

Penanganan Tanah Ekspansif Dengan PVC Composite Geomembrane Pada Rekonstruksi Jalan Tegalbuleud Argabinta Sindangbarang

Syahrizal, Agus Sulaeman, Yudi Herdiansah

Universitas Jenderal Achmad Yani Cimahi, Indonesia

Email: Syahrizalarrifai016@gmail.com, agussulaeman@lecture.unjani.co.id,

yudiherdiansah81@gmail.com

Abstrak

Permasalahan yang sering dihadapi dalam konstruksi jalan di atas tanah ekspansif adalah penyusutan, pengembangan, dan rendahnya daya dukung tanah, yang sering menyebabkan kerusakan jalan seperti retak memanjang dan penurunan badan jalan. Salah satu solusi untuk menangani masalah tanah ekspansif adalah dengan aplikasi PVC Composite Geomembrane. Penggunaan geomembran pada rekonstruksi jalan di atas tanah ekspansif bertujuan untuk mengontrol infiltrasi dan desikasi air dari badan jalan ke subgrade, sehingga dapat mencegah ekspansi subgrade pada musim hujan dan penyusutan pada musim kering. Sampel tanah untuk pengujian diambil dari jalan Tegalbuleud-Argabinta-Sindangbarang pada stasiun 4+325 dan 4+352. Pengujian yang dilakukan meliputi Properti Indeks, Properti Teknik, Klasifikasi, dan analisis kandungan mineral lempung. Hasil pengujian laboratorium dan analisis menunjukkan bahwa subgrade memiliki karakteristik ekspansif yang sangat tinggi dengan tingkat pengembangan dan keaktifan yang signifikan. Berdasarkan analisis Plaxis, variasi kedalaman PVC Composite Geomembrane (0,6, 1,0, 1,5, dan 2,0 meter) menunjukkan bahwa stabilitas subgrade meningkat, faktor keamanan lebih besar, dan kegagalan geser berkurang. Kedalaman PVC Composite Geomembrane yang optimal untuk hasil paling stabil ditemukan pada kedalaman 1,5 meter. Penelitian ini menyimpulkan bahwa penerapan PVC Composite Geomembrane pada rekonstruksi jalan di atas tanah ekspansif merupakan solusi yang tepat, karena tidak memerlukan pembongkaran perkerasan jalan yang sudah ada.

Kata kunci: Rekonstruksi Jalan, Tanah ekspansif, *PVC Composite Geomembrane*

Abstract

Common problems encountered in road construction on expansive soils include shrinkage, swelling, and low soil bearing capacity, which often result in road damage such as longitudinal cracks and subsidence. One solution to address expansive soil issues is the application of PVC Composite Geomembrane. The use of geomembrane in road reconstruction on expansive soils aims to control water infiltration and desiccation from the road body to the subgrade, preventing subgrade expansion during the rainy season and shrinkage during the dry season. Soil samples for testing were collected from the Tegalbuleud-Argabinta-Sindangbarang road at stations 4+325 and 4+352. Tests performed included Index Properties, Engineering Properties, Classification, and clay mineral content analysis. The laboratory results and analysis showed that the subgrade has highly expansive characteristics with significant development and activity. Based on Plaxis analysis, variations in PVC Composite Geomembrane depth (0.6, 1.0, 1.5, and 2.0 meters) indicated that subgrade stability improves, safety increases, and shear failure decreases. The optimal depth of PVC Composite Geomembrane for the most stable results was found to be 1.5 meters. The study concludes that the application of PVC Composite Geomembrane in road reconstruction on expansive soils is a suitable solution, as it eliminates the need to dismantle the existing pavement.

Keywords: Road Reconstruction, Expansive soil, *PVC Composite Geomembrane*

PENDAHULUAN

Tanah lempung ekspansif dengan sifat kembang-susut yang tinggi dan daya dukung rendah menjadi penyebab utama kerusakan perkerasan jalan (Abdullah, 2021; Alam, 2023; Surjandari et al., 2021). *Shrink-swell behaviour* pada tanah dasar (subgrade) menyebabkan deformasi seperti retak memanjang, gelombang, dan kerutan permukaan pavemen akibat perubahan kelembapan yang terjadi secara musiman (Amakye, 2021; Pavement.com.au, 2025; Lees, 2021). Jika tanah dasar memiliki plasticity index (PI) tinggi—misalnya $PI > 35$ —risiko terjadinya retak memanjang (“dry-land cracks”) meningkat seiring dengan variasi kelembapan (Texas Transportation Institute, 2020; Lees, 2021). Geosintetik seperti geogrid reinforcement terbukti efektif dalam meredam kerusakan tersebut, mengurangi retak longitudinal dan *alligator*

cracking dalam jangka panjang dibandingkan area tanpa penguatan (Correia et al., 2023; Dessouky et al., 2020). Pendekatan stabilisasi kimia—contohnya penggunaan lime atau semen—juga umum dipakai untuk meningkatkan kekuatan dan mengurangi *swelling*, namun dapat menyebabkan lapisan yang menjadi terlalu kaku dan akhirnya justru memicu retak memanjang jika subgrade tetap lemah (Dessouky et al., 2020; Correia et al., 2023). Selain itu, metode stabilisasi baru seperti penggunaan emulsi polimer (Renolith) sebagai bahan pengikat memperlihatkan hasil menjanjikan dalam memperkuat tanah ekspansif, meningkatkan daya dukung, dan mengurangi potensi *swelling* (Liu, 2025). Akhirnya, kombinasi material alternatif seperti bamboo charcoal, quarry dust, dan lime juga terbukti mampu menurunkan indeks plastisitas dan menaikkan nilai CBR subgrade, menjadikannya solusi subgrade yang lebih stabil dan layak untuk perkerasan jalan pedesaan (Agate et al., 2024).

Dalam penanganan tanah ekspansif ada beberapa metode berdasarkan Departemen Pekerjaan Umum (2005), antara lain dengan 1) Melakukan penggantian material tanah ekspansif di bawah badan jalan. Metoda ini hanya cocok untuk jalan baru karena perlu melakukan pembongkaran. 2) Melakukan pengendalian air dengan membuat drainase permukaan dan subdrain agar air tidak mempengaruhi sifat kembang susut tanah ekspansif di bawah badan jalan. Teknik subdrain memerlukan konstruksi pembuangan air tanah ke elevasi aliran permukaan, sehingga diperlukan elevasi yang mencukupi. 3) Melakukan stabilisasi tanah ekspansif dengan kapur atau semen. Metoda ini hanya cocok untuk jalan baru dan sulit efektif karena perlu homogenitas pencampuran. 4) Memberi pembebanan untuk menahan tekanan mengembang. Metoda ini hanya cocok untuk lempung yang mempunyai tingkat ekspansif rendah sampai sedang karena kebutuhan beban tidak terlalu besar, disamping itu teknik ini harus memperhatikan pengendalian air di sekitarnya karena bila tanah lempung jenuh air, maka pembebanan akan memberikan dampak negatif yaitu terjadi penurunan. 5) Membuat moisture barrier dengan memasang geomembran yang kedap air secara horisontal dan atau vertikal. Geomembran harus tidak mudah koyak bila terkena benda tajam, untuk itu diperlukan jenis geomembran yang sesuai kebutuhan teknis (Peni et al., 2023).

