



Seminar Nasional Keinsinyuran (SNIP)

Alamat Prosiding: snip.eng.unila.ac.id



Penggunaan Geotextile Non Woven Pada Perencanaan Teknis dan Peningkatan Jalan Penunangan – Unit VI

Basuki Murdoko* Ika Kustiani^b Sri Waluyo^c

^a Program Studi Program Profesi Insinyur, Universitas Lampung, Jln. Prof. Soemantri Brojonegoro 35145

^b Jurusan Teknik Sipil Universitas Lampung, Jln. Prof. Soemantri Brojonegoro 35145

^c Jurusan Teknik Pertanian, Universitas Lampung, Jln. Prof. Soemantri Brojonegoro 35145

INFORMASI ARTIKEL

ABSTRAK

Riwayat artikel:

Masuk : 10 Agustus 2023

Diterima : 10 September 2023

Kata kunci:

Geotekstile

Nonwoven

Penunangan

Unit VI

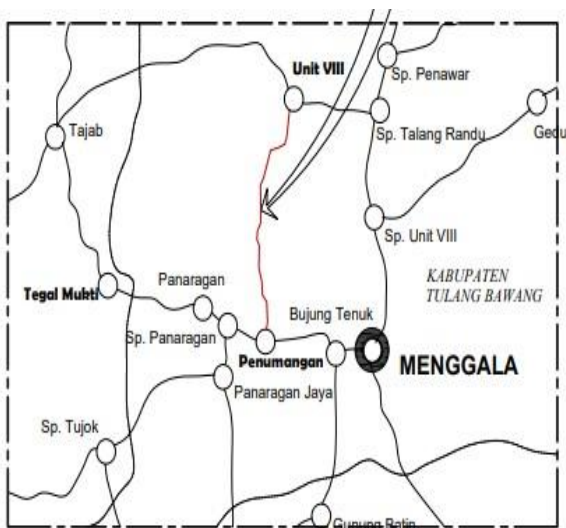
Kondisi tanah dasar yang sebagian terendam air rawa memerlukan penanganan agar pekerjaan peningkatan jalan tersebut nantinya tetap terjaga kualitasnya. Salah satu alternatifnya adalah dengan penggunaan *geotextile non woven* yang berfungsi sebagai sparator antara 2 (dua) lapisan material yang berbeda propertiesnya sehingga tidak tercampur. Hasil uji terhadap sampel tanah yang dilakukan pada Ruas Penunangan – Unit VI menunjukkan bahwa tanah dasar atau subgrade merupakan tanah yang kurang baik dimana kandungan partikel lempung yang memiliki kembang susut tinggi sangat dominan yaitu lebih dari 65%, hal ini juga menjadikan kadar air optimum yang didapat berada pada kisaran 32% dengan berat kering maksimum sekitar 1.27 gr/cm³. Kondisi ini juga terlihat dari nilai CBR tanpa rendaman sebesar 8% dan CBR dengan rendaman lebih kurang 3%. Pada pemodelan menggunakan Program PLAXIS sebelum diberi perkuatan geosintetis menunjukkan bahwa terjadi deformasi pada embankment sebesar 209.93 x 10⁻⁴ meter dan terjadi *pumping effect*. Namun setelah diberikan perlakuan perkuatan pada embankment total displacement yang timbul sangat kecil yaitu sebesar 185.05x10⁻⁶ meter.

* murdokobasuki@gmail.com

1. Pendahuluan

1.1 Latar Belakang

Paket Perencanaan Peningkatan Jalan Panumangan – Unit VI merupakan salah satu paket pekerjaan pada Dinas Bina Marga dan Bina Konstruksi Pemerintah Provinsi Lampung. Lokasi pekerjaan dimulai dari STA 9+700 sampai dengan STA 16+930 dimulai dari Simpang Empat Pagar Dewa menuju Simpang Pagar Jaya. Pekerjaan ini meliputi pekerjaan pelebaran bahu jalan masing – masing 1 meter di sisi kanan dan kiri, serta peninggian badan jalan di 11+637 sampai dengan 12+850. Sesuai dengan hasil studi pendahuluan dan hasil uji tanah maka perencanaan konstruksi lapisan badan jalan menggunakan geotextile nonwoven, serta menggunakan material timbunan pilihan, Lapis Pondasi Agregat Kelas B dan Lapis Pondasi Agregat Kelas A sebagai material pekerjaan pelebaran jalan. Pekerjaan pelebaran ini dilaksanakan di atas tanah lempung. Pekerjaan pelebaran badan jalannya menggunakan material yang sifat properties nya lebih baik dibandingkan tanah dasar. Untuk mendukung hal ini, maka digunakanlah geotextile nonwoven yang dapat berfungsi sebagai separator agar tanah dasar tidak bercampur dengan material perkerasan tambahan diatasnya. Dengan penggunaan *geotextile nonwoven* ini, diharapkan tidak terjadi *pumping effect* yang akan mudah merusak perkerasan jalan.

