu kemampuan tanah atau lapisan pondasi granuler dalam menahan deformasi yang diakibatkan oleh beban yang terjadi secara berulang-ulang.
2. *Modulus of Subgrade Reaction* (k_s) yang digunakan untuk analisis struktur perkerasan dapat dihitung berdasarkan nilai CBR tanah dasarnya. Menurut Suhendro, nilai k_s dapat ditentukan berdasarkan data CBR tanah, karena antara k_s dan CBR terdapat korelasi nonlinier.
3. *Daya dukung ultimit* (q_u) tanah dasar dapat dihitung berdasarkan rumus pendekatan yang diberikan oleh (J.E. Bowles, 1998).

$$q_u = \frac{k_s}{40} \quad (5)$$

4. *Lendutan* (δ) maksimum yang diizinkan akibat beban roda kendaraan yang terjadi pada struktur perkerasan jalan yang terletak di atas tanah dasar, maka dihitung dengan persamaan di bawah ini.

$$\delta = \frac{q_u}{k_s} \quad (6)$$

5. *Tekanan mengembang tanah dasar* pada penelitian ini akan ditentukan berdasarkan persamaan dari hasil hubungan antara Indeks Plastisitas dan Tekanan Mengembang serta hubungan antara Indeks Plastisitas (PI) dan Persentase Mengembang (S) dengan persamaan berikut:

- Indeks Plastisitas dan Tekanan Mengembang

$$Ps_{(PI)} = 0.414 (PI)^2 - 9.220 (PI) + 143.4 \quad (7)$$

- Indeks Plastisitas dan Persentase Mengembang

$$S_{(PI)} = 0.016 (PI)^2 - 0.165 (PI) + 2.760 \quad (8)$$

Jika tekanan yang terjadi akibat berat struktur perkerasan lebih besar dari tekanan yang dihasilkan oleh tanah dasar, maka struktur perkerasan akan aman dari bahaya potensi pengembangan tanah dasarnya. Adapun tekanan pada struktur perkerasan dapat dihitung dengan persamaan di bawah ini.

$$P = \frac{W}{A} \quad (9)$$

Dimana (P) merupakan nilai tekanan akibat berat struktur perkerasan, (W) berat struktur perkerasan, dan (A) merupakan luas struktur perkerasan yang ditinjau.

2.5 Teori Sistem Lapisan Banyak

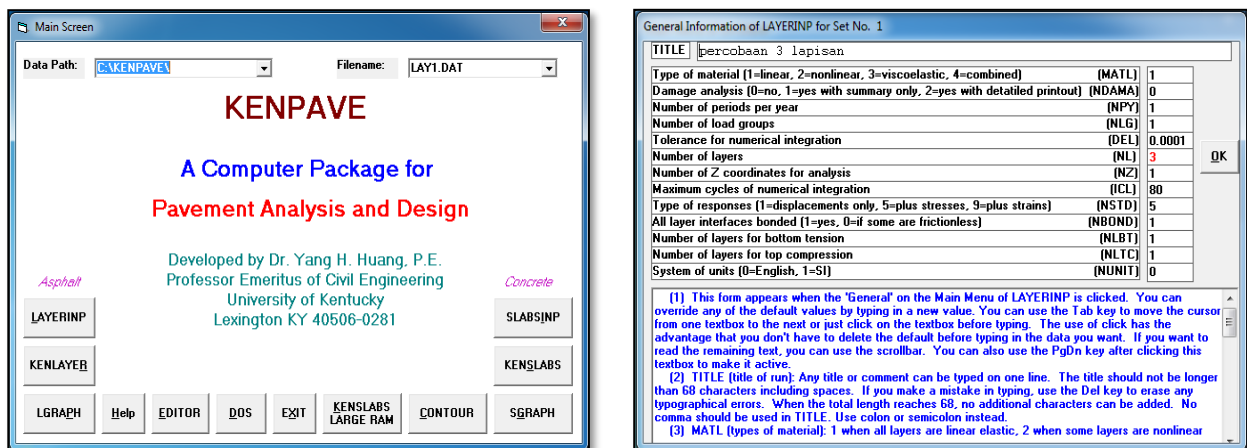
Konsep analisa teori lapis banyak ini mejadi akar untuk sistem dua lapis dan tiga lapis yang dikembangkan oleh (Burmister, 1958). Beberapa asumsi yang digunakan adalah sebagai berikut:

1. Setiap lapisan perkerasan memiliki ketebalan tertentu, kecuali tanah dasar.
2. Sifat setiap lapisan perkerasan adalah homogen dan isotropik.
3. Kondisi kontinuitas pada lapisan interface, seperti tegangan vertikal yang sama, tegangan geser, perpindahan vertikal, dan perpindahan radial. Untuk gesekan interface, kelangsungan tegangan geser dan perpindahan radial dapat digantikan oleh tegangan geser nol pada setiap sisi interface.

4. Beban roda kendaraan dianggap memberikan gaya vertikal yang seragam terhadap struktur perkerasan dengan bidang kontak yang berbentuk lingkaran. Selain itu komponen gaya kendaraan yang diakibatkan oleh rem, percepatan, kelandaian, dan kemiringan tikungan tidak diperhitungkan.

2.6 Analisis Struktur Perkerasan Lentur dengan Program KENPAVE

Program KENPAVE merupakan program analisis untuk perkerasan jalan. Pada tiga menu pada bagian kiri digunakan untuk perkerasan lentur salah satunya menu *Kenlayer*. Dasar dari program *Kenlayer* ini adalah teori sistem lapisan banyak. *Kenlayer* dapat diaplikasikan pada perilaku tiap lapisan yang berbeda, seperti linear, non linear atau viskoelastis, dan juga empat jenis sumbu roda, yaitu sumbu tunggal roda tunggal, sumbu tunggal roda ganda serta sumbu tandem dan sumbu triple. Adapun tampilan program KENPAVE dapat di tampilkan pada Gambar 2 di bawah ini.



Gambar 2. Tampilan program Kenpave & tampilan Layerinp untuk perkerasan lentur.

3. METODE PENELITIAN

3.1 Lokasi Penelitian

Lokasi yang dijadikan sebagai objek penelitian adalah ruas jalan Bireuen-Takengon yang terletak di Kabupaten Bener Meriah pada Sta.70+175 s/d Sta.74+925 dengan panjang jalan tersebut 4,750 Km dan lebar rata-rata 5,41 m².

3.2 Tahapan Pengumpulan Data

1. **Data primer:** Merupakan suatu data yang diperoleh di lapangan dan diuji di Laboratorium Mekanika Tanah, dengan cara mengambil beberapa sampel tanah dasar yang terdapat di beberapa titik lokasi penelitian yaitu Sta.71+200, Sta.72+100, dan Sta.74+700. Adapun pengujian yang dilakukan pada sampel tanah tersebut terdiri dari: Sifat-sifat fisis yang meliputi *Pengukuran kadar air (w)* berdasarkan ketentuan (SNI 03-1965-1990), *Specific gravity (Gs)* berdasarkan ketentuan (ASTM D-458-72), *Pengukuran batas cair (LL)*, *Pengujian batas plastis (PL)*, dan *Analisa ukuran butiran* berdasarkan ketentuan (ASTM D 422-72).
2. **Data sekunder:** Merupakan data pendukung yang diperoleh dari Dinas Bina Marga Provinsi Aceh, yang merupakan data tentang *Pembangunan Peningkatan Ruas Jalan Bireuen-Takengon Seksi III Km.70 s/d Km.96* (Multy Years) dengan nomor kontrak 206.6/SPKK/PBJ/DBC/APBA/XII/2010. Adapun parameter yang dibutuhkan dalam penelitian ini yaitu: *Stabilitas Marshall (MS)*, CBR pada masing-masing lapisan pondasi, dan *Specific gravity (Gs)* pada masing-masing jenis material, yang tujuannya adalah untuk dapat dilakukan perhitungan terhadap berat struktur pekersan lentur tersebut.

3.3 Teknik Analisis Data

Pada tahap ini akan dilakukan analisis pada data sekunder dan data primer. Adapun tahapan analisis pada kedua data tersebut yaitu data perencanaan dan data job mix formula dalam penelitian ini meliputi:

1. Identifikasi karakteristik tanah dasar

Umumnya, bila dalam pembangunan, perubahan volume menjadi masalah, maka di butuhkan cara untuk mengidentifikasi tanah tersebut, yang tujuannya untuk mengetahui tingkat potensi pengembangan, tingkat aktivitas dan mineral lempung yang terkandung didalamnya.