Penelitian penanganan tanah ekspansif dengan PVC geomembran juga sudah dilakukan oleh Pusat Penelitian dan Pengembangan Jalan dan Jembatan (1999) yang disusun oleh Suherman et al., (2005) yang berjudul "*Pengembangan Teknologi Penanggulangan Tanah Ekspansif dengan Horizontal Barrier*". Dari hasil pemantauan kadar air tanah ini memberikan hasil bahwa tanah yang tertutup membran perubahan kadar air sebesar 0,05% - 9,24%, sedangkan pada tanah yang tidak tertutup membran, perubahan kadar air sebesar 0,70% - 18,94%. Perbedaan ini menunjukkan bahwa lapisan tanah yang ditutupi membran mempunyai kenaikan yang relatif rendah dibandingkan dengan lapisan yang tidak tertutup oleh membran. Hal ini dikarenakan air hujan yang jatuh kepermukaan tanah lebih banyak meresap pada tanah yang tidak tertutup membran.

Pusat Penelitian dan Pengembangan Jalan dan Jembatan (2014) juga melakukan penelitian yang diketuai oleh Sunaryo dengan judul "*Teknologi Penghalang Kelembapan Vertikal untuk Penanganan Kerusakan Jalan di atas Tanah Ekspansif*". Selain itu menurut kajian oleh Ghazali et al. (2021) dalam jurnal yang berjudul "*Analisa Penggunaan PVC Komposit Geomembran Pada Tanah Ekspansif*", penelitian penanganan tanah ekspansif menggunakan PVC komposit geomembran menunjukkan hasil 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 menjadi rata-rata 10%.

Prinsip penanganan kerusakan jalan di atas tanah ekspansif adalah dengan menjaga kadar air tanah relatif stabil atau mengubah tanah menjadi tidak ekspansif. Pengaplikasian PVC geomembran ini unggul dari beberapa aspek seperti aplikasi pada jalan lama, mempertahankan

fluktuasi kadar air, menurunkan muka air tanah, sesuai untuk tingkat pengembangan (kembang susut) yang tinggi, mengatasi perubahan volume kadar air, dan kemudahan dalam pelaksanaan.

Jalan Tegalbuleud -- Argabinta -- Sindangbarang merupakan Jalan Nasional yang terletak di Kabupaten Cianjur Provinsi Jawa Barat dengan panjang ruas 52,29 kilometer. Awal ruas terletak di Jembatan Cibuni dan akhir ruas terletak di pertigaan Jalan Raya Sindangbarang. Jalan Tegalbuleud -- Argabinta -- Sindangbarang merupakan bagian Jalan Lintas Selatan Jawa.

Jenis konstruksi perkerasan jalan yang digunakan adalah aspal, namun saat ini kondisi perkerasan di beberapa lokasi mengalami kerusakan parah. Kerusakan yang terjadi meliputi retak memanjang serta penurunan badan jalan, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3 kondisi ini diduga disebabkan oleh adanya tanah ekspansif di bawah lapisan perkerasan, yang memiliki sifat mengembang dan menyusut secara signifikan. Perubahan volume tanah ini menjadi faktor utama penyebab kerusakan, karena dapat mendorong perkerasan jalan ke arah vertikal serta menariknya ke arah lateral.

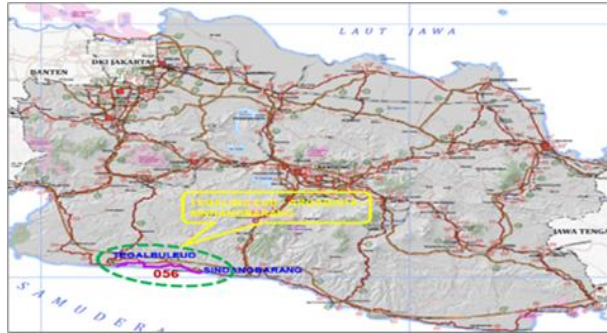
Penelitian ini menghadirkan kebaruan melalui pendekatan integratif yang menggabungkan investigasi lapangan, pengujian laboratorium menyeluruh (termasuk uji index properties, engineering properties, classification, dan X-Ray Diffraction untuk analisis mineral lempung), serta pemodelan numerik dengan Plaxis 2D untuk menganalisis performa PVC Composite Geomembrane dengan variasi kedalaman pemasangan (0,6 m; 1,0 m; 1,5 m; dan 2,0 m). Kebaruan utama terletak pada penentuan kedalaman optimal geomembran khusus untuk aplikasi rekonstruksi jalan eksisting tanpa pembongkaran, dengan mempertimbangkan parameter kritis seperti steady state pore pressures, ground water head, deformed mesh, dan safety factor. Temuan penelitian ini diharapkan dapat menjadi panduan praktis bagi para pelaku konstruksi dalam menangani tanah ekspansif secara lebih efisien dan berkelanjutan.

Tujuan penelitian ini adalah untuk memperoleh metode perbaikan tanah ekspansif dengan mempertahankan kadar air dalam kondisi optimum pada lapisan tanah dasar tanpa membongkar struktur perkerasan jalan eksisting, serta mengetahui cara pengaplikasian geomembran sebagai solusi dalam penanganan rekonstruksi jalan di atas tanah ekspansif. Penelitian ini dibatasi hanya pada upaya mempertahankan kadar air tanah melalui pemasangan geomembran di atas dan di samping badan jalan eksisting, sehingga tanah di bawah geomembran dapat menahan air dan tetap stabil dengan minimal pengaruh dari penguapan atau rembesan air dari atas. Adapun manfaat penelitian ini antara lain memberikan informasi mengenai tanah ekspansif dan dampak negatifnya jika tidak ditangani dengan tepat, menginformasikan kepada owner tentang pentingnya pengujian geoteknik yang komprehensif dan akurat pada lokasi yang terindikasi tanah ekspansif untuk menghindari kegagalan konstruksi yang berbiaya tinggi, serta memberikan wawasan kepada konsultan perencana, pengawas, dan pemilik pekerjaan mengenai pemanfaatan geomembran sebagai penghalang kelembaban pada konstruksi jalan di atas tanah ekspansif tanpa harus merusak perkerasan jalan eksisting yang merupakan aset negara.

METODE PENELITIAN

Lokasi Penelitian

Lokasi yang dijadikan objek penelitian ini adalah Jalan Tegalbuleud – Argabinta – Sindangbarang yang terletak di Kabupaten Cianjur, Provinsi Jawa Barat. Kondisi perkerasan jalan saat ini di tempat-tempat tertentu mengalami kerusakan seperti retak memanjang dan penurunan badan jalan, seperti yang diperlihatkan pada gambar 3.



Gambar 1. Peta Lokasi Jalan Tegalbuleud – Argabinta – Sindangbarang

Sumber : PUPR, 2022



Gambar 2. Lokasi Pengambilan Sampel Uji

Sumber: Dokumen pribadi peneliti, 2023

Penyelidikan lapangan dilakukan untuk memperoleh data mengenai kondisi lapisan tanah di bawah permukaan jalan, yang diperlukan pada tahap perencanaan dan pelaksanaan proyek. Tujuan dari penyelidikan ini adalah untuk mengetahui karakteristik fisik dan mekanis tanah serta menentukan nilai *California Bearing Ratio (CBR)* dari tanah dasar.

Pengambilan contoh tanah dilakukan dengan pembuatan sumur uji (*test pit*) pada Sta. 4+325 disisi kiri jalan (TP-1) dan pada Sta. 4+352 disisi kanan jalan (TP-2).



