

KAJIAN KARAKTERISTIK LEMPUNG BOBONARO DI PROVINSI NUSA TENGGARA TIMUR

G.J. Winston Fernandez
Puslitbang Jalan dan Jembatan, Jl. A.H. Nasution 264 Bandung

RINGKASAN

Lempung Bobonaro yang tersebar di sepanjang jalan nasional pulau Timor di provinsi Nusa Tenggara Timur mempunyai sifat plastisitas tinggi dan mengandung mineral Montmorillonite, sehingga berpotensi tinggi untuk mengembang dan menyusut pada musim hujan dan kemarau. Pada kondisi jenuh air, parameter kuat geser termasuk kemampuan daya dukung tanah lempung Bobonaro ini menurun cukup signifikan, sehingga tidak akan mampu mendukung beban rencana yang bekerja. Kerusakan yang terjadi pada perkerasan aspal seperti retak-retak memanjang, permukaan bergelombang dan amblesan pada ruas jalan nasional antara Kupang-Atambua diprediksi terjadi akibat karakteristik tanah lempung Bobonaro tersebut.

Kata kunci : Lempung Bobonaro, Tanah ekspansif, Menyusut, Mengembang

SUMMARY

Bobonaro clay spreading along national road in Timor Island at East Nusa Tenggara has high plasticity and contains Montmorillonite. It is potential to swell and shrinkage on rainy and dry season. On saturated condition, shear strength included bearing capacity Bobonaro clay will decrease significantly, and will not able to support design load. The damage that happened to asphalt pavement such as longitudinal cracks, surface deformation, and subsidence at national road between Kupang-Atambua is predicted caused by the characteristic of Bobonaro clay.

Keywords : Bobonaro clay, Expansive soil, Shrinkage, Swelling..

PENDAHULUAN

1. Latar Belakang

Jalan nasional antara Kupang dengan Atambua yang berbatasan dengan negara tetangga Timor Leste di pulau Timor merupakan urat nadi perhubungan darat dari Indonesia ke negara tetangga tersebut. Sejak lama pada ruas jalan ini selalu

menghadapi problema teknis berupa cepat rusaknya perkerasan aspal jalan yang ditandai dengan terjadinya retak-retak memanjang, bergelombang, ambles dan longSORan badan jalan.

Penanganan kerusakan dengan melakukan pelapisan ulang aspal umumnya hanya bertahan satu musim saja. Berdasarkan data

geologi diketahui bahwa di daratan pulau Timor ditemukan penyebaran lempung Bobonaro (*Bobonaro Clay*) yang cukup luas, sehingga perlu dilakukan kajian untuk mengetahui dampak yang dapat terjadi oleh jenis batuan dasar tersebut terhadap konstruksi jalan.

2. Maksud dan Tujuan

Maksud dari pengkajian ini adalah untuk mengetahui korelasi antara karakteristik tanah dasar di bawah badan jalan pada ruas antara Oesapa-Oesao-Bokong, Niki Niki-Kefamenanu dan Maubesi-Nesam, yang berupa lempung Bobonaro dengan terjadinya kerusakan jalan.

Tujuan dari pengkajian ini adalah untuk mengetahui secara akurat faktor penyebab kerusakan jalan sehingga dapat dilakukan teknik penanganan yang efektif.

METODOLOGI

Metode pengkajian yang digunakan adalah metode langsung dengan menguji contoh tanah di laboratorium untuk mengetahui karakteristik tanah dasar di bawah badan jalan. Dengan melakukan pengujian laboratorium dapat diketahui jenis, komposisi, mineral dan klasifikasi tanah serta potensi pengembangan lempung Bobonaro yang dapat mengakibatkan kerusakan konstruksi jalan di atasnya.

TEORI DAN HIPOTESIS

Tanah ekspansif (*Ekspansive soil*) adalah tanah lempung yang berpotensi menyusut dan mengembang akibat pengaruh perubahan kadar air tanah yang terjadi pada musim kemarau dan musim hujan. Untuk dapat mengetahui potensi kembang-susut tersebut perlu dilakukan analisis yang mengkorelasikan nilai kadar air tanah natural dengan batas cair (LL), batas plastis (PL), indeks plastisitas (PI) dan batas susut (SL). Nilai kadar air tanah natural yang dekat dengan PL menunjukkan tanah dalam kondisi basah, sedangkan bila mendekati SL menunjukkan tanah dalam kondisi sangat kering.

Pada musim kemarau, di perkerasan aspal sekitar bahu jalan terjadi retak-retak memanjang akibat terefleksinya retakan tanah akibat penyusutan (*shrinkage*). Pada kondisi hujan, air permukaan masuk melalui retakan dan diikat oleh mineral tanah lempung ekspansif sehingga terjadi pengembangan (*swelling*) tanah, dan bila kadar air terus meningkat maka akan terjadi proses pelunakan (*softening*) tanah yang mengakibatkan kuat geser dan daya dukung tanah menurun sehingga terjadilah amblesan maupun longsoran.