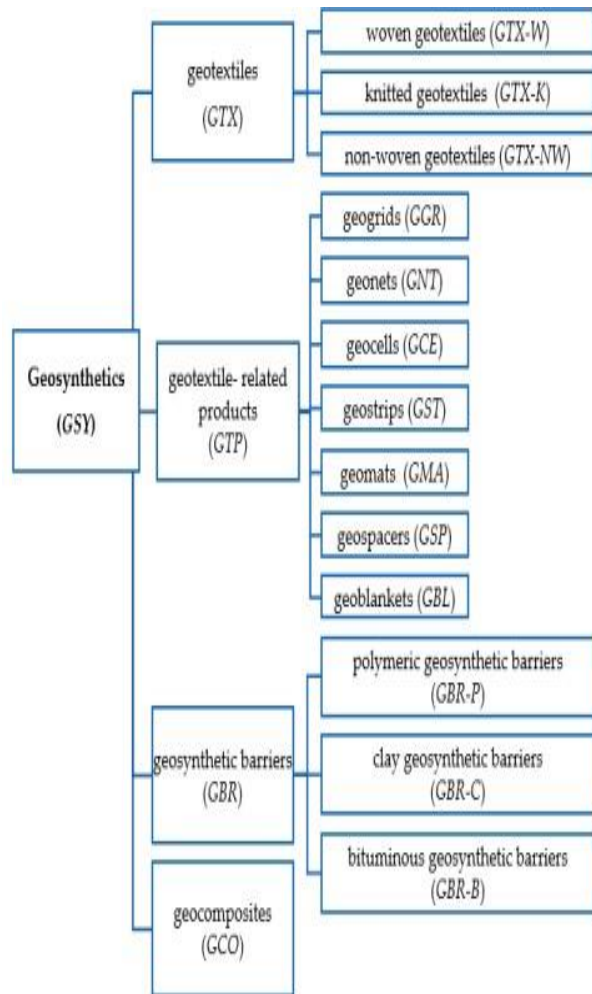


Gambar 1. Lokasi pekerjaan yang direncanakan

1.2 Kajian Pustaka

1.2.1. Jenis – Jenis Geosintetis

Geotekstil adalah suatu grup material yang memiliki kinerja tinggi dan dibutuhkan untuk membantu dalam bidang infrastruktur, tanah, konstruksi, pertanian dan aplikasi lainnya. Saat ini, stabilisasi tanah di area gersang atau di bantaran sungai maupun pinggir laut (area pasang surut dan infrastruktur pelabuhan); perkuatan di dalam tanah pada infrastruktur sipil atau filtrasi dampak air di lahan pertanian dan perlindungan banjir, stabilisasi lereng dan drainase maupun perkuatan landasan udara di bawah lapisan aspal, geotekstil berhasil berkinerja baik pada rekayasa sipil dan pertanian, dan kedepannya akan menambah penerapannya di sektor lain. Geotekstil terdiri atas dua jenis yaitu yang berasal dari serat fiber alami seperti rami dan sabut maupun dari serat fiber sintetis (Tanasa dkk, 2022)



Gambar 1. Tipe - tipe Geosintetis (Markeiwicz dkk, 2002)

Geosintetis adalah geotekstil yang terbuat dari termoplastic yaitu polyolefin seperti polypropylene (PP) atau polyester. Material ini bukan hanya mudah dalam penggunaan namun juga hemat, dimana dengan keserbagunaan dan kinerjanya yang baik, membuat materialnya cocok untuk banyak aplikasi enjinereng. Berdasarkan strukturnya, geosintetis dapat dibagi dalam bebrapa kategori antara lain geotekstil, geomembrane, geogrid, dan geocomposite. Geotekstil paling banyak digunakan sebagai filtrasi, drainase, separasi, perlindungan dan perkuatan. Penggunaan geotekstil telah berhasil digunakan pada infrastruktur jalan, kendali erosi, system drainase, kantong limbah dan struktur perlindungan batuan dan tanah. Seperti halnya material plastik lainnya, geotekstil rentan terhadap degradasi pada semua tahap termasuk manufaktur, penyimpanan, fase instalasi dan layanan. Sifat material ini memiliki resitensi yang tinggi terhadap bahan kimia dan biologis tetapi ditengarai masih rentan terhadap radiasi matahari, radiasi ultraviolet dan agen degradasi luar ruangan seperti panas, oksigen dan kelembaban (Carneiro dkk, 2022).

Geotekstil dibagi berdasarkan metode yang digunakan untuk menggabungkan filamen atau pita menjadi struktur lembaran sebagai berikut:

- 1) **Woven**, merupakan material geosintesis yang dianyam atau ditenun klasik dengan jala terbuka baik ukuran maupun distribusinya tergantung dengan keketatan tenunannya. Geotekstil woven memberikan tegangan tarik dan modulus yang tinggi namun memiliki dimensi stabilitas yang kurang baik dan resisten terhadap aberasi (Tanasa dkk, 2022). Geotekstil woven diproduksi dengan memintal dua

benang, filamen atau bahan lainnya menggunakan mesin penenun (Markiewicz dkk, 2022).

