

ANALISA PENGGUNAAN PVC KOMPOSIT GEOMEMBRAN PADA TANAH EKSPANSIF (Studi Kasus Proyek Rekonstruksi Jalan Sengkol-Kuta Kabupaten Lombok Tengah)

Muhammad Ghazali¹, Siti Nurul Hijah², Restusari Evayanti³

^{1,2,3}Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Islam Al-Azhar Mataram
Jalan Unizar Nomor 20 Turida - Sandubaya, Mataram, NTB
E-mail: nurulhijah.nh@gmail.com

ABSTRAK

Jalan raya Sengkol - Kuta merupakan prasarana transportasi darat yang memegang peranan yang sangat penting khususnya merupakan akses utama jalur pariwisata menuju Kawasan Ekonomi Khusus Mandalika (KEK-MANDALIKA) dan sirkuit *Motor grand prix* (Motor GP Indonesia 2021). Seiring dengan berjalannya waktu sepanjang jalan Sengkol Kuta mengalami retak memanjang yang di akibatkan karena pergeseran tanah eksisting, sehingga lapisan perkerasan jalan mengalami penurunan tingkat pelayanan. Menurunnya tingkat pelayanan jalan di tandai dengan adanya kerusakan pada lapisan perkerasan jalan yang disebabkan karena tanah yang bersifat ekspansif. Berdasarkan permasalahan tersebut akan dilakukan analisa penggunaan PVC komposit geomembran terhadap ruas Jalan Sengkol-Kuta STA 2+375 sampai STA 3+275 yang tanah dasarnya merupakan tanah ekspansif.

Penelitian dilakukan berdasarkan pengamatan secara langsung dilapangan, survey dengan menyebarkan kuesioner/wawancara untuk analisa penanganan kerusakan jalan tanah ekspansif seperti penggantian struktur tanah pada badan jalan dan penggunaan lapisan PVC Komposit Geomembran di atas timbunan pilihan sebagai penahan kembang susut yang tinggi tanah ekspansif akibat pengaruh kadar air yang mengakibatkan rusaknya struktur jalan serta meningkatkan nilai daya dukung tanah atau CBR (*California Bearing Ratio*).

Nilai CBR pada tanah ekspansif rata-rata dibawah 2.5%, setelah dilakukan pelapisan tanah dasar menggunakan PVC Komposit Geomembran nilai CBR daya dukung tanah meningkat rata-rata 10 %. Penanganan tanah ekspansif menggunakan PVC Komposit Geomembran dilakukan dengan cara memberikan lapisan penghalang diatas urugan pilihan lapisan pondasi bawah dengan ketebalan lapisan 20 cm untuk mencegah terjadinya perubahan kadar air dalam tanah dan menjaga tanah tetap lembab sehingga tidak terjadi penyusutan apabila tanah ekspansif kering yang mengakibatkan kerusakan terhadap struktur pada badan jalan

Kata Kunci : *Geomembran, Komposit, Ekspansif*

ABSTRACT

Sengkol Highway Kuta is a land transportation infrastructure which hold an important role especially it is the main access for tourism into Special Economic Zone of Mandalika (KEK-MANDALIKA) and Motor grand prix circuit (Motor GP Indonesia 2021). As the time goes by Sengkol Highway experience longitudinal crack that caused by existing land shift, so pavement layer experience degradation of service quality. This degradation of road quality is marked by the existence of damage at pavement layer that cause by expansive soil. Based on these issues, analysis will be done by using PVC Composite Geomembrane on Sengkol Highway Kuta from STA 2+372 to STA 3+275 which the soil is an expansive soil.

The research was conducted based on direct field observation, survey with distributing questionnaire/interview to analyze the handling of expansive soil road damage such as replacement of soil structure at road body and the use of PVC composite geomembrane layer above selected heap as an expansion and shrinkage barrier to high expansive soil due to water content influence that cause the damage of road structure and increase soil bearing value or CBR (California Bearing Ratio).

CBR value for expansive soil was below 2.5% on average, after coating the subgrade using PVC Composite Geomembrane CBR value average was increased to 10%. Handling of expansive soil using PVC Composite Geomembrane was done by providing a barrier layer above selected embankment of lower foundation layer with layer thickness of 20 cm to prevent water content changes inside the soil and keep the soil moist, so there will be no shrinkage if the expansive soil was dried that cause the damage on road body structure.