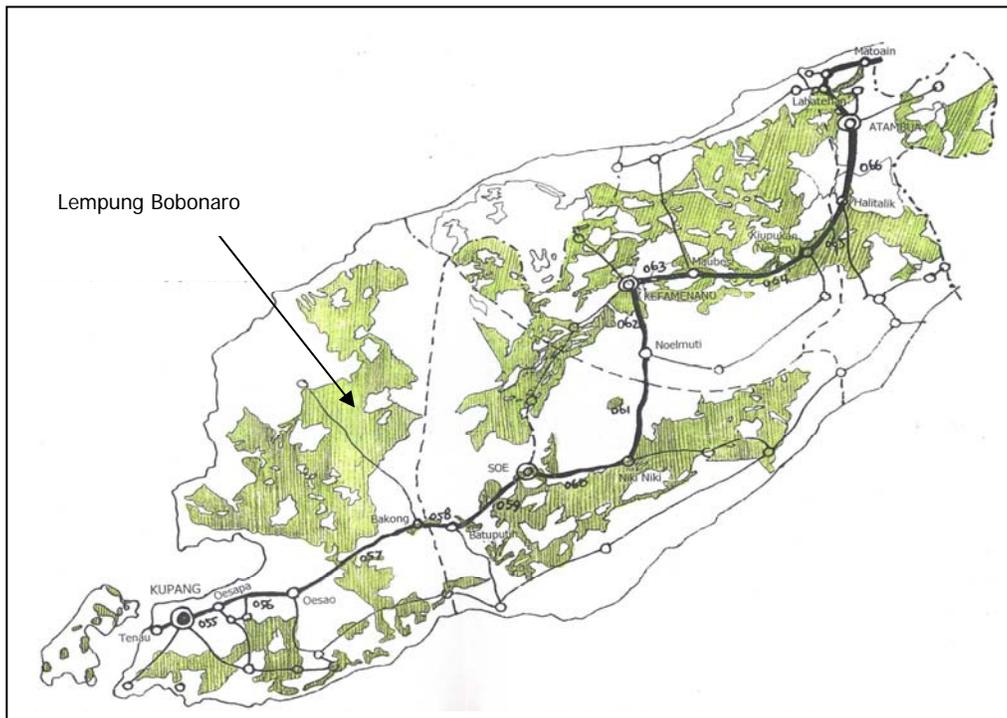
KONDISI LAPANGAN

1. Kondisi Morfologi

Sebagian besar pulau Timor ditempati oleh satuan pegunungan bergelombang yang berlereng landai sampai agak terjal, tersusun dari batuan yang bersifat lempungan dan tidak padat. Bentang morfologi daerah sekitar jalan antara Kupang-Atambua merupakan daerah terbuka dengan penyebaran pepohonan yang sangat jarang (savana).

2. Penyebaran Lempung Bobonaro

Berdasarkan penyebaran satuan Bobonaro dalam peta geologi pulau Timor yang diterbitkan oleh Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi pada tahun 1974/1975 diketahui satuan formasi lempung Bobonaro sebagaimana Gambar 1. Penyebaran satuan lempung Bobonaro tersebut yang dilalui oleh jalan nasional pada jalur tengah di pulau Timor dapat diketahui sebagaimana pada Tabel 1 berikut :



Gambar 1. Peta Penyebaran Lempung Bobonaro di Pulau Timor

Tabel 1.

Penyebaran Satuan Bobonaro di ruas jalan Kupang – Atambua P.Timor

No	Ruas Jalan	Antara Kota	Link	Lokasi Km
1	KUPANG – SOE	Oesao-Bokong	057	Km.20-25 dari Oesao dan sktr Bokong
		Bokong-Batuputih	058	Km.0-5 dari Bokong
		Batuputih-Soe	059	Km.5-15 dari Batuputih dan sktr Soe
2	SOE – KEFAMENANU	Soe-Niki Niki	060	Km.15-25 dari Soe
		Niki Niki-Noelmuti	061	Km.0-5 dari Niki Niki
		Noelmuti-Kefamenanu	062	Km.10-20 dari Noelmuti
3	KEFAMENANU – ATAMBUA	Kefamenanu-Maubesi	063	Km.0-20 dari Kefamenanu
		Maubesi-Nesam	064	Km.0-30 dari Maubesi
		Nesam-Halilalik	065	Km.0-20 dari Nesam
4	ATAMBUA – MOTAAIN	Atambua-Lahatehan	067	Km.0-15 dari Atambua

3. Konstruksi Perkerasan Jalan

Di daerah Oesapa-Oesao-Bokong, jenis konstruksi perkerasan jalan terdiri dari lapis pondasi bawah agregat klas B, lapis pondasi atas ATB (*asphalt treated base*), sedangkan lapis permukaan berupa AC (*asphaltic concrete*). Di daerah Maubesi-Nesam, jenis konstruksi perkerasan jalan umumnya terdiri dari perbaikan tanah dasar menggunakan batu gamping kristalin, lapis pondasi bawah agregat klas B, lapis pondasi atas klas A dan lapis permukaan Lapen yang telah dilapis dengan ATB.

Lapis permukaan aspal dan bahu jalan umumnya tidak kedap air. Selokan tepi umumnya berupa galian tanpa pasangan batu.

Konstruksi perkerasan jalan umumnya telah dilapis ulang dengan menambah agregat klas B dan A sebagai lapis pondasi dan lapis ATB. Demikian juga pada segmen- segmen

tertentu di ruas Maubesi-Nesam telah dibangun dinding pasangan batu sebagai sokongan samping, namun retakan-retakan memanjang pada aspal masih tetap terjadi.

4. Kerusakan Yang Terjadi

a. Ruas Oesapa-Oesao-Bokong

Pada survei lapangan tanggal 12-14 Juli 2006 antara Km.16-Km.16+600, Km.20-Km.23, Km.24-Km.24+700, Km.25+600-Km.26, Km.30-Km.32+300, Km.33+800-Km.38+500, Km.39+500-Km.40+500 dan Km.56-Km.57 Kpg, perkerasan jalan retak-retak memanjang dengan bukaan retak maksimum selebar 20 mm dan permukaan jalan bergelombang dengan penurunan antara 40-150 mm. Retakan memanjang terletak sekitar 0.40 meter sampai 2.00 meter dari bahu jalan (Gambar 2).



Gambar 2. Kerusakan pada ruas jalan Oesapa-Oesao-Bokong

b. Ruas Niki Niki-Kefamenanu

Pada lokasi Km.141-Km.142 Kpg (Sopo) terdapat 3 lokasi longsor badan jalan ke arah lembah. Lokasi Km.141+500 telah ditangani dengan konstruksi bronjong, Km.141+700 ditangani dengan bronjong di atas plat beton, sedangkan Km.141+900 ditangani dengan perkuatan tanah menggunakan geotekstil *woven*.

c. Ruas Maubesi-Nesam

Pada survei lapangan tanggal 19-20 Oktober 2005 antara Km.214+400-Km.217+225 Kpg ditemukan kerusakan perkerasan aspal berupa retak-retak memanjang pada perkerasan jalan dengan bukaan retak maksimum selebar 50 mm, kedalaman retak lebih dari 500 mm dan diikuti penurunan sekitar 20 mm. Retakan memanjang terletak sekitar 0.50 meter sampai 2.00 meter dari bahu jalan (Gambar 3). Pada segmen antara Km.214+400-Km.215+450 telah dilakukan

pelapisan ulang (*overlay*) aspal, namun masih terjadi lagi kerusakan yang sama.



Gambar 3. Kerusakan pada ruas jalan Maubesi – Nesam

PENGAJIAN TANAH DASAR

Pengkajian karakteristik tanah dasar dilakukan melalui investigasi lapangan dan pengujian laboratorium.

Investigasi lapangan dengan pemboran teknik dan sumur uji dilakukan pada lokasi :

- a. Ruas jalan Oesapa-Oesao Km. 20+525 dan Km.20+700 Kpg sebanyak 4 titik.
- b. Ruas jalan NikiNiki - Kefamenanu (Sopo) Km.141+500 dan Km.141+900 Kpg sebanyak 8 titik.
- c. Ruas jalan Maubesi-Nesam Km.214+400-Km.217+300 Kpg sebanyak 10 titik.