Gambar 3. Aktivitas Pengambilan Sampel Uji

Sumber: Dokumen pribadi peneliti, 2023

Kebutuhan Data untuk Penelitian

Data yang dibutuhkan untuk penelitian diperoleh dari survey langsung dilapangan dan selanjutnya di uji di laboratorium PT. Terutama PGU dan Balai Besar Pengujian Mineral dan Batubara tekMIRA, adapun data-data yang diperoleh ini meliputi :

1. *Index Properties* (kadar air, berat isi tanah, kadar pori, angka pori, derajat kejenuhan)
2. *Classification* (batas cair, batas plastis, indeks plastisitas, *grain size analysis*, lolos saringan no. 40 dan 200)
3. *Engineering Properties* (sudut geser, kohesi, Q_u undisturbed, batas susut, *swelling pressure test*)

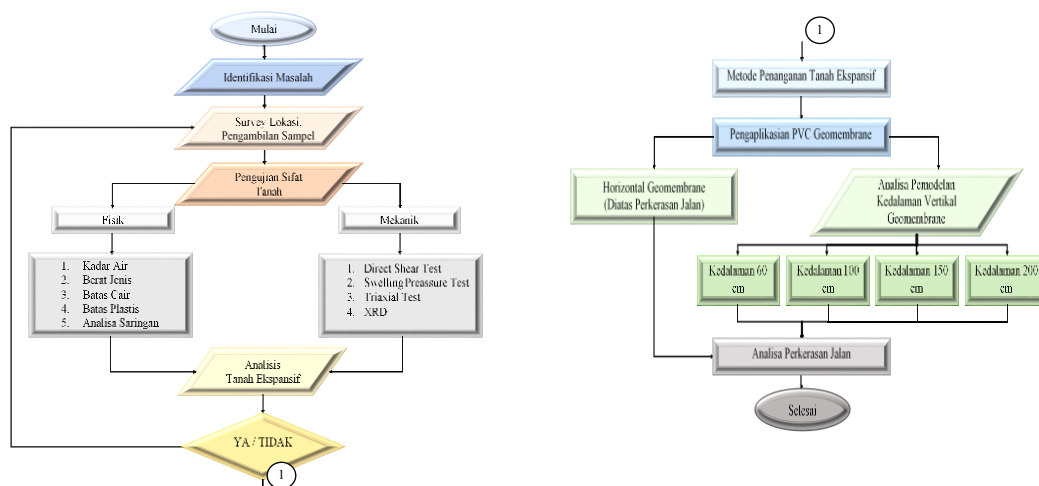
4. CBR test

5. Uji X-RD.

Selain itu diperlukan juga data Lalu Lintas Harian Rata-rata (LHR), dan data Kondisi Jalan yang diperoleh dari Konsultan Perencana PT. Surya Marzq Konsultindo yang melaksanakan Pekerjaan Paket DD2 – 2023 Desain Preservasi Jalan dan Jembatan Koridor Selatan – Timur Provinsi Jawa Barat.

Prosedur Penelitian

Dalam penelitian ini ada beberapa tahapan yang dilakukan dimulai dari 1. Identifikasi masalah; 2. Survey lokasi dan pengambilan sampel; 3. Pengujian laboratorium, berupa pengujian fisik dan mekanik tanah; 4. Analisa tanah ekspansif. Apabila hasil pengujian laboratorium menunjukkan bahwa tanah adalah ekspansif, maka penelitian dilanjutkan ke tahap selanjutnya, dan apabila hasil pengujian tidak menunjukkan bahwa tanah bukan ekspansif, maka kembali lagi pada tahap 2 yaitu survey lokasi dan pengambilan sampel di lokasi yang berbeda; 5. Analisa penanganan tanah ekspansif dengan PVC Geomembran horizontal dan vertikal dengan variasi kedalaman 0,6m, 1,0m, 1,5m, 2,0m; 6. Analisa Perkerasan jalan, seperti diperlihatkan pada Gambar 8 Bagan Alir Penelitian.



Gambar 4. Bagan Alir Penelitian

Sumber: Analisis peneliti, 2023

Analisis Data dan Perencanaan

Identifikasi Tanah Ekspansif

a. Tingkat Keaktifan Tanah Lempung

Identifikasi tanah ekspansif menggunakan nilai indeks plastisitas (PI) dan fraksi lempung (CF). Tingkat keaktifan suatu tanah (A_c) dapat diidentifikasi dengan pendekatan metode Skempton 1953 seperti pada rumus 1 dan metode Seed 1962 seperti pada rumus 2 halaman 5. Selanjutnya, nilai tingkat keaktifan (A_c) beserta persentase fraksi lempung digambarkan pada grafik klasifikasi tanah mengembang yang diperkenalkan oleh Seed pada tahun 1962 seperti pada gambar 4.

b. Potensi Pengembangan (*Awelling Potential*)

Penilaian terhadap potensi pengembangan tanah dapat dilakukan dengan berbagai metode sebagai berikut :

Metode Cheen

Cheen (1988) menyatakan bahwa potensi pengembangan dapat diukur dengan menggunakan indeks tunggal yang didasarkan pada nilai indeks plastisitas (PI) seperti pada tabel 2. Korelasi Indeks Plastisitas dengan Pengembangan (Chen, 1988).

Metode Raman

Menurut Raman (1967), identifikasi potensi pengembangan tanah dilakukan dengan menggabungkan nilai indeks plastisitas (PI) dan indeks susut (SI) seperti pada Tabel 3. Korelasi Indeks Plastisitas, Indeks Susut dengan Tingkat Pengembangan Tanah.

Metode BRE

Dalam metode *Building Research Establishment* (BRE, 1980), potensi pengembangan tanah diidentifikasi berdasarkan nilai indeks plastisitas (PI) serta persentase partikel lempung (dengan diameter partikel < 2 mm) seperti pada Tabel 4. Potensi kembang menurut BRE, 1980.

Metode MDP

Menurut pedoman MDP 2024, klasifikasi tanah ekspansif didasarkan pada potensi pengembangan (*Swelling*) dan *Weighted Plasticity Index (WPI)*, dengan kategori rendah, moderat, tinggi, sangat tinggi, dan ekstrim, seperti pada Tabel 5. Klasifikasi Tanah Ekspansif.

Metode Penanganan Rekontruksi Jalan diatas Tanah Ekspansif

Prinsip penanganan kerusakan jalan di atas tanah ekspansif adalah dengan menjaga kadar air tanah agar relatif stabil atau mengubah tanah menjadi tidak ekspansif. Alternatif penanganan sebagaimana Pedoman Pd T-10-2005-B antara lain dengan:

- Melakukan penggantian material tanah ekspansif di bawah badan jalan. Metoda ini hanya cocok untuk jalan baru karena perlu melakukan pembongkaran.
- Melakukan pengendalian air dengan membuat drainase permukaan dan subdrain agar air tidak mempengaruhi sifat kembang-susut tanah ekspansif di bawah badan jalan. Teknik subdrain memerlukan konstruksi pembuangan air tanah ke elevasi aliran permukaan, sehingga diperlukan elevasi yang mencukupi.
- Melakukan stabilisasi tanah ekspansif dengan kapur atau semen. Metoda ini hanya cocok untuk jalan baru dan sulit efektif karena perlu homogenitas pencampuran.
- Pemberian beban untuk menahan tekanan pengembangan, metode ini digunakan untuk mengatasi tekanan pengembangan tanah dengan memberikan beban di atasnya. Pendekatan ini lebih sesuai diterapkan pada tanah lempung dengan tingkat ekspansivitas rendah hingga sedang, karena beban yang diperlukan tidak terlalu besar, disamping itu teknik ini harus memperhatikan pengendalian air di sekitarnya karena bila tanah lempung jenuh air, maka pembebanan akan memberikan dampak negatif yaitu terjadi penurunan.
- Membuat *moisture barrier* dengan memasang geomembran yang kedap air secara horisontal dan atau vertikal. Geomembran harus tidak mudah koyak bila terkena benda tajam, untuk itu diperlukan jenis geomembran yang sesuai kebutuhan teknis.