Keyword: *Geomembrane, Composite, Expansive*

PENDAHULUAN

Jalan raya sengkol-kuta merupakan prasarana transportasi darat yang memegang peranan yang sangat penting didalam sektor perhubungan terutama untuk kesinambungan distribusi barang dan jasa, baik untuk daerah setempat maupun daerah lainnya. Seiring dengan pesatnya jumlah pertumbuhan penduduk Provinsi Nusa Tenggara Barat, tingkat kemajuan teknologi dan pariwisata pada khususnya karena pada ruas jalan Sengkol-Kuta adalah akses utama jalur pariwisata menuju Kawasan Ekonomi Khusus Mandalika (KEK-MANDALIKA) dan sirkuit *Motor grand prix* (motor GP Indonesia 2021) tentunya akan berdampak meningkatnya kebutuhan penduduk yang meliputi kebutuhan primer dan sekunder, Hal ini mempunyai peranan yang sangat penting dalam pengembangan suatu kawasan tertentu, baik ekonomi, sosial, budaya dan sebagainya. Aspek sarana berhubungan dengan jenis yang digunakan dalam hal pergerakan manusia dan barang, aspek sarana tersebut sering dikatakan moda atau jenis angkutan. Aspek prasarana adalah alat lain yang digunakan sebagai pendukung sarana khususnya transportasi darat untuk memindahkan manusia dan barang, prasarana tersebut berupa jalan

Sepanjang jalan Sengkol Kuta mengalami retak memanjang yang di akibatkan karena pergeseran tanah eksisting lokasi studi pada dasar badan jalan yang dikarenakan jenis tanah pada badan jalan tersebut adalah tanah ekspansif yang mempunyai sifat apabila terkena air menjadi lembek dan apabila kering menjadi retak-retak. Pada musim kemarau permukaan badan jalan mengalami retak memanjang yang dimulai dari bagian tepi perkerasan (dekat bahu jalan), kemudian disusul retak memanjang kearah tengah perkerasan badan jalan. Pada musim hujan, air hujan masuk lewat retakan dipermukaan badan jalan sehingga badan jalan mengalami deformasi kearah memanjang jalan.

Ada beberapa rumusan permasalahan antara lain :

- a. Berapa Nilai CBR (*California Bearing Ratio*) lapangan pada tanah ekspansif sebelum dan sesudah menggunakan PVC Komposit Geomembran ?
- b. Bagaimana cara penanganan kerusakan badan jalan menggunakan PVC Komposit Geomembran pada tanah ekspansif untuk meningkatkan nilai CBR ?

Tujuan Penelitian ini adalah sebagai berikut :

- a. Untuk mengetahui nilai CBR tanah ekspansif sebelum dan sesudah menggunakan PVC Komposit Geomembran.

- b. Mengetahui cara penanganan kerusakan badan jalan menggunakan PVC Komposit Geomembran pada tanah ekspansif untuk meningkatkan nilai CBR.

METODE

Lokasi studi penelitian dilakukan pada Jalan Raya Sengkol Kuta Kecamatan Pujut Kabupaten Lombok Tengah.

Di dalam mengumpulkan data yang diperlukan, difokuskan pada pokok-pokok permasalahan yang ada, sehingga tidak terjadi penyimpangan. Data Primer yang diperlukan pada pengumpulan data yaitu:

- a. Data CBR (*California Bearing Ratio*) Lapangan
- b. Literatur, wawancara dan survey atau observasi
- c. identifikasi Kerusakan Jalan Pada Tanah Ekspansif dan cara penanganannya

Data sekunder merupakan data pendukung yang dipakai adalah :

- a. Data spesifikasi PVC Komposit Geomembran
Jenis Geomembran yang digunakan pada Rekonstruksi Jalan Sengkol- Kuta adalah Geomembran jenis PVC (*Polyvinyl Chloride*). Spesifikasi ini memberikan nilai-nilai sifat fisik, mekanis dan ketahanan yang harus dimiliki oleh Geomembran yang akan digunakan. Ketebalan PVC Geomembran yang digunakan pada Rekonstruksi Jalan Sengkol-Kuta ini adalah Geomembran dengan ketebalan 0.81 mm. Sebelum melakukan pemasangan PVC Komposit Geomembran, maka perlu dilakukan uji spesifikasi Geomembran yang akan digunakan. PVC Komposit Geomembran di gunakan pada proyek rekonstruksi jalan sengkol-kuta sebagai alternatif untuk meminimalisir kerusakan pada jalan yang diakibatkan oleh tanah Ekspansif di badan jalan dan berfungsi sebagai peredam kembang susut tanah ekspansif yang dipengaruhi oleh kadar air tanah karena pada kondisi susut tanah Ekspansif akan merekah dan mengakibatkan kerusakan struktur jalan di atasnya apabila tidak di gunakannya PVC Komposit Geomembran