Pengujian contoh tanah di laboratorium dilakukan pada sampel yang diambil dengan pemboran teknik (Bor/BT) dan sumur uji (TP) di lapangan.

Pengujian laboratorium terdiri dari :

- a. Sifat-sifat fisik tanah yang terdiri dari kadar air natural (SNI 03-1965-1990), batas cair (SNI 03-1967-1990), batas plastis (SNI 03-1966-1990), indeks plastisitas serta persentase kadar lempung (SNI 03-3423-1994).
- b. Mineral lempung.
- c. Nilai CBR (SNI 03-1744-1990).

Karakteristik sifat ekspansif lempung Bobonaro berupa potensi pengembangan tanah dianalisis berdasarkan korelasi indeks plastisitas dengan kadar lempung dan nilai *activity* serta keberadaan mineral lempung Montmorillonite untuk lokasi Oesapa-Oesao dan Maubesi-Nesam. Disamping itu juga perlu untuk mengetahui kedalaman zona aktif tanah sebagai ketebalan lapisan tanah yang berpotensi mengalami kembang-susut.

Perubahan daya dukung tanah ekspansif dari kondisi tidak terendam ke kondisi terendam dianalisis berdasarkan hasil uji CBR tanah khusus untuk lokasi Oesapa-Oesao.

HASIL PENYELIDIKAN TANAH

1. Data Pemboran dan Sumur Uji

Di lokasi antara Oesapa-Oesao pada kedalaman sampai -5.00 meter menunjukkan deskripsi lapisan tanah lempung hitam.

Pada lokasi antara NikiNiki-Kefamenanu (Sopo) ditemukan lapisan lempung dengan warna bervariasi mulai dari coklat, abu kebiruan hingga hitam di permukaan tanah setempat maupun pada kedalaman yang bervariasi mulai dari -1.30 meter hingga -4.00 meter dari muka tanah setempat.

Sedangkan pada lokasi Maubesi-Nesam ditemukan lapisan lempung hitam pada kedalaman - 0.60 meter hingga -1.60 meter dari permukaan bahu jalan.

2. Data Hasil Pengujian Lab

Sifat fisik tanah lempung pada masing-masing lokasi sebagaimana tabel 2.

Tabel 2.
Parameter Hasil Uji Lab

Lokasi : Ruas jalan Oesapa-Oesao

Parameter	Nilai
Kadar Lempung (%)	73.7-87.7
Kadar Air (%)	22.4-34.8
Batas Cair (%)	68.9-83.5
Indeks Plastisitas (%)	35.7-51.7
Mineral Montmorillonite (%)	6.71-36.65

Lokasi : Ruas jalan Niki Niki-Kefamenanu

Parameter	Nilai
Kadar Lempung (%)	55-60.8
Kadar Air (%)	25.8-38.6
Batas Cair (%)	63.4-85.8
Indeks Plastisitas (%)	33.8-50.8
Mineral Montmorillonite (%)	tidak ada data

Lokasi : Ruas jalan Maubesi-Nesam

Parameter	Nilai
Kadar Lempung (%)	30-37
Kadar Air (%)	28.25-34.85
Batas Cair (%)	85-97
Indeks Plastisitas (%)	50-63
Mineral Montmorillonite (%)	31.38-33.25

EVALUASI DAN ANALISIS

Evaluasi dan analisis dilakukan terhadap data hasil uji laboratorium dari lokasi Oesapa-Oesao dan Maubesi-Nesam.

1. Analisis Butiran Tanah

Berdasarkan hasil uji gradasi dan hidrometer maka diketahui distribusi butiran tanah untuk contoh tanah dari lokasi Oesapa-Oesao (OO) dan Maubesi-Nesam (MN) merupakan tanah lempung lanauan dengan butiran halus yang mempunyai diameter butiran lebih kecil dari 2 mikron berkisar antara 50.2% hingga 87% (Gambar 4). Gradasi ini sebagian besar masuk dalam kategori "*heavy clay*" dan secara visual sesuai dengan hasil bor dimana tanah dasar berupa tanah lempung berwarna hitam.

2. Analisis Klasifikasi Tanah

Klasifikasi tanah dari lokasi Oesapa-Oesao berdasarkan "*Unified Soil Classification*" memberikan hasil sebagaimana Gambar 5. bahwa titik-titik berada di atas *A-Line* dan di kanan batas nilai liquid limit (LL) = 50, sehingga merupakan tanah lempung dengan plastisitas tinggi (CH).

3. Analisis Potensi Pengembangan

3a. Berdasarkan Seed, Woodward and Lundgren, 1963

Analisis potensi pengembangan tanah lempung dari lokasi Oesapa-Oesao (Gambar 6a) dan Maubesi-Nesam (Gambar 6b) dilakukan setelah terlebih dahulu dihitung *Activity* berdasarkan formula : $Ac = PI / (c - 10)$ dengan PI adalah Indeks Plastisitas dan c adalah kadar lempung. Untuk mengetahui klasifikasi pengembangan (*Low, Medium, High dan Very High*) maka nilai *Activity* (sebagai ordinat) dikorelasikan dengan persen lempung (sebagai absis). Berdasarkan data yang ada, maka potensi pengembangan tanah dapat dikelompokkan sebagai potensi pengembangan tinggi sampai sangat tinggi (*very high swelling potensial*).

3b. Berdasarkan Van der Merwe, 1964

Analisis potensi pengembangan lainnya berdasarkan Van der Merwe dilakukan juga untuk tanah lempung dari Oesapa-Oesao (Gambar 7a) dan Maubesi-Nesam (Gambar 7b) dengan data indeks plastisitas yang dikorelasikan dengan kadar lempung. Berdasarkan data yang ada, maka potensi pengembangan tanah dapat dikelompokkan sebagai tanah dengan potensi pengembangan tinggi sampai sangat tinggi (*Very High Swelling Potensial*).

3c. Berdasarkan Chen,1988

Potensi pengembangan dapat diketahui berdasarkan nilai indeks plastisitas pada masing-masing kedalaman contoh tanah.

Berdasarkan data PI pada lokasi Oesapa-Oesao dan Maubesi-Nesam sebagaimana Gambar 8, diketahui sebagian besar potensi pengembangan tanah di lokasi ini dapat dikelompokkan sebagai sangat tinggi (*Very High Swelling Potential*).