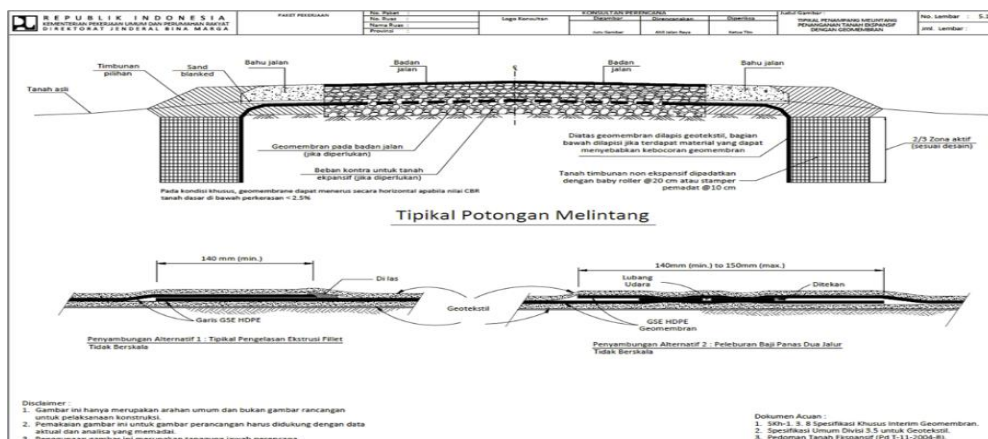
Kategori	Simbol	Karakteristik	Aplikasi pada jalan lama	Pengaruh penanganan						Daya tahan	Persyaratan pemeliharaan	Kesulitan dikerjakan	Tingkat keyakinan
				Memperbaiki fluktuasi kadar air	Menurunkan MAT	Sesuai untuk tingkat pengembangan tinggi	Mengatasi perubahan volume	Dikombinasikan dengan metode lain					
Tipe pekerjaan	⊕	Sangat sesuai	Sangat baik						Sangat baik	Rendah	Mudah	Sangat baik	
	○	Sesuai	Baik						Baik	Sedang	Cukup	Baik	
	△	Tidak sesuai	Baik untuk kasus tertentu (Kurang sesuai/Tidak mengatasi)						Rendah	Tinggi	Sulit	Baik pada kasus tertentu	
Tipe penanganan		Pembongkaran dan penggantian material	△	△	△	△	△	○	○	○	△	△	
		Pembebanan	△	△	△	△	△	○	○	○	⊕	△	○
		Desain drainase	○	⊕	⊕	△	○	⊕	○	○	△	○	○
		Stabilisasi dengan kapur	△	○	○	△	○	○	○	○	△	△	○
		Stabilisasi dengan semen	△	○	○	○	△	△	△	△	△	△	△
		Membran geosintetik	⊕	○	○	○	○	○	○	○	△	△	⊕
		Membran horizontal	○	○	○	○	○	○	○	○	△	△	○
	Membran vertikal	⊕	⊕	⊕	⊕	⊕	⊕	○	○	○	○	⊕	
	Membran pembungkus lapisan	△	○	○	○	○	○	○	○	△	△	○	

Gambar 5. Matrik Perbandingan Teknik-Teknik Konstruksi Penanganan Tanah Ekspansif

Sumber : Modul Teknologi Penghalang Kelembapan di atas Tanah Ekspansif, Pusjatan 2014

Dari beberapa alternatif di atas selanjutnya disusun matriks perbandingan antara teknik-teknik penanganan untuk memilih metode konstruksi yang paling sesuai dengan kondisi di lapangan. Matriks perbandingan teknik - teknik konstruksi penanganan tersebut diperlihatkan pada Gambar 9.

Dengan mempertimbangkan pekerjaan penanganan jalan berada di jalan eksisting (jalan lama) yang harus tetap terbuka untuk lalu lintas kendaraan, maka dari 5 (lima) alternatif di atas yang paling tepat adalah dengan membuat penghalang kelembaban (*moisture barrier*). Alternatif ini dengan memasang geomembran horizontal dan vertikal untuk mempertahankan kadar air tanah dibawah badan jalan dalam kondisi optimum.



Gambar 6. Tipikal Penaganan Tanah Ekspansif dengan Geomembran

Sumber : Pedoman No.08/P/BM/2021, Dirjen Bina Marga

Geomembran horisontal dipasang menutup daerah bahu jalan yang relatif porous dan daerah badan jalan karena telah mengalami retak-retak memanjang dengan kedalaman lebih dari 50 cm (pada Pedoman Pd T-11-2004-B dipasang minimal 600 mm masuk ke daerah aspal). Geomembran vertikal dipasang sebagai penghalang aliran air tanah untuk menjaga penguapan ke samping. Kedalaman pemasangan geomembran vertikal adalah kurang lebih 450 sampai dengan 600mm dibawah zona aktif atau dengan menetapkan kedalaman tipikal antara 1.50 m sampai dengan 2.50 m apabila kedalaman zona aktif sulit ditentukan (Modul Teknologi Penghalang Kelembapan Vertikal Untuk Penanganan Kerusakan Jalan di atas Tanah Ekspansif).

Penanganan perkerasan jalan diatas tanah ekspansif dengan geomembran sebagai penghalang kelembapan vertikal merupakan salah satu solusi terbaik untuk dilakukan terutama pada Pekerjaan Perbaikan / Rekonstruksi Jalan diatas Tanah Ekspansif.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Pengujian Laboratorium

Berdasarkan pengujian laboratorium terhadap sampel 1 dan sampel 2 di lokasi jalan Tegalbuleud – Argabinta – Sindang barang Sta. 4+325 dan Sta. 4+352, diperoleh nilai Indeks Plastisitas rata-rata 113,59%, dan nilai Indeks Susut rata-rata 132,67% ini menunjukkan bahwa tanah di lokasi tersebut potensi pengembangannya sangat tinggi. Parameter-parameter hasil pengujian laboratorium lainnya dapat dilihat pada tabel berikut.

a. Karakteristik Tanah Dasar (*subgrade*)

Tabel 1. Karakteristik Tanah Dasar

No	Parameter Tanah	Satuan	Hasil Pengujian Laboratorium	
			S-1	S-2
1	Berat Isi (γ_m)	gr/cm ³	1,49	1,54