- b. Data Lapis Pondasi Agregat (LPA)

Penghamparan LPA ini dilakukan setelah Geomembran digelar pada rekonstruksi jalan Sengkol-Kuta menggunakan PVC Komposit Geomembran. Tebal lapisan Lapis Pondasi Agregat (LPA) kelas A pada rencana Rekonstruksi jalan ini menggunakan ketebalan 40 cm dengan dengan pengerjaan 2 (dua) layer yang masing-masing layer dengan ketebalan 20 cm.

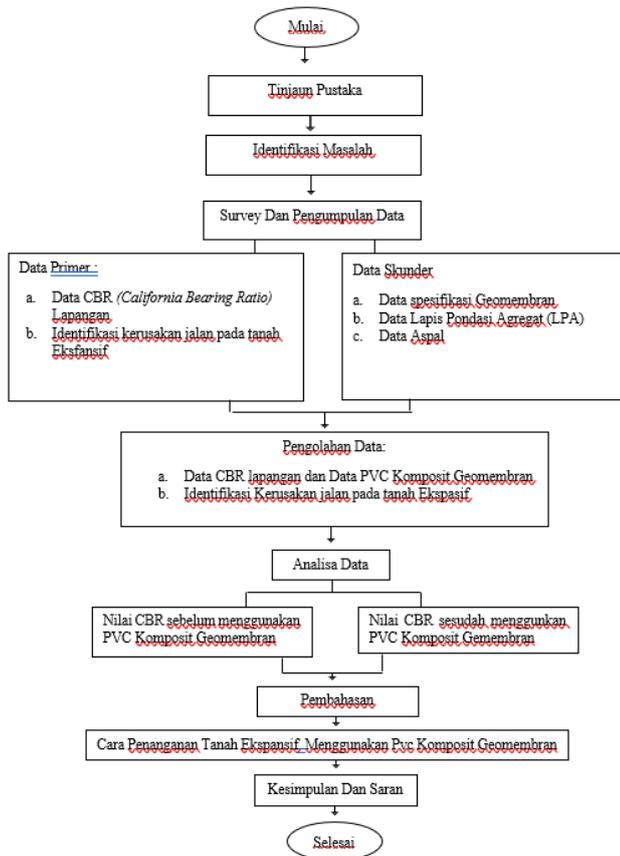
Kemudian LPA kelas A yang sudah di hampar di padatkan menggunakan Thandem Vibro dengan metode penggilasan dimulai dari sepanjang tepi bergerak sedikit demi sedikit kearah sumbu as jalan atau Center Line dalam arah memanjang. Pada bagian yang tikungan atau superelevasi, penggilasan harus dimulai dari bagian yang rendah dan bergerak sedikit demi sedikit kebagian yang lebih tinggi sampai dengan kepadatan yang telah ditentukan kemudian di lanjutkan dengan pengujian kepadatan dan kadar air tanah dengan metode sand-cone,

Bila kepadatan yang diinginkan kurang dari harapan, maka agregat bisa disiram air dengan menggunakan Water Tank, setelah itu baru dipadatkan lagi sampai dengan nilai kepadatan di atas 100% pada hasil tes sandcone.

Data Aspal

Jenis aspal yang di gunakan pada proyek rekonstruksi jalan sengkol – kuta adalah Asphalt Concrete (AC) dan Prime Coat (lapis resap pengikat).