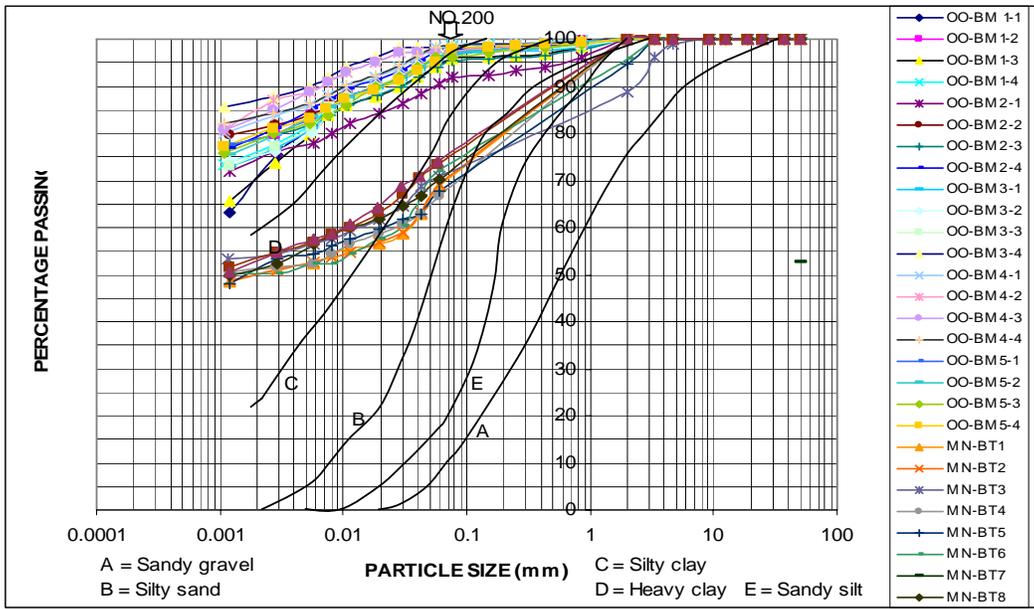
4. Analisis Zona Aktif Tanah berdasarkan Nelson & Miller, 1992

Potensi pengembangan tanah sangat dipengaruhi oleh terjadinya perubahan kandungan kadar air tanah, maka untuk itu perlu dilakukan analisis kedalaman zona aktif tanah yaitu dengan mengkorelasikan nilai kadar air tanah natural, batas cair (LL), batas plastis (PL), indeks plastisitas (PI), batas susut (SL) maupun perbandingan kadar air/indeks plastisitas (wn/PI). Nilai kadar air tanah natural yang dekat dengan PL menunjukkan tanah dalam kondisi basah, sedangkan bila

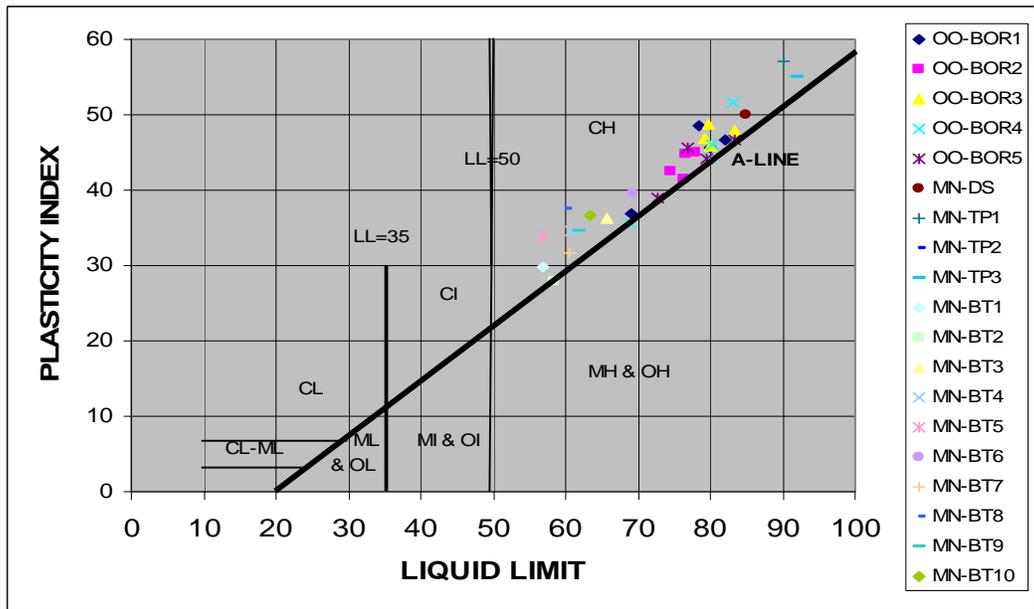
mendekati SL menunjukkan tanah dalam kondisi sangat kering. Bila kadar air tanah natural mulai menunjukkan keadaan konstan pada tiap kedalaman, maka di atas kedalaman tersebut merupakan zona aktif tanah yang berpotensi mengembang/menyusut.

Berdasarkan analisis data pada lokasi Oesapa-Oesao (Gambar 9a) diketahui bahwa mulai kedalaman – 3.00 meter dari muka tanah setempat menunjukkan kadar air tanah(wn), LL, PL, PI dan SL relatif konstan, maka zona aktif tanah adalah sampai dengan kedalaman – 3.00 meter.

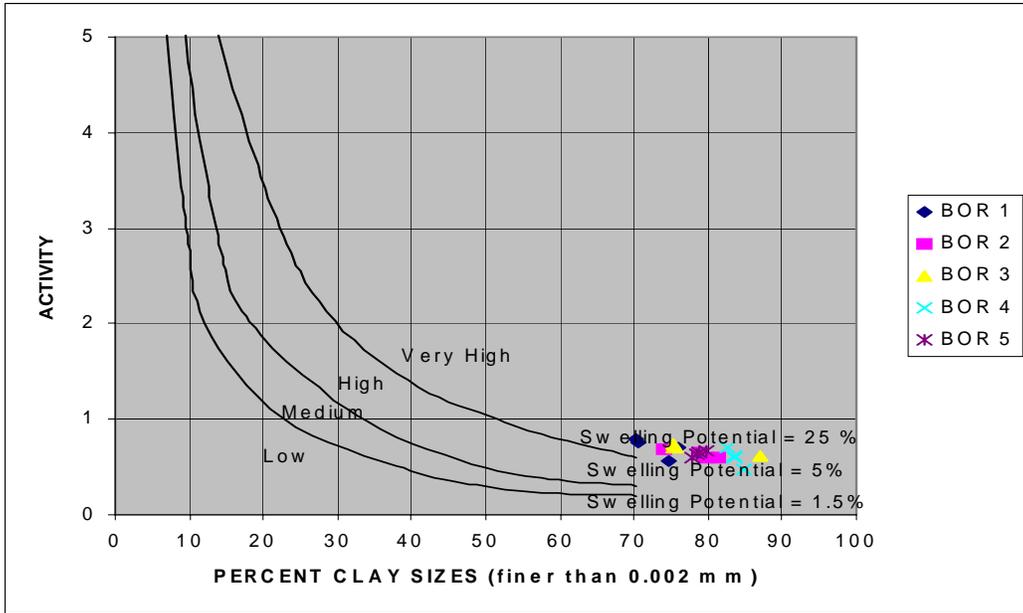
Sedangkan dari analisis data pada lokasi Maubesi-Nesam (Gambar 9b) dapat diketahui bahwa mulai kedalaman –2.00 meter dari muka tanah setempat menunjukkan kadar air tanah dan perbandingan kadar air/indeks plastisitas (wn/PI) relatif konstan, maka dengan demikian zona aktif tanah berpotensi pengembangan adalah sampai dengan kedalaman –2.00 meter.