No	Parameter Tanah	Satuan	Hasil Pengujian Laboratorium	
			S-1	S-2
2	Kadar Lempung	%	42,82	73,24
3	Batas Cair (LL)	%	137,84	165,07
4	Batas Plastis (PL)	%	33,52	42,21
5	Indeks Plastisitas	%	104,32	122,86
6	Indeks Susut (SI)	%	118,47	146,86
7	Kadar Air (Wn)	%	83,18	72,941
8	Lolos Saringan 40	%	97,63	99,85
	Lolos Saringan 200	%	94,53	99,04
9	<i>Coeffisient of Consolidation (Cv)</i>	cm ² /sec	0,0033	0,0015
10	Indeks Pemampetan		1,02	0,66
11	<i>Specific Grafity (Gs)</i>	gr/cm ³	2,63	2,65
12	<i>Dry Density (,d)</i>	gr/cm ³	0,81	0,89
13	Kadar Pori (n)	%	0,69	0,67
14	Angka Pori (e)		2,22	1,93
15	Derajat Kejenuhan		2,63	2,65
16	Batas Susut (SL)	%	19,37	18,20
17	<i>Swelling Potensial</i>	%	0,55	2,10
18	<i>Swelling Pressure</i>	kg/cm ²	0,098	0,25
19	<i>Triaxial UU :</i>			
	Kohesi (c)	kg/cm ²	0,360	0,42
	Sudut Geser	derajat	8,11	6,25
20	CBR Rendaman	%	2,01	-

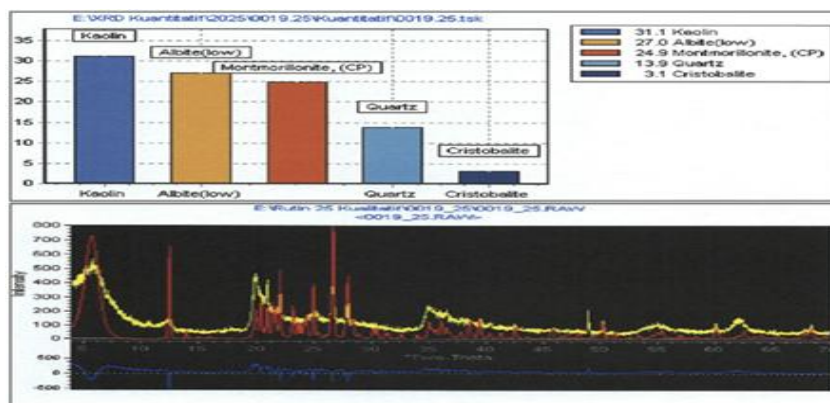
Sumber: Hasil Pengujian Laboratorium PT. Terutama PGU dan Balai Besar Pengujian Mineral dan Batubara tekMIRA, 2023

b. Mineral lempung

Tabel 2. Hasil Pengujian X-RD

No	Lab. No	Sample ID	Mineral	Quantitative Analysis (%)
1	0019/25	Sampel 1	Kaolin	31,10
			Albite	27,00
			Montmorillonite	24,90
			Quartz	19,90
			Cristobalite	3,10

Sumber: Balai Besar Pengujian Mineral dan Batubara tekMIRA, 2023



Penanganan Tanah Ekspansif dengan Geomembran

a. Prinsip Penerapan

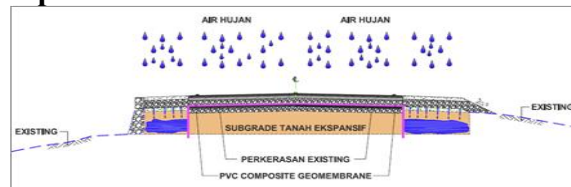
Penggunaan geomembran pada konstruksi jalan ekisting yang berada diatas tanah ekspansif bertujuan untuk mengontrol infiltrasi dan desikasi air dari daerah badan jalan dan bahu jalan ke tanah dasar (*subgrade*), sehingga dapat mencegah pengembangan tanah dasar (*Subgrade*) selama musim hujan dan penyusutan selama musim kering. Pemasangan geomembran secara vertikal pada bahu jalan dan horizontal pada badan jalan dapat meminimalkan perubahan kadar air dan volume yang bersifat merusak pada tanah ekspansif. Tujuan akhir dari aplikasi ini adalah terciptanya kondisi kadar air yang relatif konstan dan seragam pada tanah dasar (*subgrade*) yang berada di bawah perkerasan.



Gambar 7. Ilustrasi proses Infiltrasi pada Tanah Ekspansif



Gambar 8. Ilustrasi proses Desikasi Pada Tanah Ekspansif



Gambar 9. Ilustrasi Penanganan Tanah Ekspansif Menggunakan Geomembran untuk Menjaga Kadar Air Optimum

Sumber: Analisis peneliti, 2023

b. Geomembran

Geomembran dalam kaitannya dengan tanah ekspansif merupakan suatu penghalang (*barrier*) fluida yang kedap air yang biasanya terbuat dari lembaran polimer menerus yang sangat fleksibel, tetapi bisa juga terbuat dari geotekstil yang diisi dengan semburan (*spray*) aspal atau elastomer. Geomembran sebagai penghalang kelembapan (*moisture barrier*) harus terdiri dari material geomembran kedap air dengan konstruksi komposit berupa bahan polyethylene yang berada di antara dua lembar teranyam (*woven*) atau tak teranyam (*nonwoven*) polypropylene atau bahan polyester. Geomembran harus lembam terhadap bahan kimia dan hidrokarbon dan harus tahan terhadap lumut, akar, sinar ultra violet, serangga dan binatang pengerat.

Untuk penanganan rekonstruksi jalan diatas tanah ekspansif Ruas Tegalbuleud – Argabinta – Sindangbarang, jenis geomembran yang digunakan adalah PVC Composite Geomembrane. Spesifikasi teknis tentang PVC (Volyvinyl Chloride) Composite Geomembrane diuraikan pada Tabel berikut :

Tabel 3. Spesifikasi Teknis PVC Geomembran Komposit

Property	Method	Unit	Spesifikasi	Keterangan
Physical Properties				
Physical Characteristics	-		1 Lapis PVC Geomembrane + 2 Lapis Nonwoven Geotekstil	
Thickness (2 kPa)	ASTM D5199	mm	2,5	

Property	Method	Unit	Spesifikasi	Keterangan
Mechanical Properties				
Tensile Strength (MD)	ASTM D4595	kN/m	40	
Tensile Strength (CD)	ASTM D4595	kN/m	40	
Tensile Elongetion (MD/CD)	ASTM D4595	%	30/30	
Puncture Strength	ASTM D6241	N	5000	
Index Puncture Resistance	ASTM D4833	N	950	
Hydraulic Properties				
Permittivity		cm/s	1×10^{-11}	

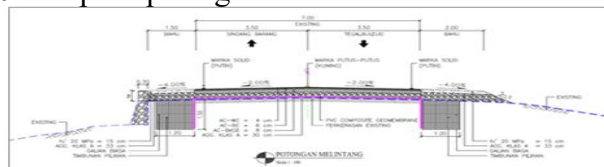
Sumber: Spesifikasi Produk dari Pabrikan dan ASTM Standards, 2023

Kedalaman geomembran vertikal digunakan 1,50 meter (pedoman Pd T-11-2004-B, Dep. Kimpraswil) yang dipasang diujung perkerasan sisi kiri dan sisi kanan bahu jalan. Sedangkan untuk geomembran horizontal dipasang selebar perkerasan/ badan jalan. Tata cara dan tahapan pemasangan geomembran dijelaskan pada pedoman Pd T-11-2004-B, Dep. Kimpraswil.

Analisa Penanganan Tanah Ekspansif dengan *PVC Composite Geomembrane* menggunakan *Plaxis 2D*

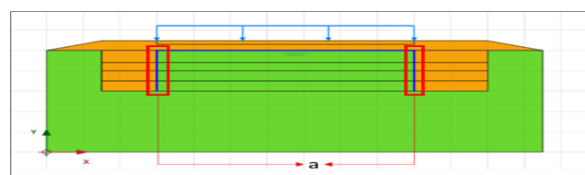
Dalam analisa ini, output yang akan di dapat yaitu kondisi tanah terhadap efek air serta dampak positif lain dari penggunaan *PVC Composite Geomembrane* pada tanah ekspansif seperti peningkatan stabilitas tanah (deformasi dan *displacement*) serta *safety factor*.