Diagram Alir Penelitian



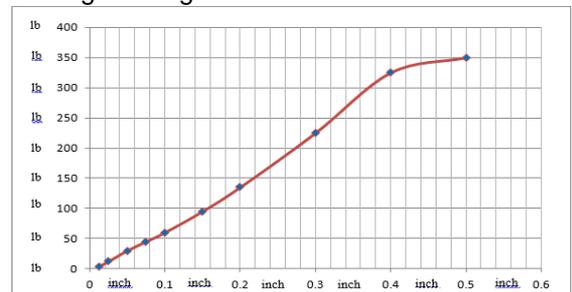
HASIL DAN PEMBAHASAN
Nilai CBR lapangan sebelum menggunakan Geomembran

Tabel 1. Nilai CBR lapangan 2+450 (R)

Waktu (Menit)	Penurunan (inch)	Pembacaan Arloji (mm)	
		Atas	Atas
¼	0,0125	2	4
½	0,025	5	12
1	0,05	10	30
1 ½	0,075	12	45
2	0,1	23	70
3	0,15	30	100
4	0,2	32	150
6	0,3	44	250
8	0,4	48	325
10	0,5	51	350

Sumber : Hasil analisa data penelitian

Dari tabel di atas di ketahui bahwa pada waktu ¼ menit dengan penurunan 0,0125 inch terbaca dial penurunaan atas 2 mm dengan beban sebesar 4 lb, kemudian seterusnya sampai dengan waktu 10 menit dengan penurunan 0,5 inch terbaca dial atas sebesar 51 mm dengan total beban sebesar 350 lb. Setelah mendapatkan nilai pembebanan pada CBR lapangan selanjutnya dilakukan perhitungan nilai penetrasi 0.1 inch dan 0.2 inch yang di ambil melalui gambar grafik di bawah ini :



Gambar 1 Grafik Penetrasi hasil CBR Lapangan 2+450 (R)

Dari grafik di atas dihasilkan nilai penetrasi 0.1 inch dengan beban sebesar 60 (lb) dan pada penetrasi 0.2 inch beban sebesar 130 (lb) sehingga perhitungan nilai CBR dapat dilihat pada tabel di bawah ini :

Tabel 2. Nilai Harga CBR 2+450 (R)

BACAAN PENETRASI	HARGA CBR (%)	
	0,1"	0,2"
ATAS	$(60 \times 100) / (3 \times 1000) \% = 2 \%$	$(130 \times 100) / (3 \times 1500) \% = 2.88 \%$
BAWAH	-	-

Sumber : Hasil analisa data penelitian

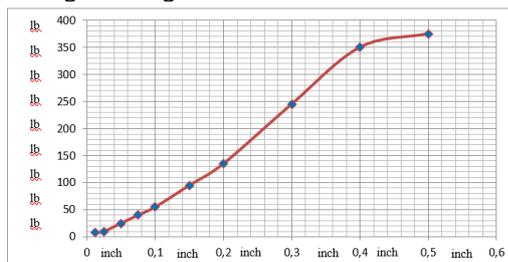
Dari perhitungan nilai harga CBR pada tabel 2 penetrasi 0,1 inch sebesar 2% dan nilai CBR pada penetrasi 0,2 inch sebesar 2,88 %.

Tabel 3. Nilai CBR lapangan 3+150 (L)

Waktu (Menit)	Penurunan (inch)	Pembacaan Arloji (mm)	
		Atas	Atas
¼	0,0125	2	8
½	0,025	4	10
1	0,05	7	25
1 ½	0,075	11	43
2	0,1	19	65
3	0,15	21	75
4	0,2	27	150
6	0,3	33	250
8	0,4	39	365
10	0,5	42	375

Sumber : Hasil analisa data penelitian

Dari tabel di atas di ketahui bahwa pada waktu ¼ menit dengan penurunan 0,0125 inch terbaca dial penurunan atas 2 mm dengan beban sebesar 8 lb, kemudian seterusnya sampai dengan waktu 10 menit dengan penurunan 0,5 inch terbaca dial atas sebesar 42 mm dengan total beban sebesar 375 lb. Setelah mendapatkan nilai pembebanan pada CBR lapangan selanjutnya dilakukan perhitungan nilai penetrasi 0.1 inch dan 0.2 inch yang di ambil melalui gambar grafik di bawah ini :



Gambar 2 Grafik Penetrasi hasil CBR Lapangan STA 3+150 (L)

Dari grafik di atas dihasilkan nilai penetrasi 0.1 inch dengan beban sebesar 55 (lb) dan pada penetrasi 0.2 inch beban sebesar 135 (lb) sehingga perhitungan nilai CBR dapat dilihat pada tabel di bawah ini :

Tabel 4. Nilai Harga CBR 3+150 (L)

BACAAN PENETRASI	HARGA CBR (%)	
	0,1"	0,2"
ATAS	$(55 \times 100) / (3 \times 1000)\%$ = 1,83 %	$(135 \times 100) / (3 \times 1500)\%$ = 3 %
BAWAH	-	-

Sumber : Hasil analisa data penelitian

Dari perhitungan nilai harga CBR pada tabel 4 penetrasi 0,1 inch sebesar 1,83% dan nilai CBR pada penetrasi 0,2 inch sebesar 3 %.