- 2) **Nonwoven**, merupakan geotekstil yang menyerupai tikar dan dibuat dengan berbagai formulasi dan tata ruang, memberikan regangan dan permeabilitas yang tinggi sehingga dengan fitur ini memiliki kemampuan tahan terhadap kerusakan akibat pemanjangan setempat meskipun kuat tariknya rendah (Tanasa dkk, 2022). Geotekstil nonwoven diproduksi dari fiber, filamen atau elemen lainnya dengan menggunakan jarum tusuk baik terarah maupun dengan orientasi yang acak, diikat dengan peleburan Sebagian atau menggunakan pengikat kimiawi (Markeiwicz dkk, 2022).
- 3) **Knitted**, terdiri atas dua jenis yaitu warp-knitted dan weft knitted, kain ini memiliki arsitektur tiga dimensi secara multiaksial, memiliki kekuatan di dalam dan di luar bidang. Penggunaan geotekstil jenis ini baru mewakili 5% yang digunakan saat ini. Namun, permintaan untuk geotekstil rajut ini meningkat karena sifat mekanisnya (Tanasa dkk, 2002). Geotekstil rajut ini diproduksi dari dua atau lebih benang, filamen atau elemen lainnya yang saling tumpang tindih menggunakan mesin dan bukan alat tenun (Markeiwicz dkk, 2022).

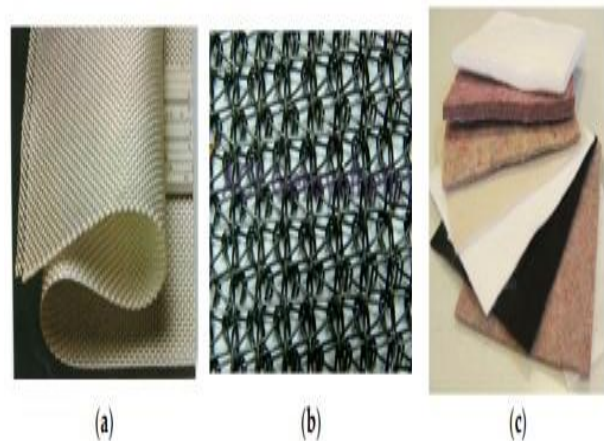
1.2.2. Fungsi Geosintetis

Geosintetis dibuat untuk memenuhi beragam kebutuhan pada proyek teknik sipil. Beberapa pilihan geosintetis untuk pekerjaan struktur sipil tergantung pada fungsi kinerja geosintetis itu sendiri. Berikut beberapa fungsi geosintetis yang dipergunakan di pekerjaan struktur sipil:

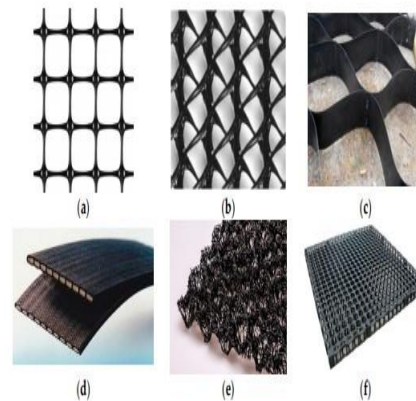
- 1) **Perkuatan**: penggunaan perilaku tegangan dan regangan material geosintetis untuk memperbaiki sifat mekanis tanah atau material konstruksi lainnya.
- 2) **Stabilisasi**: memperbaiki perilaku mekanis material berbutir lepas termasuk satu atau lebih lapisan geosintetis yang mengalami deformasi akibat pembebanan dengan mengurangi pergerakan material butiran lepas.
- 3) **Pengendali erosi Permukaan**: penggunaan material geosintetis untuk mencegah atau membatasi pergerakan tanah atau partikel lain pada permukaan seperti pada lereng.
- 4) **Filtrasi**: menahan aliran tanah yang tidak terkendali atau partikel lain yang mengalami gaya hidrodinamik sementara mengijinkan aliran fluida ke dalam atau melintasi material geosintetis.
- 5) **Drainase**: mengumpulkan dan mengalirkan curah hujan, air tanah dan atau fluida lainnya ke dalam bahan geosintetis.
- 6) **Barrier**: penggunaan gesintetis untuk mencegah perpindahan fluida.
- 7) **Perlindungan**: mencegah atau membatasi kerusakan local pada elemen atau material tertentu.
- 8) **Pelepas tekanan**: memperlambat perkembangan retak dengan menyerap tegangan yang timbul dari kerusakan perkerasan.