Untuk mendapatkan nilai-nilai tersebut ada beberapa tahapan dan kondisi yang harus dilakukan, yaitu pemasangan *geomembrane* secara vertical (a) dengan variasi kedalaman 0,6 m, 1,0 m, 1,5 m dan 2,0 m seperti pada gambar berikut.



Gambar 10. Tipikal Penanganan Rekonstruksi Jalan diatasTanah

Sumber: Analisis peneliti, 2023



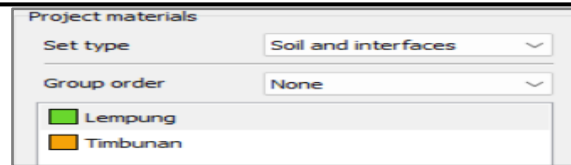
Gambar 11. Pemodelan Kondisi Awal pada Plaxis Ekspansif pada Lokasi Penelitian

Sumber: Hasil simulasi Plaxis 2D, 2023

A. Input Properties

❖ Soil Properties

Parameter tanah untuk pemodelan ini terdiri dari 2 (dua) lapisan, yaitu tanah lempung dan tanah timbunan. Parameter tanah tersebut dapat dilihat pada Gambar 17. dan Tabel 17.



Gambar 12. Input soil properties

Sumber: Hasil simulasi Plaxis 2D, 2023

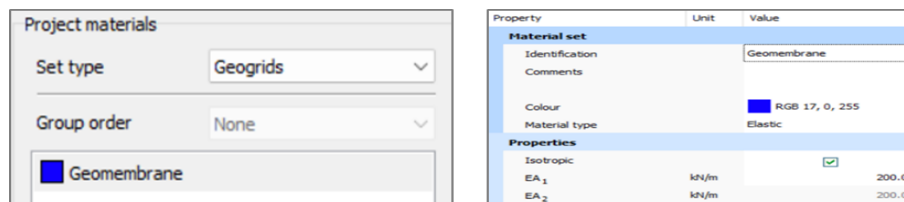
Tabel 4. Parameter Tanah yang digunakan

Tanah	γ_{unsat}	γ_{sat}	μ	E_s	ϕ	C_u	k_v/k_y
	kN/m^3	kN/m^3		kPa	$^\circ$	kPa	m/day
Lempung	8,281	14,89	0,4	4000	7,177	39	0,000864
Timbunan	18	19	0,3	25000	40	1	0,08640

Sumber: Hasil Analisis Laboratorium dan Input Pemodelan Plaxis 2D, 2023

❖ *Geogrids Properties*

Parameter geomembran yang di input adalah nilai EA seperti diperlihatkan pada Gambar 18 berikut.



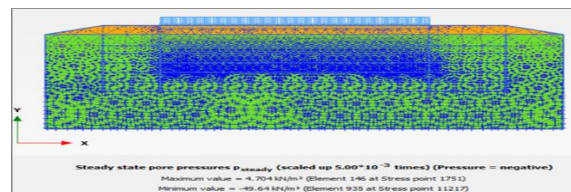
Gambar 13. Input Parameter Geomembran

Sumber: Hasil simulasi Plaxis 2D, 2023

B. Hasil Analisis Program *Plaxis 2D*

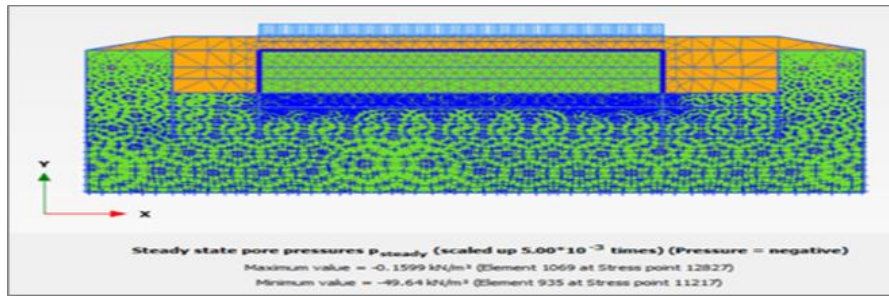
Hasil analisis dari *software Plaxis 2D V20 2022* adalah *Steady State Pore Pressures*, *Ground Water Head*, *Displacement*, *Deformed Mesh*, dan *Safety Factor*. Dalam analisa ini dilakukan beberapa variasi terhadap kedalaman vertikal *PVC Composite Geomembrane* yaitu kedalaman 0.6 m, 1.0 m, 1.5 m, 2.0 m, 2.5 m dan 3.0 m.

Steady State Pore Pressures



Gambar 14. Kondisi awal *Steady State Pore Pressures* dengan Plaxis tanpa penanganan *PVC Composite Geomembrane*

Sumber: Hasil simulasi Plaxis 2D, 2023

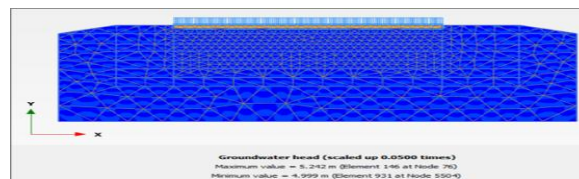


Gambar 15. Output Steady State Pore Pressures dengan Plaxis untuk Kedalaman Vertikal PVC Composite Geomembrane 1.50 m.
Sumber: Hasil simulasi Plaxis 2D, 2023

Pada kondisi awal tekanan air pori lebih mudah mencapai *subgrade* dan kondisi air tidak terkendali, sehingga dalam jangka waktu tertentu dapat meningkatkan resiko deformasi jalan. Setelah menggunakan geomembran kadar air pada tanah ekspansif dapat distabilkan, dapat mengurangi potensi ekspansi dan penyusutan yang ekstrem.

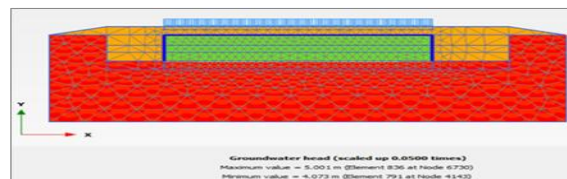
Dari gambar di atas dapat dilihat nilai *steady state pore* parameter yang menggunakan geomembrane lebih kecil (Max. Value = -0.1599 kN/m^2) dibandingkan dengan kondisi awal sebelum diberi penanganan (Max. Value = 4.704 kN/m^2), sehingga penanganan dengan geomembrane lebih stabil dan aman serta kegagalan geser cenderung lebih kecil.