Dari data di atas di ketahui bahwa nilai CBR pada badan jalan di ruas jalan sengkol – kuta sebelum menggunakan PVC Komposit Geomembran terindikasi jelek karena menunjukkan hasil kurang dari 4 % baik pada penetrasi 0,1 inch dan penetrasi

0,2 inch dan membutuhkan penanganan khusus yaitu menggunakan PVC Komposit Geomembran. Semakin besar nilai CBR berarti kemampuan tanah untuk menahan lalu lintas di atasnya semakin besar.

Nilai CBR lapangan sesudah menggunakan Geomembran

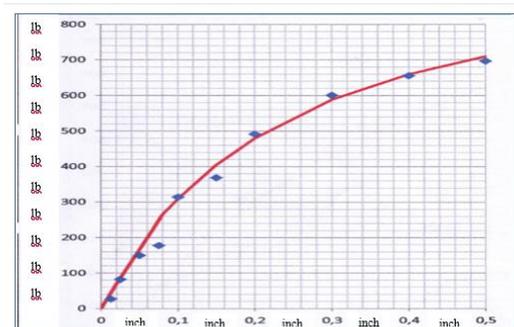
Tabel 5. Nilai CBR setelah pemasangan PVC Geomembran STA 2+475

Waktu (Menit)	Penurunan (inch)	Pembacaan Arloji (mm)	
		Atas	Atas
¼	0,0125	2	27
½	0,025	7	96
1	0,05	12	164
1 ½	0,075	14	191
2	0,1	26	355
3	0,15	31	423
4	0,2	34	464
6	0,3	47	642
8	0,4	51	697
10	0,5	59	806

Sumber : Hasil analisa data penelitian

Dari tabel di atas di ketahui bahwa pada waktu ¼ menit dengan penurunan 0,0125 inch terbaca dial penurunan atas 2 mm dengan beban sebesar 27 lb, kemudian seterusnya sampai dengan waktu 10 menit dengan penurunan 0,5 inch terbaca dial atas sebesar 59 mm dengan total beban sebesar 806 lb.

Setelah mendapatkan nilai pembebanan pada CBR lapangan selanjutnya dilakukan perhitungan nilai penetrasi 0.1 inch dan 0.2 inch yang di ambil melalui gambar grafik di bawah ini :



Gambar 3 Grafik Penetrasi hasil CBR Lapangan STA 2+475 (R)

Dari grafik di atas dihasilkan nilai penetrasi 0.1 inch dengan beban sebesar 300 (lb) dan pada penetrasi 0.2 inch beban yang terbaca sebesar 480 (lb) sehingga perhitungan nilai CBR dapat dilihat pada tabel di bawah ini:

Tabel 6. Nilai Harga CBR STA 2+475 (R)

BACAAN PENETRASI	HARGA CBR (%)	
	0,1"	0,2"
ATAS	$(300 \times 100) / (3 \times 1000) \% = 10,00 \%$	$(480 \times 100) / (3 \times 1500) \% = 10,67 \%$
BAWAH	-	-

Sumber : Hasil analisa data penelitian

Dari perhitungan nilai harga CBR pada tabel di atas di ketahui bahwa nilai CBR pada penetrasi 0,1 inch sebesar 10,00% dan nilai CBR pada penetrasi 0,2 inch sebesar 10,67%.

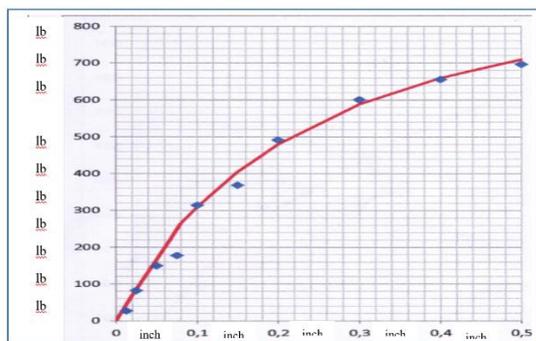
Tabel 7. Nilai CBR setelah pemasangan PVC Geomembran STA 3+225 (L)