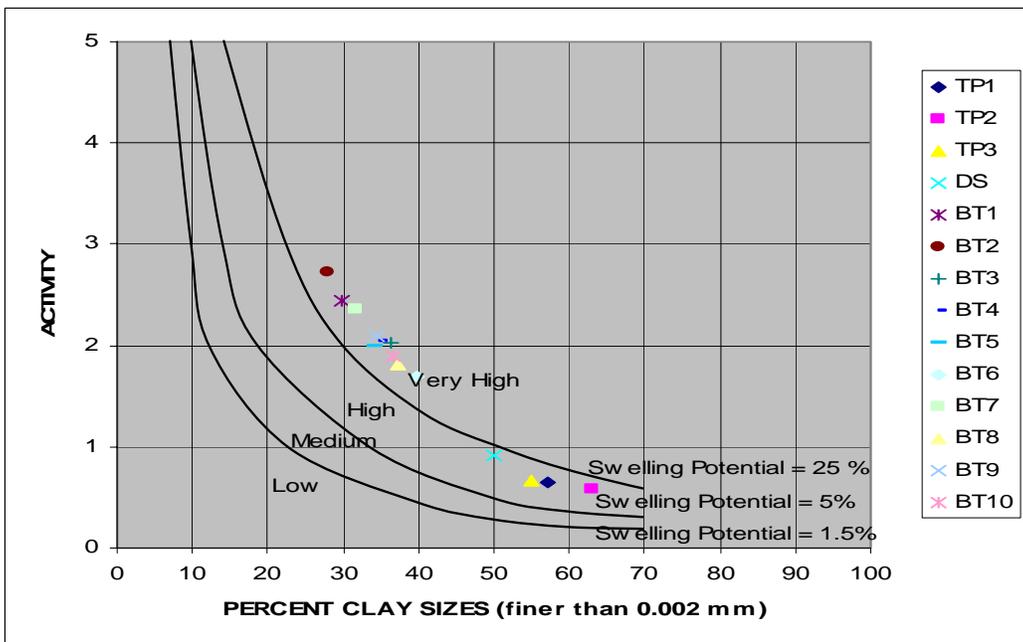
Gambar 4. Grafik Distribusi Butiran Tanah



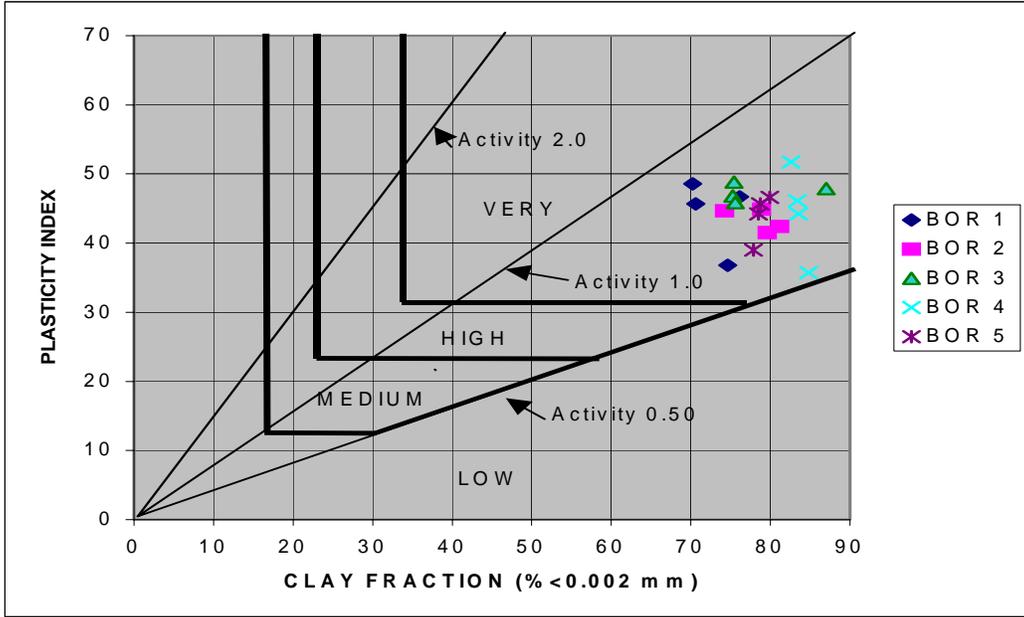
Gambar 5. Grafik "Unified Soil Classification" Ruas Jalan Oesapa-Oesao dan Maubesi-Nesam



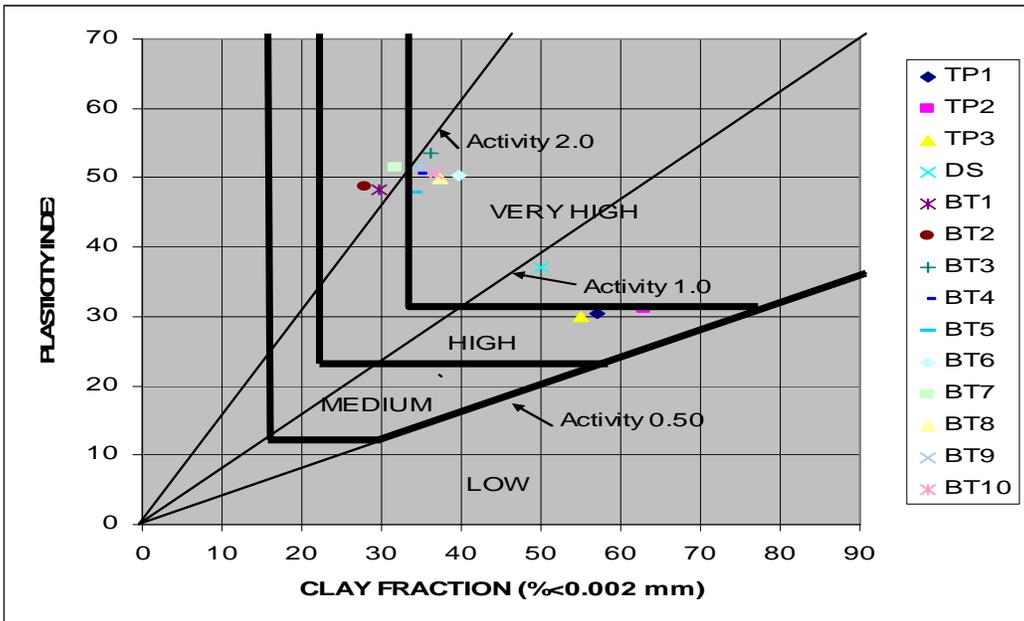
Gambar 6a. Grafik Potensi Pengembangan Ruas Jalan Oesapa-Oesao (Seed,1963)