Ground Water Head



Gambar 16. Kondisi Awal Ground Water Head pada Plaxis tanpa Penanganan PVC Composite Geomembrane

Sumber: Hasil simulasi Plaxis 2D, 2023

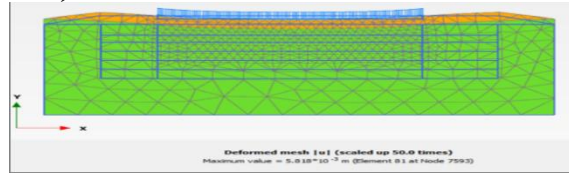


Gambar 17. Output Ground Water Head Pada Plaxis dengan Kedalaman 1.50 meter Vertikal PVC Composite Geomembrane

Sumber: Hasil simulasi Plaxis 2D, 2023

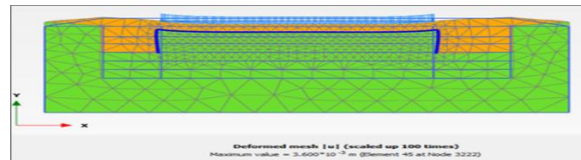
Pada kondisi awal menunjukkan distribusi muka air tanah yang bervariasi dengan perbedaan ketinggian air tanah yang cukup signifikan. Kondisi ini menunjukkan bahwa air tanah relatif bebas bergerak ke berbagai area karena tidak ada penghalang.

Setelah menggunakan geomembran warna dominan adalah merah yang menunjukkan bahwa distribusi *groundwater head* lebih seragam. Perubahan ini terjadi karena geomembran menghalangi aliran vertikal air yang membuat tekanan air terperangkap di lapisan tertentu. Dari gambar di atas dapat dilihat *groundwater head* yang menggunakan geomembran lebih seragam dan menunjukkan bahwa geomembran efektif menghalangi infiltrasi air dan mengendalikan kadar air dalam tanah.

Deformasi (*Deformed Mesh*)

Gambar 18. Deformasi Kondisi Awal/ Tanpa Geomembran (Max. Value *Deformed Mesh* = $5,819 \times 10^{-3}$ m)

Sumber: Hasil simulasi Plaxis 2D, 2023



Gambar 19. Menggunakan Geomembran dengan kedalaman 1,50 meter (Max. Value *Deformed Mesh* = $3,601 \times 10^{-3}$ m)

Sumber: Hasil simulasi Plaxis 2D, 2023

Pada kondisi awal nilai maksimum deformasi adalah 5.818×10^{-3} m. Sedangkan setelah menggunakan geomembrane nilai deformasi maksimum bervariasi tergantung pada kedalaman geomembrane dan cenderung mengalami penurunan seperti berikut, 1) Kedalaman 0.60 meter, sebesar 4.551×10^{-3} m, 2) Kedalaman 1.00 meter, sebesar 3.770×10^{-3} m, 3) Kedalaman 1.50 meter, sebesar 3.600×10^{-3} m, 4) Kedalaman 2.00 meter, sebesar 3.859×10^{-3} m.

Sehingga setelah menggunakan geomembrane kondisinya menjadi lebih baik karena deformasi tanah berkurang secara signifikan. Kedalaman geomembran yang optimal terlihat pada kedalaman 1.50 meter, di mana deformasi tanah lebih kecil dan distribusi deformasi lebih terkendali. Karena beban sendiri dari *PVC Composite Geomembrane* untuk kedalaman 2m nilai Deformasi pada kedalaman tersebut bertambah dari nilai optimum pada kedalaman 1,5 m.



Gambar 20. Grafik *Deformed mesh* dengan Variasi Kedalaman

Sumber: Hasil analisis peneliti, 2023

Tabel 5. Rekapitulasi *Deformed Mesh* dengan Variasi Kedalaman

Parameter Analisa	Kondisi Awal	Dengan PVC Geomembran			
		0,6 m	1,0 m	1,5 m	2,0 m
Deformed Meesh	$5,818 \times 10^3$	$4,551 \times 10^3$	$3,770 \times 10^3$	$3,600 \times 10^3$	$3,859 \times 10^3$

Sumber: Hasil Analisis Plaxis 2D V20, 2023

Safety Factor

Reached values	
Reached total time	0.000 day
CSP - Relative stiffness	0.01306E-9
ForceX - Reached total force	0.000 kN
ForceY - Reached total force	0.000 kN
Pmax - Reached max pp	28.93 kN/m ²
EM _{stage} - Reached phase p	0.000
EM _{weight} - Reached weight	1.000
EM _{sf} - Reached safety fact	1.822

Gambar 21. Reached Values Safety Factor Tanpa Penanganan *PVC Composite Geomembrane*

Sumber: Hasil simulasi Plaxis 2D, 2023

Reached values	
Reached total time	0.000 day
CSP - Relative stiffness	0.8988E-12
ForceX - Reached total force	0.000 kN
ForceY - Reached total force	0.000 kN
Pmax - Reached max pp	8.040 kN/m ²
ΣM _{stage} - Reached phase p	0.000
ΣM _{weight} - Reached weight	1.000
ΣM _{sf} - Reached safety fact	2.298

Gambar 22. Reached Values Safety Factor dengan Kedalaman Vertikal PVC Composite Geomembrane 1.50 m

Sumber: Hasil simulasi Plaxis 2D, 2023

Dari gambar di atas dapat dilihat nilai *Safety Factor* yang menggunakan geomembran lebih besar dibandingkan dengan kondisi awal tanpa geomembran. Peningkatan faktor keamanan mengindikasikan geomembran efektif dalam meningkatkan stabilitas struktur.



Gambar 23. Grafik Safety Factor Vs Kedalaman Geomembran

Sumber: Hasil analisis peneliti, 2023

Tabel 6. Rekap Safety Factor Vs Kedalaman Geomembran

Parameter Analisa	Kondisi Awal	Dengan PVC Geomembran			
		0,6 m	1,0 m	1,5 m	2,0 m
SF	1,822	2,303	2,294	2,298	2,308

Sumber: Hasil Analisis Plaxis 2D V20, 2023

Dari hasil analisa menunjukan pengurangan deformasi tanah dari 5.818×10^{-3} m ke kisaran $4.551 \sim 3.600 \times 10^{-3}$ m, mendukung kesimpulan bahwa geomembran lebih baik penggunaannya untuk menjaga struktur pada tanah ekspansif. Penggunaan geomembran merupakan pilihan yang tepat untuk mengendalikan deformasi dan menjaga stabilitas struktur di atas tanah ekspansif. Kedalaman geomembran yang optimal berdasarkan data analisa di atas adalah 1.00 – 1.50 meter. Kedalaman ini memberikan hasil terbaik dalam mengurangi deformasi tanpa memengaruhi faktor keamanan secara signifikan.

Dari *Steady State Pore Pressures* penggunaan geomembran pada kedalaman 1.50 – 2.00 meter lebih efektif dalam mengurangi dan mendistribusikan tekanan pori secara merata, meningkatkan stabilitas tanah dibandingkan kondisi awal atau kedalaman yang lebih dangkal. Semakin dalam geomembran ditempatkan, semakin baik dalam mengendalikan fluktuasi tekanan pori negatif, yang berpotensi meningkatkan kestabilan struktur tanah.

Di tanah ekspansif, kontrol terhadap *groundwater head* sangat penting untuk mencegah perubahan kadar air yang dapat menyebabkan ekspansi dan penyusutan tanah. Semakin dalam geomembran ditempatkan, semakin baik dalam menghambat infiltrasi air, membantu menjaga stabilitas tanah dan mengurangi risiko kerusakan akibat perubahan volume tanah ekspansif, terutama pada kedalaman 1.50 – 2.00 meter, yang lebih efektif dalam menghambat pergerakan air.

Dari uraian diatas dapat disimpulkan bahwa penggunaan geomembran dengan kedalaman 1.50 meter sangat efektif.