Tabel 1. Geosintetis dan fungsi utamanya (Markeiwicz dkk, 2022)

Fungsi	Geosintetis
Filtration	Geotextiles, geocomposites
Drainage	Geotextiles, geonets, geocomposites
Reinforcement	Geotextiles, geogrid, geocomposites
Separation	Geotextiles, geocomposite
Barrier	Geomembranes, geosynthetic clay liners, geocomposites
Protection	Geotextiles, geocomposites
Containment	Geobags, Geotubes
Stabilisation	Geogrids, geocells



Gambar 2. C contoh geotekstil; (a) geotekstil woven; (b) geotekstil knitted; (c) geotekstil nonwoven (Markeiwicz dkk, 2022).



Gambar 3. Varian produk geosintetis; (a) geogrid; (b) geonet; (c) geocell; (d) geostrip; (e) geomet; (f) geospacer (Markeiwicz dkk, 2022)

1.2.3. Sifat Geosintetis

Geosintetik mencakup bermacam-macam material, penggunaan, dan lingkungan. Evaluasi sifat-sifat geosintetik penting sekali untuk memastikan bahwa geosintetik tersebut akan memberikan kinerja yang mencukupi sesuai dengan fungsi yang diinginkan pada saat

digunakan di lapangan. Mungkin tidak seluruh sifat-sifat geosintetik penting untuk tiap-tiap penerapan geosintetik. Sifat-sifat dan karakteristik geosintetik yang diperlukan bergantung pada penggunaan dan fungsi yang diharapkan pada penerapan tertentu. (Direktorat Bina Teknik, 2023).

1) Sifat-sifat fisik

Sifat-sifat fisik geosintetik yang perlu diketahui adalah berat jenis, massa per satuan luas, ketebalan dan kekakuan. Sifat-sifat tersebut disebut sifat indeks geosintetik. Khusus untuk geonet dan geogrid, terdapat sifat-sifat fisik lainnya yang penting, yaitu jenis struktur, jenis persilangan, ukuran bukaan (aperture) dan bentuk, dimensi rib dan sudut planar yang dibentuk oleh rib-rib yang bersilangan. Sifat-sifat fisik geosintetik lebih dipengaruhi oleh suhu dan kelembaban dibandingkan dengan tanah dan batuan. Oleh karena itu untuk mendapatkan hasil yang konsisten pada saat pengujian di laboratorium, dibutuhkan pengendalian suhu dan kelembaban selama pengujian.

- Berat Jenis merupakan sifat yang penting karena sifat ini dapat membantu dalam mengidentifikasi jenis polimer dasar geosintetik.
- Massa per satuan luas geosintetik berguna untuk memberikan indikasi tentang harga dan sifat-sifat lainnya seperti kuat tarik, kuat robek, kuat tusuk dan sebagainya. Nilai massa per satuan luas juga dapat digunakan untuk uji kendali mutu terhadap bahan geosintetik yang dikirimkan ke lapangan jika dipersyaratkan dalam spesifikasi
- Ketebalan geosintetik merupakan sifat dasar yang digunakan untuk kendali mutu geosintetik. Tebal geosintetik biasanya tidak dicantumkan dalam spesifikasi geotekstil kecuali untuk geotekstil tak-teranyam yang tebal. Akan tetapi tebal geosintetik harus dicantumkan untuk spesifikasi geomembran. Tebal geosintetik juga diperlukan untuk menghitung parameter lainnya seperti permeabilitas sejajar bidang geotekstil dan permeabilitas tegak lurus bidang geotekstil (daya tembus air).
- Kekakuan geosintetik menyatakan kemampuan geosintetik untuk menahan lendutan akibat beban sendiri. Sifat kekakuan mengindikasikan kelayakan geosintetik untuk memberikan permukaan/bidang kerja yang sesuai untuk pelaksanaan konstruksi. Daya bertahan (*survivability*) atau kemudahan pelaksanaan (*workability/constructability*) geosintetik didefinisikan sebagai kemampuan geosintetik untuk mendukung/menahan personil lapangan yang sedang bekerja pada saat belum diberi material penutup dan mendukung/menahan peralatan konstruksi selama tahap awal penghamparan material penutup. Daya bertahan geosintetik bergantung pada kekakuan geosintetik dan faktor lainnya, misalnya daya serap terhadap air dan daya apung. Geotekstil atau geogrid yang mempunyai kekakuan tinggi sangat cocok digunakan pada saat melakukan konstruksi di atas tanah yang sangat lunak.