2. Analisis struktur perkerasan lentur dengan program KENPAVE.

Pada tahap ini akan dilakukan analisis pada tanah dasar dengan kedalaman 64 cm dari permukaan perkerasan jalan dengan jumlah lokasi yang akan dianalisis 25 titik. Dalam melakukan analisis pada struktur perkerasan lentur terdapat beberapa parameter yang digunakan sebagai data *input* di antaranya: *Modulus elatisitas*, *Poisson Rasio*, Ketebalan pada masing-masing lapisan perkerasan, dan Kondisi beban. Setelah dilakukan analisis, maka akan diperoleh hasil *output* yang berupa besaran tegangan dan lendutan yang sesuai dengan lokasi titik dianalisis.

3.4 Evaluasi Kemampuan Perkerasan Terhadap Tekanan Mengembang

Pada tahap ini akan dilakukan evaluasi dari hasil analisis data yang telah diperoleh, untuk mengetahui kemampuan dan stabilitas struktur perkerasan dalam memikul beban lalu lintas, yang mana struktur perkerasannya terletak di atas tanah ekspansif. Struktur perkerasan lentur dapat dikatakan mempunyai kemampuan dan stabilitas yang baik apabila tekanan yang terjadi akibat berat struktur perkerasan mampu meredam terjadinya potensi tekanan mengembang yang terjadi pada tanah dasar.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil

Ruas jalan Bireuen-Takengon, merupakan salah satu ruas jalan Nasional kelas IIIA pada tahun 2010 yang berada di wilayah Kabupaten Bener Meriah yaitu pada Sta.70+175 s/d Sta.74+925. Lebar pada bagian peningkatan perkerasan jalan adalah rata-rata adalah sebesar 5,41 m dengan panjang 4,750 km.

1. Data kondisi ruas jalan Bireuen-Takengon

Berdasarkan hasil perolehan kedua data sekunder pada struktur perkerasan jalan eksisting tersebut, maka dapat di peroleh parameter pada Tabel 2 sebagai berikut ini.