Perhitungan Perkerasan

a. Metode MDP 2024

Perhitungan perkerasan jalan metode MDP 2024, umur rencana (UR) = 20 tahun, pertumbuhan lalu lintas (i) = 4,8%, VDF 5, didapat tebal perkerasan AC-WC = 4 cm, AC-BC = 6,5 cm, AC-Base = 8 cm, Agregat A = 20 cm, Agregat B = 15 cm.

b. Metode AASHTO 1993

Perhitungan perkerasan jalan metode AASHTO 1993, umur rencana (UR) = 20 tahun, pertumbuhan lalu lintas (i) = 4,8%, VDF 4, didapat tebal perkerasan AC-WC = 4 cm, AC-BC = 6 cm, AC-Base = 8 cm, Agregat A = 30 cm.

KESIMPULAN

Kesimpulan dari penelitian yang dilakukan pada ruas jalan Tegalbuleud – Argabinta – Sindangbarang menunjukkan bahwa klasifikasi tanah di lokasi pengujian adalah lempung lanauan CH (High Clay) dengan butiran lolos saringan No. 40 rata-rata 98.740%, lolos saringan No. 200 rata-rata 96.785%, kadar fraksi lempung (CF) rata-rata 58.030%, indeks plastisitas (PI) rata-rata 113.590%, dan indeks susut (SI) rata-rata 132.670%, yang menunjukkan bahwa tanah tersebut memiliki potensi pengembangan dan tingkat keaktifan yang sangat tinggi. Pengujian mineral lempung menggunakan metode X-Ray Diffraction mengidentifikasi kandungan mineral Montmorillonite sebesar 24.9%, yang sesuai dengan pedoman Pd T-10-2005-B yang menyatakan bahwa tanah dengan kandungan mineral ini termasuk tanah ekspansif. Selain itu, analisis menggunakan Software Plaxis 2D V20 2022 menunjukkan bahwa penggunaan PVC Composite Geomembrane dapat menstabilkan kadar air tanah ekspansif, mengurangi potensi ekspansi dan penyusutan ekstrem, serta membuat distribusi Ground Water Head lebih seragam dan efektif dalam menghalangi infiltrasi air. Deformasi tanah (Deformed Mesh) berkurang secara signifikan, dan faktor keamanan (Safety Factor) meningkat. Berdasarkan hasil analisis tersebut, kedalaman PVC Composite Geomembrane yang paling optimal adalah 1,5 meter. Berdasarkan hasil penelitian ini, disarankan agar penggunaan PVC Composite Geomembrane dipertimbangkan sebagai solusi efektif dalam penanganan tanah ekspansif pada proyek rekonstruksi jalan, terutama pada kondisi tanah dengan potensi pengembangan dan keaktifan yang sangat tinggi. Untuk mendapatkan hasil yang optimal, kedalaman geomembran sebaiknya ditetapkan pada 1,5 meter, karena pada kedalaman ini terbukti mampu menstabilkan kadar air tanah dan mengurangi potensi kerusakan akibat ekspansi dan penyusutan tanah. Selain itu, pengujian geoteknik yang komprehensif, termasuk analisis mineral lempung dan pengujian indeks plastisitas, sangat penting dilakukan pada tahap perencanaan untuk memastikan pemilihan metode penanganan yang tepat dan menghindari kegagalan konstruksi yang berbiaya tinggi. Peneliti juga menyarankan agar penggunaan geomembran ini diterapkan pada jalan eksisting tanpa membongkar perkerasan lama, sehingga dapat menghemat waktu dan biaya, serta mengurangi dampak terhadap lalu lintas selama proses rekonstruksi.

REFERENSI

- Abdullah, M. H. (2021). *Analisis Daya Dukung Tanah Terhadap Kerusakan Jalan di Desa Bulutigo Kecamatan Laren Kabupaten Lamongan*. Universitas Islam Lamongan.
- Agate, E. E., Timothy, N., Nathaniel, A. O., & Ngassam, I. (2024). Performance of expansive soil stabilized with bamboo charcoal, quarry dust, and lime for use as road subgrade material. *arXiv*. <https://arxiv.org/abs/2403.06669>
- Alam, H. Al. (2023). *Pemanfaatan Limbah Spent Bleaching Earth Pada Stabilisasi Tanah–Kapur Untuk Lapisan Fondasi Badan Jalan Ditinjau Terhadap Karakteristik Kembang Susut*. Universitas Tanjungpura.
- Amakye, S. Y. (2021). Understanding the performance of expansive subgrade materials and

- their shrink–swell behaviour. *Case Studies in Construction Materials*, 15, e00819. <https://doi.org/10.1016/j.cscm.2021.e00819>
- Boway, F. C., Riogilang, H., & Mandagi, A. T. (2022). Analisis kuat geser tanah lempung ekspansif dengan perkuatan geomembrane. *Tekno*.
- Correia, N. S., Kumar, V. V., & Zornberg, J. G. (2023). Mitigation of cracks in flexible pavements with expansive subgrade using geosynthetics: A case study in Austin, Texas. *Geotextiles and Geomembranes*, 51(6), 665–678. <https://doi.org/10.1016/j.geotexmem.2023.103041>
- Departemen Pekerjaan Umum. (2005). *Penanganan tanah ekspansif untuk konstruksi jalan* (Pedoman Kontruksi dan Bangunan Pd T-10-2005-B).
- Dessouky, S., Little, D. N., & Scullion, T. (2020). Stabilization methods for expansive subgrades: Mechanical, chemical, and geosynthetic approaches. *Transportation Research Record*, 2674(10), 452–463. <https://doi.org/10.1177/0361198120930162>
- Ghazali, M., Hijah, S. N., & Evayanti, R. (2021). Analisa penggunaan PVC komposit geomembran pada tanah ekspansif. *Universitas Islam Al Azhar*.
- Lees, A. (2021, September 30). What are expansive clay soils? *Tensar International*. <https://www.tensar.co.uk/insights/what-are-expansive-clay-soils>
- Liu, M. (2025). Improving expansive soil subgrade using sustainable polymer-based admixture (Renolith) as binder. *Transportation Geotechnics*, 46, 101359. <https://doi.org/10.1016/j.trgeo.2025.101359>
- Pavement.com.au. (2025, March 27). How expansive soils subgrades affect pavement durability. *Pavement Management Services*. <https://www.pavement.com.au/news/how-expansive-soils-subgrades-affect-pavement-durability>
- Peni, D., Indrawati, E., & Hadijah, H. (2023). Analisis Kualitas Garam Teknik Geomembran Di Desa Kolaka Kecamatan Tanjung Bunga Kabupaten Flores Timur, Nusa Tenggara Timur. *Journal of Aquaculture and Environment*, 6(1), 7–10.
- Pusat Penelitian dan Pengembangan Jalan dan Jembatan. (1999). *Pengembangan teknologi penanggulangan tanah ekspansif dengan horizontal barrier* (Pedoman Kontruksi dan Bangunan).
- Pusat Penelitian dan Pengembangan Jalan dan Jembatan. (2014). *Teknologi penghalang kelembaban vertikal untuk penanganan kerusakan jalan di atas tanah ekspansif* (Pedoman Kontruksi dan Bangunan).
- Suherman, M. (2005). Potensi sifat ekspansif tanah kelepungan. *Jurnal Jalan Jembatan*. Kementerian Pekerjaan Umum.
- Surjandari, N. S., Fitri, S. N., Djarwanti, N., Purwana, Y. M., Setiawan, B., Indrabaskara, R. H. D. H., & Prakosa, B. B. (2021). *Kajian Potensi Kembang Susut Tanah Ekspansif Di Beberapa Wilayah Solo Raya*.