2). Sifat Mekanis

Sifat-sifat mekanik merupakan sifat penting untuk geosintetik yang digunakan untuk menahan kerusakan saat pemasangan dan menahan beban. Sifat mekanik yang penting untuk penggunaannya sebagai separator dan stabilisator pada konstruksi jalan yang berhubungan ketahanan geosintetik pada saat pemasangan di lapangan adalah sebagai berikut:

- Kuat tarik (*tensile strength*) adalah tahanan maksimum geosintetik terhadap deformasi yang disebabkan oleh tarikan yang akibat dari gaya luar. Seluruh aplikasi geosintetik bergantung pada sifat mekanik ini baik sebagai fungsi primer maupun fungsi sekunder.
- Kuat grab (*grab strength*) adalah salah satu jenis kuat tarik geosintetik. Uji kuat (tarik) grab dilakukan untuk mensimulasikan kondisi lapangan
- Kuat sobek (*tear strength*) adalah kemampuan geosintetik untuk menahan tegangan yang menyebabkan terjadinya penambahan panjang sobekan dari sobekan yang sudah ada. Biasanya hal ini terjadi saat pemasangan.
- Kuat sambungan (*seam strength*) adalah tahanan tarik maksimum (kN/m) dari sambungan dua lembar geosintetik. Kuat tarik sambungan biasanya dinyatakan dengan efisiensi sambungan (E)
- Kuat tusuk (*puncture strength*) adalah kemampuan geosintetik menahan tegangan lokal yang diakibatkan oleh tusukan benda seperti batu dan akar tanaman.

3). Sifat Hidrolis

Sifat-sifat hidrolik geosintetik sangat berpengaruh terhadap kemampuan geosintetik dalam mengalirkan zat cair. Sifat-sifat hidrolik geosintetik yang penting untuk penggunaannya sebagai separator dan stabilisator pada konstruksi jalan adalah ukuran pori-pori (apparent opening size, AOS) dan daya tembus air (permeabilitas, permeability)

- Ukuran pori-pori geotekstil adalah suatu sifat yang mengindikasikan perkiraan partikel terbesar yang akan secara efektif melewati geotekstil.
- Permeabilitas adalah kemampuan geosintetik untuk mengalirkan zat cair (Direktorat Bina Teknik, 2023).

1.2.4. Penggunaan Geosintetis pada Konstruksi Jalan

Suatu tanah timbunan dengan kondisi yang lunak dapat menyebabkan berbagai masalah seperti stabilitas, penurunan, pergerakan mendatar, keruntuhan lereng dan lain – lain. Penyebab dari permasalahan ini dikarenakan tanah lunak memiliki kompreibilitas besar serta kuat geser dan permeabilitas yang kecil. Permeabilitas yang kecil dapat membuat proses konsolidasi menjadi lebih lama (Engka J.Y dkk, 2013)

Jalan seringkali harus dibangun di atas tanah dasar yang lunak dan mudah mampat. Sehingga, dalam prakteknya, perlu dilakukan pendistribusian beban lalu lintas untuk mengurangi pembebanan terhadap tanah dasar. Hal ini, umumnya, dilakukan dengan memasang satu lapisan agregat di atas tanah dasar. Lapisan ini harus mempunyai sifat mekanis yang baik dan cukup tebal. Interaksi jangka panjang antara butiran halus tanah dasar dan lapis agregat, akibat pembebanan dinamis, mungkin menyebabkan pemompaan butiran halus tanah dasar ke dalam lapisan agregat dan penetrasi material lapis agregat ke dalam lapisan tanah dasar sehingga menimbulkan deformasi permanen dan pada akhirnya terjadi keruntuhan.

Berdasarkan jenis perkuatan lapis permukaannya, jalan dapat dibedakan menjadi jalan tanpa perkerasan (*unpaved roads*) dan jalan dengan perkerasan (*paved roads*). Jalan tanpa perkerasan adalah jalan yang tidak diberi lapis penutup yang bersifat permanen (yaitu beton aspal (asphalt concrete, AC) atau beton semen (*cement concrete*)). Jalan tanpa perkerasan, umumnya, terdiri dari

satu lapis batu pecah atau kerikil (agregat) yang langsung dihindarkan di atas tanah dasar (*subgrade*). Lapis agregat ini berfungsi sebagai lapis pondasi dan sekaligus sebagai lapis aus. Material sirtu paling banyak digunakan sebagai lapis penutup untuk meningkatkan kenyamanan berkendara. Jalan tanpa perkerasan dapat digunakan sebagai jalan sementara atau jalan permanen

Jika jalan diberi lapis penutup yang keras dan bersifat permanen, jalan tersebut dinamakan sebagai jalan dengan perkerasan (atau perkerasan). Jalan dengan perkerasan, pada kebanyakan kasus, digunakan sebagai jalan permanen yang biasanya tetap digunakan selama 10 tahun atau lebih.