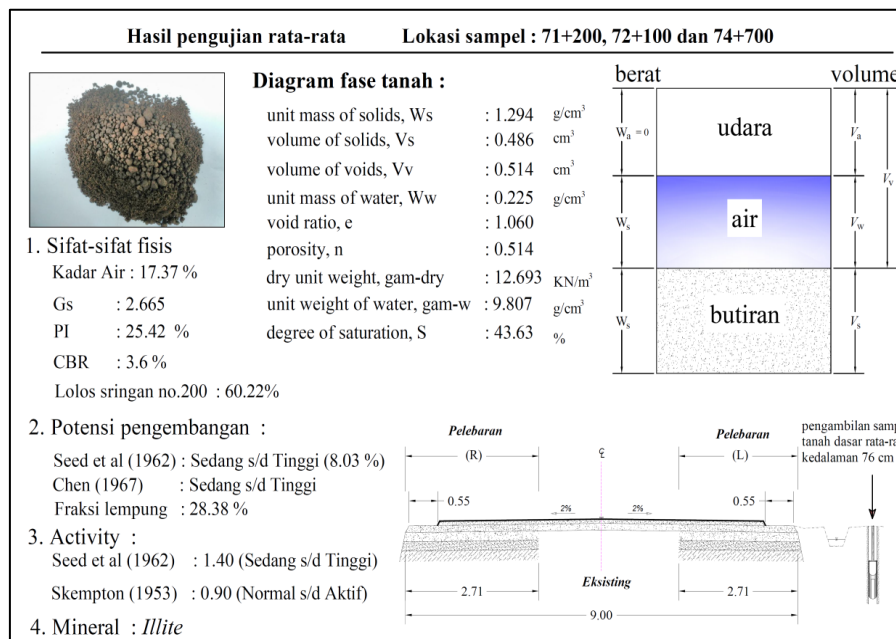
Tabel 2

Parameter struktur perkerasan lentur Bireuen-Takengon

Data perencanaan					
<i>Parameter</i>		M_R (kg/cm ²)	(μ)	Tebal (cm)	Jenis material
MS	887 kg	2980	0.4	9	Laston
CBR	100%	2109	0.4	15	Batu pecah (klas A)
CBR	50%	1195	0.35	20	Batu pecah (klas B)
CBR	20%	914	0.35	20	Timbunan pilihan
CBR from DCP	3.61%	380	0.45	∞	Subgrade
Data job mix formula					
<i>Parameter</i>		M_R (kg/cm ²)	(μ)	Tebal (cm)	Jenis material
MS	816 kg	28120	0.4	9	Laston
CBR	77.49%	1968	0.4	15	Batu pecah (klas A)
CBR	31.03%	1055	0.35	20	Batu pecah (klas B)
CBR	9.07%	703	0.35	20	Timbunan pilihan
CBR from DCP	3.61%	380	0.45	∞	Subgrade

2. Identifikasi karakteristik tanah dasar

Dari hasil pengujian di laboratorium, maka terdapat 3 macam jenis karakteristik tanah lempung pada ruas jalan tersebut, seperti yang di tampilkan pada Gambar 3 di bawah ini.



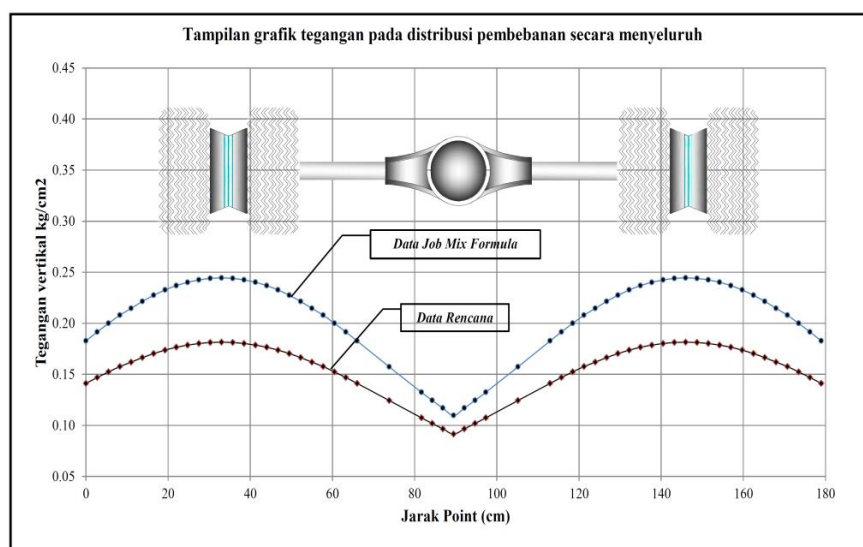
Gambar 3.Karakteristik tanah dasar pada struktur perkerasan lentur.

3. Evaluasi hasil analisis perkerasan lentur pada *subgrade*.

Dalam menganalisis struktur perkerasan lentur dengan program KENPAVE, maka diperlukan data properti dari material struktur perkerasan lentur pada ruas jalan Bireuen-Takengon pada Sta.70+175 s/d Sta.74+92, seperti yang di tampilkan pada Tabel 2 halaman 6.

a) Evaluasi tegangan pada struktur perkerasan lentur berdasarkan faktor keamanan.

Evaluasi besaran tegangan yang terjadi pada tanah dasar berdasarkan data *Perencanaan* dan *Job mix formula* dapat ditampilkan pada gambar di bawah ini.