Waktu (Menit)	Penurunan (inch)	Pembacaan Arloji (mm)		Beban (lb)
		Atas	Atas	
¼	0,0125	2	27	
½	0,025	6	82	
1	0,05	11	150	
1 ½	0,075	13	178	
2	0,1	23	314	
3	0,15	27	369	
4	0,2	36	492	
6	0,3	44	601	
8	0,4	48	656	
10	0,5	51	697	

Sumber : Hasil analisa data penelitian

Dari tabel di atas di ketahui bahwa pada waktu ¼ menit dengan penurunan 0,0125 inch terbaca dial penurunan atas 2 mm dengan beban sebesar 27 lb, kemudian seterusnya sampai dengan waktu 10 menit dengan penurunan 0,5 inch terbaca dial atas sebesar 51 mm dengan total beban sebesar 697 lb.

Setelah mendapatkan nilai pembebanan pada CBR lapangan selanjutnya dilakukan perhitungan nilai penetrasi 0.1 inch dan 0.2 inch yang di ambil melalui gambar grafik di bawah ini :



Gambar 4 Grafik Penetrasi hasil CBR Lapangan STA 3+225 (L)

Dari grafik di atas dihasilkan nilai penetrasi 0.1 inch dengan beban sebesar 310 (lb) dan pada penetrasi 0.2 inch beban yang terbaca sebesar 485 (lb) sehingga perhitungan nilai CBR dapat dilihat pada tabel di bawah ini:

Tabel 8. Nilai Harga CBR STA 3+225 (L)

BACAAN PENETRASI	HARGA CBR (%)	
	0,1"	0,2"
ATAS	$(310 \times 100) / (3 \times 1000) \% = 10,33 \%$	$(485 \times 100) / (3 \times 1500) \% = 10,78 \%$
BAWAH	-	-

Sumber : Hasil analisa data penelitian

Dari perhitungan nilai harga CBR pada tabel di atas di ketahui bahwa nilai CBR pada penetrasi 0,1 inch sebesar 10,33% dan nilai CBR pada penetrasi 0,2 inch sebesar 10,78%.

Cara Penanganan kerusakan jalan menggunakan Geomembran

Penanganan kerusakan jalan di atas tanah ekspansif tentunya memiliki mekanisme kerusakan dan tahapan-tahapan kerusakan yang di akibatkan oleh pengaruh tanah ekspansif yang memiliki sifat akan merekah dan terbelah ketika kering atau susut dan akan menjadi lumpur lembek apabila terkena air. Adapun langkah-langkah yang akan dilakukan dalam penanganan jalan diatas tanah ekspansif pada rekonstruksi Jalan Sengkol-Kuta ini antara lain :

- a. Pengupasan Aspal *Exsisting*
 Sesuai dengan kondisi dilapangan, aspal asli yang mulai retak memanjang yang dimulai dari bahu jalan menuju badan jalan dengan keretakan berbagai macam bentuk, seperti retak rambut dengan keretakan mencapai 2 sampai 4 cm, perlu pembongkaran ulang aspal yang sudah ada dengan maksud Rekonstruksi ulang.
 Pengupasan aspal *exsisting* dimulai dari STA 2+375 - STA 3+275 dengan menggunakan alat berat yaitu *Exavator* dan beberapa *Dum Truck* untuk memindahkan hasil aspal yang sudah terbongkar.
- b. Penghamparan Lapis Urugan Pilihan (URPIL)
 Lapis urugan pilihan adalah bagian lapisan perkerasan yang di hampar di atas *subgrade* atau tanah dasar dan urpil juga dijadikan sebagai *sub Base Course* atau material lapis pondasi bawah, Urpil yang di hampar di atas *subgrade* sesuai dengan desain di hampar setebal 30 cm di area badan jalan dan ketebalan 2 m di area galian pengunci ge-

omembran dimana pemadatan dilakukan dengan interval layer 15 cm, Adapun fungsi dari laspisan pondasi bawah (*Sub Base Course*) :

- 1) Sebagai lapis peresapan, agar tanah tidak berkumpul di pondasi
- 2) Sebagai lapis pertama agar pekerjaan dapat berjalan dengan lancar
- 3) Bagian dari konstruksi perkerasan untuk menyebarkan beban roda ketanah dasar.