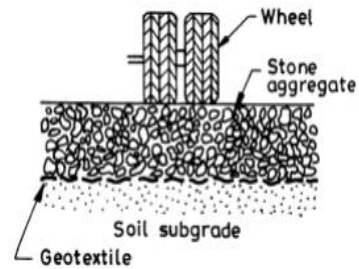
Konstruksi jalan merupakan salah satu bidang yang paling awal menggunakan geosintetik. Penggunaan geotekstil dan geogrid yang berfungsi sebagai separator atau stabilisator pada jalan tanpa perkerasan dan jalan dengan perkerasan, dilaporkan banyak mengalami kesuksesan

Kegagalan perkerasan mengacu pada hilangnya integritas atau kinerja fungsi permukaan jalan. Terdapat beberapa mekanisme yang berbeda yang dapat berkontribusi terhadap kegagalan perkerasan, termasuk beban kendaraan yang berlebih, pelapukan dan paparan unsur lingkungan seperti kelembaban dan perubahan temperature, kelelahan material akibat beban yang berulang, dan umur struktur perkerasan. Peningkatan kekakuan dari stabilisasi tanah akan bertindak sebagai platform yang mengakibatkan dasar tanah yang tidak distabilisasi menerima besaran yang lebih rendah dari lalu lintas dan beban perkerasan. Dengan demikian akan menurunkan beban vertikal tertinggi pada lapisan atas tanah dasar atau subgrade. Penggunaan perkuatan geosintetis dapat menyediakan solusi alternatif untuk perlakuan tanah. Stabilisasi akan meringankan masalah perkuatan struktur di atas. Geosintetis dapat memberikan banyak keuntungan ekonomis untuk pekerjaan perkerasan melalui peningkatan kecepatan konstruksi dan memperpanjang masa pakai dalam jangka panjang (Abu – Farsakh dkk, 2022).

1) Jalan tanpa perkerasan

Geosintetik, terutama geotekstil dan geogrid, telah digunakan secara luas pada jalan tanpa perkerasan dengan tujuan agar biaya konstruksi lebih ekonomis. Hal ini dapat dilakukan dengan mengurangi ketebalan lapis pondasi agregat dan memperbaiki kinerja teknis serta memperpanjang umur layan jalan. Lapis geosintetik, umumnya, dipasang pada antar muka lapis pondasi agregat dan tanah dasar

Perkuatan dan separator merupakan dua fungsi utama yang diberikan oleh lapisan geosintetik. Jika tanah dasarnya lunak (nilai CBR rendamannya rendah) contohnya: nilai CBR rendamannya < 1 , maka perkuatan akan menjadi fungsi utama. Hal ini karena kuat tarik geosintetik termobilisasi oleh besarnya deformasi, yaitu alur yang dalam, misalnya 75 mm, pada tanah dasar



(Sumber: Direktorat Bina Teknik, 2023)

Gambar 4. Tipikal penampang melintang jalan tanpa perkerasan yang diperkuat dengan geotekstil

Tabel 2. Fungsi utama lapis geosintetik pada konstruksi jalan tanpa perkerasan berdasarkan nilai CBR (rendaman) lapangan (Direktorat Bina Teknik, 2023)

Kuat Geser Undrained (kPa)	CBR Tanah Dasar	Fungsi
90 >	> 3	Separator
60 – 90	2 - 3	Penyaringan dan kemungkinan separator
30 – 60	1 - 2	Penyaringan, separator, dan kemungkinan perkuatan
< 30	< 1	Semua fungsi, termasuk perkuatan

Geosintetik yang digunakan di atas tanah dasar dengan nilai CBR rendaman > 3 , fungsi perkuatannya akan menjadi tidak berarti dan pada kasus yang seperti ini fungsi utamanya akan khas sebagai separator. Untuk tanah dasar yang mempunyai nilai CBR rendaman 1– 3, geosintetik akan berfungsi sebagai separator, filter, dan perkuatan. Fungsi geosintetik yang seperti ini dinamakan sebagai fungsi stabilisator.

2) Jalan dengan perkerasan

Prinsip-prinsip metode perencanaan dan teknik pelaksanaan konstruksi telah mengalami beberapa perubahan, tetapi perkembangan geosintetik pada empat dekade terakhir telah menyediakan strategi untuk meningkatkan keseluruhan kinerja perkerasan jalan. Pemerintah di kebanyakan negara mencurahkan waktu dan sumber daya pada pembangunan, pemeliharaan, dan perbaikan jalan. Upaya juga sedang dilakukan untuk menerapkan teknologi baru terhadap permasalahan perkerasan lama.

a) Lapis geosintetik pada permukaan tanah dasar (Separator).