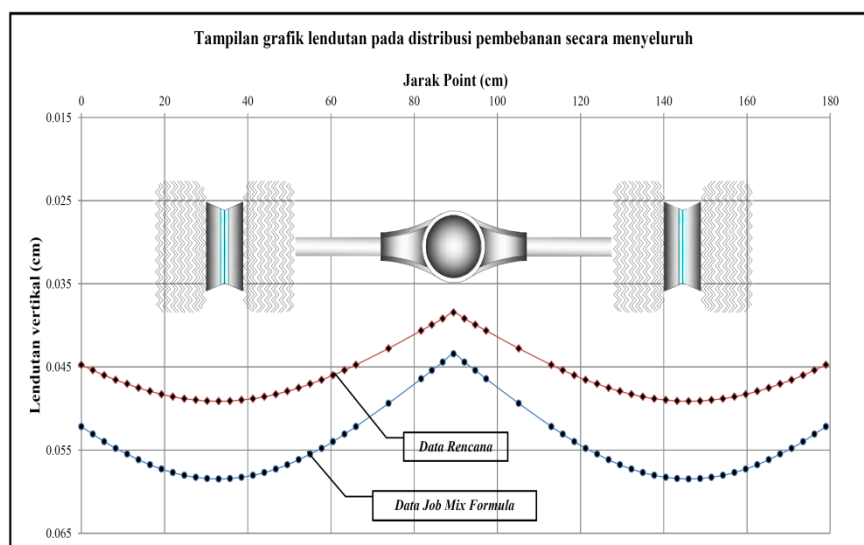


Gambar 4.Diagram tegangan vertikal pada tanah dasar.

Dari Gambar 4 di atas, dapat diketahui bahwa tegangan maksimum yang terjadi pada tanah dasar berdasarkan data *Perencanaan* sebesar $0,1814 \text{ kg/cm}^2$ dengan faktor keamanan daya dukung tanah dasar antara 43,00 s/d 55,28. Sedangkan data *Job mix formula* memperoleh tegangan maksimum sebesar $0,2444 \text{ kg/cm}^2$ dengan faktor keamanan daya dukung tanah dasar antar 31,92 s/d 42,7 yang mana tegangan tersebut terjadi pada jarak 33 cm dan 146 cm pada kedalaman 64 cm dari permukaan perkerasan. Hasil evaluasi tegangan yang terjadi pada tanah dasar dapat disimpulkan bahwa tanah dasar yang berada di bawah konstruksi perkerasan lentur tidak melampaui batas tegangan yang diizinkan sebesar $7,80 \text{ kg/cm}^2$, yang merupakan daya dukung tanah dasar, yang mana nilai tersebut merupakan hasil perhitungan persamaan (2.6) halaman 4.

b) *Evaluasi deformasi* pada struktur perkerasan lentur berdasarkan faktor keamanan.

Evaluasi besaran lendutan yang terjadi pada tanah dasar berdasarkan kedua data *Perencanaan* dan *Job mix formula* dapat ditampilkan pada gambar di bawah ini.



Gambar 5. Diagram lendutan vertikal pada tanah dasar.

Dari Gambar 5 di atas, dapat diketahui bahwa lendutan maksimum yang terjadi pada tanah dasar berdasarkan data *Perencanaan* sebesar 0,04912 cm dengan faktor keamanan lendutan yang terjadi pada tanah dasar antara 50,89 s/d 55,86. Sedangkan data *Job mix formula* sebesar 0,0585 cm dengan faktor keamanan lendutan yang terjadi pada tanah dasar antara 133,4 s/d 149,51, yang mana lendutan tersebut terjadi pada jarak 33 cm dan 146 cm pada kedalaman 64 cm dari permukaan perkerasan jalan. Adapun hasil evaluasi analisis lendutan vertikal yang terjadi pada tanah dasar ekspansif, dapat disimpulkan masih aman dan tidak melampaui batas lendutan yang diizinkan sebesar 2,5 cm serta masih mampu dalam memikul beban lalu lintas yang berada di atas permukaan perkerasan jalan, yang mana nilai tersebut dapat di peroleh dari hasil perhitungan persamaan (2.7) halaman 4.

c) *Evaluasi kemampuan perkerasan lentur* terhadap tekanan mengembang tanah dasar.