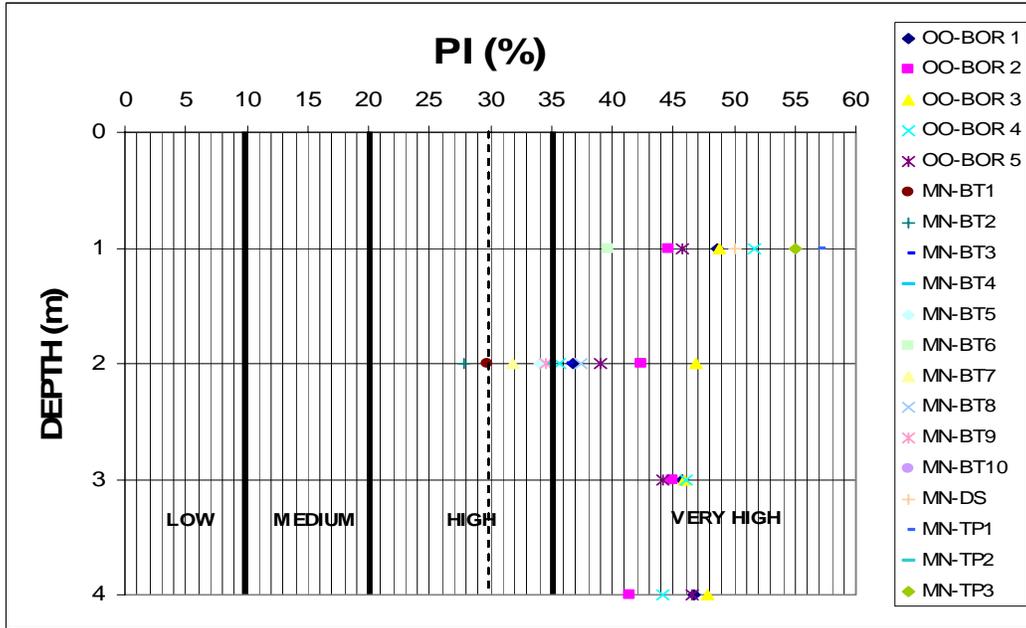
Gambar 6b. Grafik Potensi Pengembangan Ruas Jalan Maubesi-Nesam (Seed,1963)



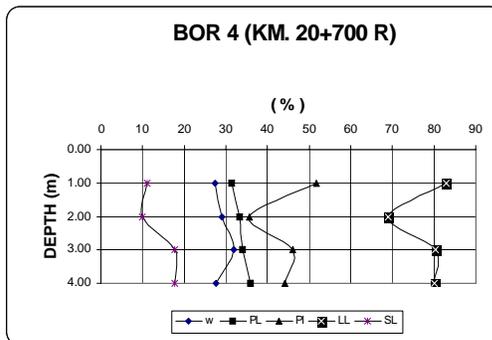
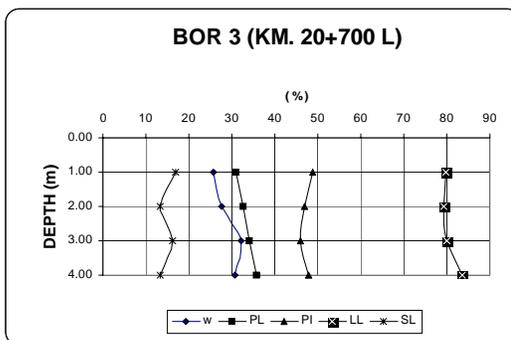
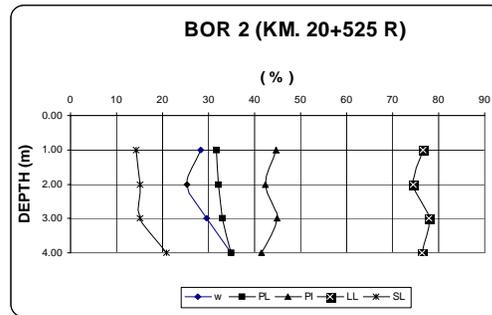
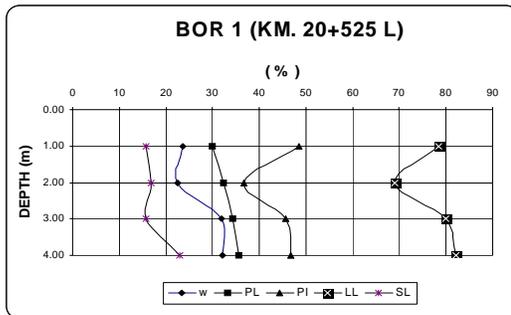
Gambar 7a. Grafik Potensi Pengembangan Ruas Jalan Oesapa-Oesao (Van der Merwe,1964)

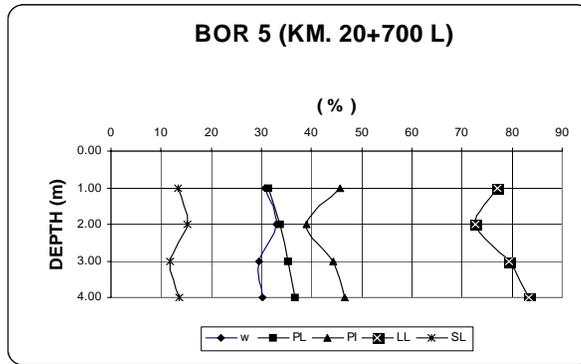


Gambar 7b. Grafik Potensi Pengembangan Ruas Jalan Maubesi-Nesam (Van der Merwe,1964)