Lapis geosintetik digunakan pada struktur perkerasan jalan biasanya pada antarmuka lapis pondasi agregat dan tanah dasar yang lunak selama tahapan awal konstruksi jalan, sebagai lapisan stabilisator, agar kendaraan dan peralatan konstruksi dapat masuk ke lokasi pekerjaan yang memiliki tanah dasar yang lunak, dan agar dapat melakukan pemadatan yang tepat pada beberapa lapis pertama penghamparan agregat. Pada kasus lapis pondasi agregat yang lebih tebal, lapisan geosintetik dapat ditempatkan dalam lapisan pondasi tersebut, terutama dekat tengah-tengah lapisan, untuk memperoleh efek

yang maksimum. Adanya lapis geosintetik pada lapis antarmuka lapis pondasi agregat dan tanah dasar yang lunak memperbaiki keseluruhan kinerja struktur perkerasan jalan, dengan masa layan yang panjang, karena fungsinya sebagai pemisah (*separator*), filter, drainase, dan kekuatan

Pada saat pelaksanaan konstruksi dan selama pengoperasian pada masa layan perkerasan jalan, kontaminasi lapis pondasi agregat oleh material berbutir halus dari tanah dasar yang lunak yang berada di bawahnya mengakibatkan perkembangan kerusakan perkerasan dalam bentuk penurunan struktural (kehilangan kapasitas daya dukung terhadap beban kendaraan) atau penurunan fungsional (berkembangnya kondisi, misalnya permukaan perkerasan menjadi tidak rata dan retak-retak, alur yang berlebih, lubang, dsb., menyebabkan ketidaknyamanan) yang menghasilkan kerusakan dini pada perkerasan. Hal ini terutama karena pengurangan ketebalan efektif lapis pondasi agregat, oleh kontaminasi, hingga suatu nilai yang lebih kecil dari nilai desain yang telah ditetapkan. Permasalahan ini dapat berhenti terjadi jika terdapat lapis geosintetik pada antar muka lapis pondasi agregat dan tanah dasar yang lunak karena fungsinya sebagai separator dan/atau filter.

Penggunaan lapis geosintetik juga membantu meningkatkan sifat-sifat struktural dan mengendalikan alur perkerasan melalui fungsi perkuatannya. Perlu diperhatikan bahwa mekanisme kekuatan yang utama dari geosintetik pada perkerasan jalan dengan perkerasan adalah pengaruh pengekatannya (*confinement effect*), bukan pengaruh membrannya (*membran effect*), sebagaimana yang berlaku pada jalan tanpa perkerasan yang mengijinkan alur yang besar. Pengekangan lateral yang disediakan oleh lapis geosintetik menahan kecenderungan lapis pondasi agregat untuk bergeser di bawah beban lalu lintas yang bekerja pada lapis asubeton aspal (AC-WC). Pada kasus perkerasan di atas tanah dasar yang teguh (*firm subgrade soils*), pemberian prategang pada geosintetik secara eksternal dapat secara signifikan meningkatkan pengekangan lateral terhadap lapis pondasi agregat.

- b) Lapis geosintetik pada permukaan lapis pondasi yang diberi lapis tambah (*overlay*).

Konstruksi lapis tambah berupa lapisan beraspal merupakan cara yang paling umum dilakukan terutama untuk menyediakan aspek kedap air dan perawatan untuk menghambat retak pada perkerasan. Ketebalan minimum lapis tambah beton aspal mungkin diperlukan untuk menyediakan tambahan dukungan terhadap perkerasan yang mengalami penurunan kapasitas strukturalnya. Lapis tambah beton aspal sekurang-kurangnya setebal 25 mm dan ditempatkan di atas permukaan perkerasan yang mengalami kerusakan. Pemberian lapis tambah secara ekonomis adalah praktis, nyaman, dan efektif.

Retakan di bawah lapis tambah dengan cepat merambat melalui lapis permukaan yang baru. Gejala ini dinamakan retak reflektif, yang merupakan kerugian utama dari pemberian lapis tambah beton aspal. Karena lapis tambah beton aspal di lain pihak merupakan pilihan yang sangat baik, penelitian dan pengembangan telah difokuskan untuk mencegah terjadinya retakan reflektif. Cara yang paling baku untuk memperlambat retak reflektif adalah menambah tebal lapis tambah. Pada umumnya, jika tebal lapis tambah meningkat, ketahanannya terhadap retak reflektif akan meningkat. Akan tetapi, batas atas (*upper limit*) tebal lapis tambah sangat dikendalikan oleh biaya aspal dan bertambahnya ketinggian struktur perkerasan.

Lapis geosintetik digunakan di bawah lapis tambah beton aspal, yang ketebalannya bervariasi mulai dari 25 mm hingga 100 mm, perkerasan lentur atau perkerasan kaku. Lapis geotekstil umumnya dikombinasikan dengan asphalt sealant atau lapis

perekat untuk membentuk suatu membrane interlayer system yang dikenal sebagai paving fabric interlayer.

1.2.5. Ketentuan penyambungan geotekstil

Penyambungan geotextile diperlukan untuk suatu aplikasi kekuatan yang memerlukan kekuatan menerus tanpa terputus. Teknik penyambungan yang paling banyak digunakan dan efisien untuk geotextile adalah teknik tumpang tindih dan penjahitan.