Struktur perkerasan lentur akan aman terhadap potensi pengembangan tanah dasar apabila tekanan yang dihasilkan akibat berat struktur perkerasan lebih besar dari potensi pengembangan tanah dasarnya. Dari hasil perhitungan dapat diketahui bahwa tekanan yang dihasilkan oleh berat stuktur perkerasan (P) adalah sebesar $1,949 \text{ kg/cm}^2$ yang mana hasil perhitungan tersebut diperoleh dengan menggunakan persamaan (2.10) halaman 5, dengan berat (W) total struktur perkerasan lentur adalah 500,957 kg dan luas (A) struktur perkerasa yang di tinjau $256,975 \text{ cm}^2$. Sedangkan tekanan mengembang yang di dihasilkan oleh tanah dasar $1,805 \text{ kg/cm}^2$, yang mana hasil perhitungan tersebut diperoleh dari persamaan (2.8) halaman

5. Hal ini menunjukkan bahwa tekanan yang dihasilkan oleh tanah dasar lebih kecil dari pada tekanan yang dihasilkan oleh berat struktur perkerasan, sehingga desain peningkatan ruas jalan tersebut masih aman dan mampu meredam tekanan mengembang pada tanah dasarnya.

4.2 Pembahasan

Dalam Penilaian desain struktur perkerasan lentur yang terletak di atas tanah ekspansif, diketahui bahwa struktur perkerasan lentur berdasarkan data perencanaan memiliki nilai tegangan dan lendutan yang lebih kecil jika dibandingkan dengan *ata job mix formula*. Pola distribusi tegangan yang terjadi pada tanah dasar berdasarkan hasil analisis data perencanaan dengan data *job mix formula*, keduanya masih termasuk pada batas tegangan dan lendutan yang diizinkan. Dengan demikian kedua data tersebut masih dapat untuk diterapkan pada peningkatan ruas jalan Bireuen-Takengon.

Tekanan yang dihasilkan dari berat struktur perkerasan lentur lebih besar jika dibandingkan dengan tekanan yang dihasilkan oleh tanah dasar ekspansif, sehingga struktur perkerasan tersebut mampu meredam tekanan mengembang pada tanah dasar yang ekspansif. Tanah dasar yang mengalami tegangan akibat beban lalu lintas yang terjadi secara berulang-ulang di atas permukaan perkerasan jalan, tidak dapat mengakibatkan deformasi permanen yang berlebihan akibat potensi pengembangannya.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari penelitian yang telah dilakukan pada ruas jalan Bireuen-Takengon yang berada di Kabupaten Bener Meriah Kecamatan Timang Gajah dan setelah dilakukan analisis dan pembahasan, maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Berdasarkan hasil system klasifikasi USCS, tanah pada ruas jalan tersebut tergolong kedalam tanah lempung lanau MH & OH dengan butiran lolos saringan No.200 rata-rata sebesar 60,22 %, kadar fraksi lempung rata-rata sebesar 28,38 %, PI rata-rata sebesar 25,42 %, LL rata-rata sebesar 64,25 %. Nilai tekanan mengembang pada tanah dasar adalah sebesar 1,085 kg/cm² atau 8,03% dan nilai tingkat aktivitas sebesar 1,40 yang memiliki jenis mineral *illite*, sehingga potensi pengembangan dan tingkat aktivitasnya termasuk dalam kategori sedang sampai dengan tinggi.
2. Berdasarkan hasil analisis struktur perkerasan lentur dengan program KENPAVE pada kedalaman 64 cm dari permukaan jalan, maka data *Perencanaan* memperoleh besaran nilai tegangan dan lendutan maksimal yang terjadi pada tanah dasar adalah sebesar 0,1814 kg/cm² dan 0,04912 cm. Besarnya tegangan dan lendutan maksimal yang terjadi pada tanah dasar berdasarkan data *Job mix formula* adalah sebesar 0,2444 kg/cm² dan 0,0585 cm. Hal ini menunjukkan bahwa data *Perencanaan* perkerasan lentur memiliki stabilitas dan daya dukung lebih baik dari pada data *Job mix formula*.
3. Berdasarkan hasil evaluasi kemampuan struktur perkerasan lentur terhadap tekanan mengembang yang disebabkan oleh tanah dasar, maka dapat diketahui bahwa data *Perencanaan* dan data *Job mix formula* pada struktur perkerasan lentur dianggap layak sebagai desain kegiatan peningkatan ruas jalan Bireuen-Takengon pada Sta.70+175 s/d Sta.74+925. Hal ini disebabkan bahwa tekanan yang dihasilkan oleh berat struktur perkerasan mampu meredam tingkat potensi tekanan mengembang pada tanah dasarnya sebesar 1,949 kg/cm² serta tegangan dan lendutan maksimal yang terjadi di bawah struktur perkerasan tersebut tidak melampaui batas tegangan dan lendutan yang diizinkan (tegangan maksimal 0,1814 kg/cm² dan 0,2444 kg/cm² < 7,80 kg/cm² dan lendutan maksimal 0,04912 cm dan 0,0585 < 2,50 cm).
4. Pilihan desain peningkatan perkerasan yang paling baik berdasarkan hasil evaluasi analisis struktur perkerasan lentur dengan program KENPAVE adalah dengan menggunakan data *Perencanaan* yang memiliki nilai modulus elastisitas pada lapisan AC-BC sebesar 29807 kg/cm², Klas A: 2109 kg/cm², Klas B: 1195 kg/cm² dan Urpil: 914 kg/cm². Dengan demikian data perencanaan tersebut memenuhi