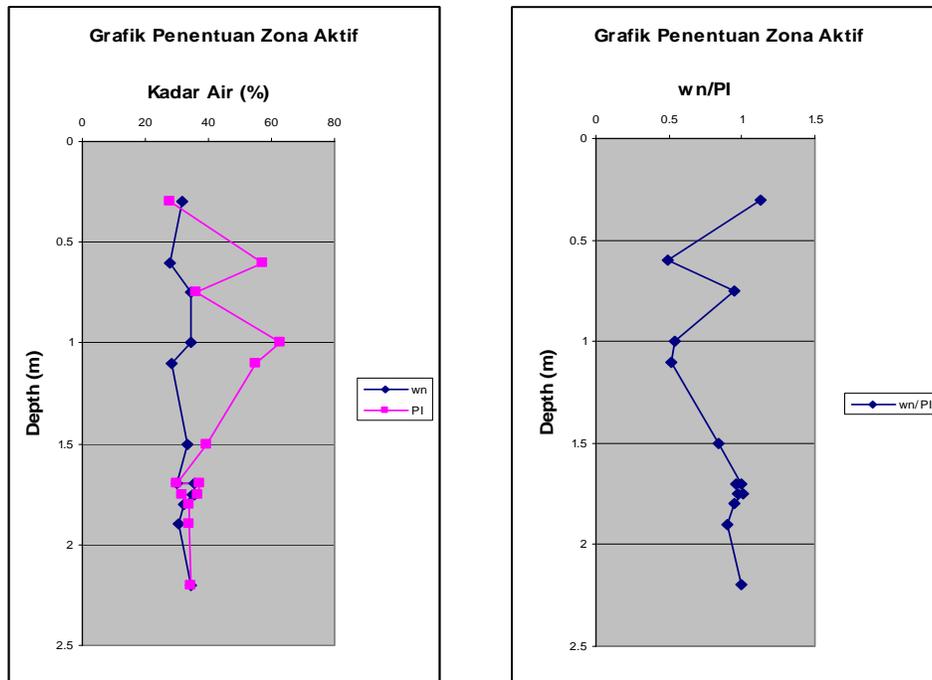


Gambar 8. Grafik Potensi Pengembangan Ruas Jalan Oesapa-Oesao dan Maubesi-Nesam (Chen,1988)





Gambar 9a. Zona Aktif Tanah Berpotensi Pengembangan lokasi Oesapa-Oesao



Gambar 9b. Zona Aktif Tanah Berpotensi Pengembangan lokasi Maubesi-Nesam

5. Analisis Mineral Lempung

Sebagaimana kita ketahui, mineral utama pembentuk lempung ekspansif adalah kristal Hidro Aluminium Silikat ($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot v\text{SiO}_2 \cdot k\text{H}_2\text{O}$). Mineral Silika (Si) maupun Aluminium (Al) akan mengalami perubahan mineral akibat proses pembebanan maupun akibat temperatur panas di lingkungannya. Perubahan yang terjadi mengakibatkan terbentuknya mineral lempung. Sedangkan rumus kimia mineral lempung yang mempunyai sifat pengembangan tinggi adalah mineral Montmorillonite : $\text{Al}_2\text{Mg}(\text{Si}_4\text{O}_{10})(\text{OH})_2 \cdot k\text{H}_2\text{O}$

Dari hasil uji kimia di laboratorium, diperoleh komposisi kimia Al_2O_3 dan SiO_2 tanah lempung dari lokasi Oesapa-Oesao sebagai berikut :

Tabel 3.
Komposisi Kimia Lempung

No. Sampel	Al_2O_3 (%)	SiO_2 (%)
BM 1	11.89	55.65
BM 2	13.79	43.52
BM 3	12.79	50.06
BM 4	18.49	50.28

Berdasarkan komposisi kimia SiO_2 dan Al_2O_3 dengan jumlah persentase yang terbesar, maka tanah lempung mempunyai indikasi bersifat ekspansif.

Disamping pengujian komposisi kimia, juga dilakukan uji mineral

dengan X-RD di laboratorium dan diperoleh komposisi mineral tanah lempung sebagai berikut :

Tabel 4a.
Komposisi Mineral Lempung
(lokasi Oesapa-Oesao)

Komposisi Mineral	Persentase
Halloysite	21.57-24.40
Montmorillonite	31.38-33.25
Calcite	15.58-25.00
Alpha Quartz	17.08-20.13

Tabel 4b.
Komposisi Mineral Lempung
(lokasi Maubesi-Nesam)

Komposisi Mineral	Persentase
Halloysite	32.25 - 63.59
Montmorillonite	6.71 - 36.65
Calcite	12.80 - 21.55
Alpha Quartz	9.49 - 26.75

Berdasarkan komposisi mineral yang ada diketahui bahwa Montmorillonite mempunyai persentase yang cukup besar sehingga tanah lempung bersifat ekspansif.

6. Analisis Daya Dukung Tanah Dasar dari Nilai CBR

Mengingat tanah dasar pada lokasi kajian mempunyai sifat mengembang yang tinggi dan berindikasi merupakan tanah lempung ekspansif, maka dilakukan analisis daya dukung tanah dari uji CBR Laboratorium rendaman

(Soaked) dan tidak di rendam (Unsoaked).

Beban yang bekerja pada perkerasan jalan akan didukung oleh tanah dasar yang digambarkan oleh besarnya nilai CBR (*California Bearing Ratio*) tanah dasar tersebut. Untuk itu maka tanah dasar di bawah jalan pada kedalaman –1.00 meter diuji nilai CBR nya di laboratorium pada kondisi tidak direndam dan pada kondisi direndam.

Berdasarkan Turnbull (1968) maupun The Asphalt Institute (1970) diketahui kriteria umum batasan nilai CBR untuk material tanah dasar (*subgrade*) yaitu sebagai berikut :

Tabel 5.
Kriteria Umum CBR untuk
Material Tanah Dasar (*Subgrade*)

Nilai CBR (%)	Kriteria Material Tanah Dasar	
	Turnbull	The Asphalt Institute
20 – 30	<i>Very Good</i>	<i>Excelent</i>
10 – 20	<i>Good to Fair</i>	<i>Good</i>
5 – 10	<i>Questionable to Fair</i>	<i>Medium</i>
< 5	<i>Poor</i>	<i>Poor</i>

Berdasarkan hasil uji CBR laboratorium yang hanya dilakukan pada tanah dasar lempung pada ruas jalan Oesapa-Oesao, diketahui nilai hasil uji CBR adalah sebagai berikut :

Tabel 6.
Nilai Hasil Uji CBR Laboratorium

No. Test Pit	CBR Lab	
	Tdk Direndam (%)	Rendaman (%)
TP 1	9.0	4.8
TP 2	8.6	4.7
TP 3	8.4	4.5

Dari hasil uji ini diketahui bahwa tanah dasar pada kedalaman –1.00 meter mempunyai nilai CBR tidak direndam berkisar antara 8.4 – 9.0%, sedangkan pada kondisi direndam menurun cukup tajam menjadi berkisar antara 4.5 – 4.8%. Dengan demikian daya dukung tanah dasar pada kondisi terendam mengalami penurunan sekitar 50%.