c. Pemasangan PVC Komposit Geomembran
Jenis Geomembran yang digunakan pada Rekonstruksi Jalan Sengkol- Kuta adalah Geomembran jenis PVC (*Polyvinyl Chloride*). Spesifikasi ini memberikan nilai-nilai sifat fisik, mekanis dan ketahanan yang harus dimiliki oleh Geomembran yang akan digunakan. Ketebalan PVC Geomembran yang digunakan pada Rekonstruksi Jalan Sengkol-Kuta ini adalah Geomembran dengan ketebalan 0.81 mm. Sebelum melakukan pemasangan PVC Komposit Geomembran, maka perlu dilakukan uji spesifikasi Geomembran yang akan digunakan. Setelah PVC Komposit Geomembran selesai di sambung kemudian di bawa ke lapangan dan di gelar di atas badan jalan yang sudah di hampar urugan pilihan terlebih dahulu dan sebagai *Sub Base Course* dan sudah di uji *sandcone* untuk mengetahui kepadatan sesuai dengan desain perkerasan, Kemudian setelah PVC Komposit Geomembran di gelar diikuti langsung dengan penghamparan Lapis Pondasi Agregat (LPA) kelas A setebal 40 cm dengan interval pemadatan 1 layer 20 cm. Adapun struktur jalan di atas LPA kelas A adalah perkerasan beraspal dimana jenis aspal yang digunakan adalah *asphalt Concrete* (AC) dan emulsi sebagai lapis resap pengikat antara LPA kelas A dengan aspal AC-BC (*Asphalt Concrete-Binder Course*) begitu juga aspal emulsi di gunakan sebagai lapis resap pengikat antara AC-BC dan AC-WC (*Asphalt Concrete-Wearing Course*) sebagai lapis utama.

d. Penghamparan LPA sebagai subbase

KESIMPULAN

Hasil analisa data dan pembahasan berdasarkan hasil uji CBR lapangan, nilai CBR pada tanah ekspansif rata-rata kisaran dibawah 2.5% dan setelah dilakukan pelapisan tanah dasar menggunakan PVC Komposit Geomembran nilai CBR daya dukung tanah meningkat rata-rata 10 %.

Penanganan tanah ekspansif menggunakan PVC Komposit Geomembran dilakukan dengan cara memberikan lapisan penghalang yaitu PVC

Komposit Geomembran diatas urugan pilihan lapisan pondasi bawah dengan ketebalan lapisan 20 cm. PVC Komposit Geomembran mencegah terjadinya perubahan kadar air dalam tanah dan menjaga tanah tetap lembab sehingga tidak terjadi penyusutan apabila tanah ekspansif kering yang mengakibatkan kerusakan terhadap struktur pada badan jalan

UCAPAN TERIMA KASIH

Melalui kesempatan ini, penulis mengucapkan terima kasih dan penghargaan yang setinggi-tingginya kepada PT. Niat Karya, PjN Wilayah ! Provinsi NTB atas dukungan dan bantuan data sekunder guna menunjang terlaksananya penelitian ini. Ucapan terima kasih juga kami sampaikan kepada Universitas Islam Al-Azhar Mataram atas bantuan dan dukungannya sehingga penelitian ini dapat diselesaikan dengan baik.

DAFTAR PUSTAKA

- Bowles, J. E. 1984. *Physical and Geotechnical Properties of Soils (Second Edition)*. New York: McGraw-Hill College.
- Das. B. M. 1995. *Mekanika Tanah, Jilid I. Terjemahan Noor E. & Indrasurya, B. M.* Jakarta: Erlangga.
- DPU. 2010. *Spesifikasi Umum Bina Marga Divisi 6 Perkerasan Aspal*. Direktorat Jenderal bina marga.
- DPU. 2010. *Spesifikasi Umum Geomembran Sebagai Lapisan Aspal*. Direktorat Jendral Bina Marga.
- Ervianto, W I. 2004. *Aplikasi Manajemen Proyek Konstruksi*. Yogyakarta.
- Hardiyatmo, H.C. 2010. *Mekanika Tanah 1*, Gajah Mada University Press. Yogyakarta
- Hariana, A.2008. *Tumbuhan dan Khasitnya Seri 3*. Penebar Swadaya. Jakarta
- Istimawan, Dipohusodo. 1995, *Manajemen Proyek Dan Konstruksi*, Kanesus. Jakarta
- Kurniawan Deni. 2018. skripsi penggunaan *geomembrane* HDPE pada tanah Ekspansif, Universitas Muhammadiyah Mataram.