persyaratan teknis dengan memiliki tegangan dan lendutan yang kecil, serta memiliki kemampuan dalam meredam tekanan pengembangan tanah dasar yang besar.

5.2 Saran

Setelah diperoleh hasil perhitungan analisis serta evaluasi pada struktur perkerasan lentur yang terletak di atas tanah ekspansif, penulis memberikan beberapa saran sebagai berikut:

1. Penelitian hendaknya dikembangkan dengan menganalisis lapisan pondasi atas dan bawah, sehingga akan di dapat hasil penelitan yang lebih akurat.
2. Dengan peninjauan beberapa variasi nilai *ks* (*Modulus reaksi*) pada saat kondisi tanah dasar menyusut pada saat musim kemarau, yang tujuannya untuk mengetahui perilaku struktur perkerasannya pada saat mengalami proses penyusutan.
3. Penelitian dapat dikembangkan atau di bandingkan dengan *Softwaer-softwaer* lain yang mendukung, seperti ETABS, BISAR, dan PLAXIS 3D.

DAFTAR PUSTAKA

1. AASTHO,1990, *Standard Specification for Transportation Materials and Methods of Sampling and Testing*, 15thed, AASHTO, Washington, DC.
2. Burmister, D.M., 1943, *The Theory of Stresses and Displacments in Layer System and Application to design of Airport Runways*, Proc.Highway Research Board, vol.23, pp.126.
3. Bowles, J.E., 1984, *Sifat-sifat Fisis dan Geoteknis Tanah*. Alih bahasa Ir. Johan Kelanapura Hainim. Jakarta, Erlangga.
4. Burmister, D.M., 1958, *Evaluation of Pavement System of WASHO Road Testing Layered System Method*, Highway Reserch Board, Bulleting 177.
5. Bina Marga (2013), *Manual Desain Perkerasan Jalan* – No.02/M/BM/2013, Kementrian Pekerjaan Umum, Direktorat Jendral Bina Marga.
6. Hardiyatmo,H.C.,2006, *Permasalahan dan Alternatif Penanganan Perkerasan Jalan pada Tanah Ekspansif*, Sminar Sehari Kaji Terap Konstruksi Jalan di Kabupaten Grobogan.
7. Hardiyatmo,H.C.,2009, *Metode Hitungan Lendutan Pelat Dengan Menggunakan Modulus Reaksi Tanah-dasar Ekivalen untuk Struktur Plat Fleksibel*. *Dinamika Teknik Sipil*, Majalah Ilmiah Teknik Sipil, Vol.9, No.2, Juli 2009, UMS.
8. Huang, Y. H., 1969b . "Influence Charts for Two-Layer Elastic Foundations," *Journal of the Soil Mechanics and Foundation Division*, ASCE, Vol. 95, No. SM2, March, pp. 709-713.
9. Suhendro, B., 2006, *Sistem Cakar Ayam Modifikasi sebagai Alternatif Solusi Konstruksi Jalan di atas Tanah Lunak*, Saduran dari buku 60 tahun RI, Jakarta.
10. Skempton, A.W., 1986, *Standard Penetration Test Procedures and The effect in Sand of Overburden Pressure, Relative Density, Particle Size, Aging and Overconsolidation*, *Geotechnique*, Vol.36, No.3, pp. 425-447.