Berdasarkan kriteria material tanah dasar masuk dalam klasifikasi "*Poor*", sehingga tanah dasar lempung dalam kondisi jenuh air tidak akan mampu untuk mendukung beban yang bekerja.

KESIMPULAN

1. Lempung Bobonaro dengan klasifikasi CH yang mempunyai sifat plastisitas tinggi sampai sangat tinggi dengan indeks plastisitas berkisar antara 33.8-63% dan dengan kandungan mineral lempung Montmorillonite berkisar antara 6.71-36.65% merupakan lempung yang bersifat ekspansif.

2. Perlapisan tanah dasar di bawah perkerasan jalan yang terdiri dari lempung Bobonaro mempunyai potensi pengembangan tinggi sampai sangat tinggi (*Very High Swelling Potential*). Dengan demikian akan sangat dipengaruhi oleh perubahan kadar air tanah pada musim kemarau maupun musim hujan.
3. Kedalaman zona aktif lapisan lempung Bobonaro yang dipengaruhi oleh perubahan kadar air tanah adalah sampai dengan kedalaman -3.00 meter dari permukaan tanah setempat. Di bawah kedalaman tersebut kadar air tanah relatif konstan.
4. Kemampuan dukung lempung Bobonaro akan menurun cukup tajam (sekitar 50%) pada kondisi jenuh air sehingga tidak akan mampu untuk mendukung beban yang bekerja, sesuai dengan yang direncanakan.
5. Berdasarkan karakteristik lempung Bobonaro tersebut, kerusakan perkerasan jalan diperkirakan terjadi dengan mekanisme sebagai berikut :
 - a. Pada musim kemarau panjang terjadi pengurangan kadar air tanah cukup besar sehingga terjadi penyusutan (*shrinkage*) tanah yang mengakibatkan terjadinya retak-retak dan celah vertikal pada tanah tersebut. Proses retak dimulai dari daerah bahu jalan dan kemudian "*successive*" masuk ke daerah tanah dasar di bawah perkerasan aspal badan jalan. Akibatnya retak-retak tersebut terefleksi ke permukaan aspal yang mengakibatkan terjadinya retak-retak yang sama pada permukaan aspal.
 - b. Pada musim hujan, air hujan masuk lewat celah retakan dan mineral lempung akan mengikat air sehingga terjadi proses pengembangan (*swelling*) tanah. Pada kondisi ini tanah terdesak hingga terjadi permukaan bergelombang. Bila infiltrasi air makin meningkat jumlahnya maka pengikatan air oleh tanah lempung ekspansif semakin besar yang akan mengakibatkan tanah mengalami proses pelembekan (*softening*). Pada kondisi ini daya dukung tanah akan menurun drastis, sehingga permukaan jalan mengalami amblesan.

SARAN

Disamping diperlukan analisis karakteristik tanah lempung di bawah perkerasan jalan yang mengalami kerusakan berupa retak-retak memanjang, bergelombang dan ambles maka untuk kebutuhan penanggulangannya perlu dilakukan pengendalian kadar air tanah dan pengujian besarnya tekanan pengembangan (*swelling pressure*) tanah lempung ekspansif. Hal ini dimaksudkan untuk meredusir sifat kembang susut tanah ekspansif dan menganalisis kebutuhan beban penyeimbang (*over burden*) yang

perlu ditempatkan di atasnya agar tanah lempung tidak mengalami pengembangan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis tidak lupa menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah membantu memberikan dukungan data dan saran-saran untuk penyempurnaan tulisan ini. Mudah-mudahan sumbang saran tulisan ini dapat memberi informasi tambahan, wawasan dan pengalaman bagi semua teknisi yang berkecimpung di bidang jalan.

DAFTAR PUSTAKA

- Balai Besar Keramik Deperindag, 2005, *Hasil Pengujian Mineral Lempung*, Bandung.
- Departemen Pekerjaan Umum, 2004, *Pd T-10-2004-B Pedoman Penanganan Tanah Ekspansif dengan Geomembran sebagai Penghalang Kelembaban Vertikal*, Jakarta.
- 2005, *Pd T-10-2005-B Pedoman Penanganan Tanah Ekspansif untuk Konstruksi Jalan*, Jakarta.
- Fernandez. GJW, 2005, *Laporan Advis Teknik Penanganan Ruas Jalan Nasional Maubesi-Nesam Sta.214+400-Sta.217+225 Pulau Timor Propinsi Nusa Tenggara Timur*, Puslitbang Prasarana Transportasi, Bandung.
- 2005, *Laporan Peninjauan Lapangan Pelaksanaan Penanganan Ruas Jalan Maubesi-Nesam KM.214+400-KM. 217+225 Pulau Timor Provinsi Nusa Tenggara Timur*, Puslitbang Jalan dan Jembatan, Bandung.
- 2006, *Laporan Peninjauan Lapangan Kerusakan Ruas Jalan Nasional Oesapa-Oesao-Bokong Km.16+000-Km.57+000 Pulau Timor, Propinsi Nusa Tenggara Timur*, Puslitbang Jalan dan Jembatan, Bandung.
- Fu Hua Chen, 1975, *Foundations on Expansive Soils*, Elsevier Scientific Publishing Company, Amsterdam-Oxford-New York.
- Jack E. Gillott, 1968, *Clay in Engineering Geology*, Elsevier Scientific Publishing Company, Amsterdam-Oxford-New York.
- Pusat Litbang Geologi,1974/1975, *Peta Geologi Bersistem Indonesia, Lembar Atambua dan Lembar Kupang skala 1:250.000*, Bandung.
- Qualitec Graha. PT, 2003, *Laporan Akhir Perencanaan Penanggulangan Longsoran Sopo I Km.141+500 Kupang dan Longsoran Sopo III Km.141+900 Kupang - Ruas Jalan Niki Niki-Kefamenanu, Propinsi Nusa Tenggara Timur*, Kupang.
- 2004, *Laporan Penyelidikan Tanah - Perencanaan Penanggulangan Kerusakan Jalan di Pulau Timor (EIB-69 ; Maubesi - Nesam)*, Kupang.