1) Teknik tumpang tindih

Menurut Pedoman Perencanaan dan Pelaksanaan kekuatan tanah dengan geosintetik No. 003/BM/2009 yang dikeluarkan oleh Direktur Jenderal Bina Marga Departemen Pekerjaan Umum, lebar tumpang tindih minimum direkomendasikan sebesar 0,3 m, walaupun syarat tersebut dapat lebih besar untuk lokasi-lokasi khusus dan persyaratan konstruksi yang berbeda. Sedangkan berdasarkan Spesifikasi Umum 2010 (Revisi 3) dari Direktur Jenderal Bina Marga Departemen Pekerjaan Umum, ketentuan tumpang tindih untuk geotextile dilaksanakan berdasarkan nilai CBR tanah dasarnya.

Tabel 3. Ketentuan tumpang tindih (*overlap*) (Kumala T.D, 2018)

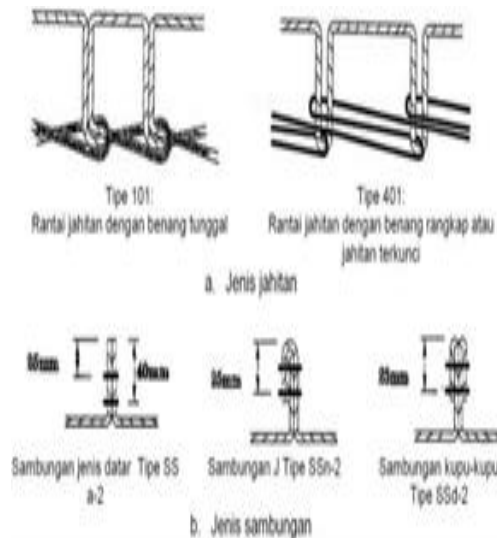
Nilai CBR Tanah	Tumpang Tindih Minimum
>3	300 – 450 mm
1 – 3	0,6 – 1,0 m
0,5 – 1	1 m atau dijahit
Kurang dari 0,5	Dijahit
Semua ujung gulungan	1 m atau dijahit

2) Teknik Penjahitan untuk geotextile

Berdasarkan Pedoman Perencanaan dan Pelaksanaan kekuatan tanah dengan geosintetik No. 003/BM/2009 yang dikeluarkan oleh Direktur Jenderal Bina Marga Departemen Pekerjaan Umum, Hal-hal yang perlu diperhatikan dalam pelaksanaan penjahitan geotextile ini adalah :

- Jenis benang
Bahan dasar benang berdasarkan urutan kekuatan dan harga tertinggi adalah polietilena, polyester, atau polipropilena. Durabilitas benang harus sesuai dengan persyaratan proyek.
- Tegangan benang
Pada aplikasi di lapangan, benang sebaiknya ditegangkan dengan cukup kencang tetapi tidak sampai merobek geotextile
- Kerapihan jahitan
Biasanya digunakan 200 jahitan sampai 400 jahitan per meter untuk jenis geotextile ringan dan hanya 150 hingga 200 jahitan untuk geotextile yang lebih berat.
- Jenis jahitan
 - Type 101, dengan rantai jahitan tali tunggal.
 - Type 401, dengan rantai jahitan tali rangkap atau terkunci untuk menghindari lepasnya jahitan. (lihat Gambar 5)
- Jumlah baris
Dua baris atau lebih dan sejajar untuk meningkatkan keamanan.
- Jenis penyambungan

Sambungan datar type SSa-2, bentuk J tipe SSn-2, dan bentuk kupu – kupu tipe SSD-2 (lihat Gambar 5.b)



(Sumber : Kumala T.D, 2018)

Gambar 5. Jenis-jenis Jahitan dan Sambungan

2. Metodologi

2.1. Persiapan Bahan

Pada proyek Perencanaan Peningkatan Jalan Penunangan – Unit VI ini direncanakan menggunakan geotextile nonwoven merk Bontec dengan tipe NW26 dari Geoforce Indonesia. Beberapa data teknis dari geotextile nonwoven NW26 adalah sebagai berikut :

Tabel 4. Data teknis geotextile nonwoven Bontec NW26 (Kumala, T.D, 2018)

Properties	Unit	Test Method	NW26
Tensile strenght	Kn/m	EN ISO 10319	26
Elongation at break MD	%	EN ISO 10319	75
Elongation at break CD	%	EN ISO 10319	55
CBR Puncture Resistance	N	EN ISO 12236	4350
Permeability	m/s	EN ISO 11058	50x10 ⁻³
Characteristic Opening size	µm	EN ISO 12956	70
Thickness under 2KPa	Mm	EN ISO 9863	2,1
Weight	g/m2	EN 9864	325
Roll width	M		5,25
Roll lenght	m		100

2. 2. Peralatan Pendukung

Pekerjaan Perencanaan Peningkatan Jalan Penunangan – Unit VI dilaksanakan sepanjang 4 km yang mulai STA 11+637 sampai dengan STA 12+850. Pada kegiatan perencanaan ini untuk mendapatkan data parameter tanah dilakukan menggunakan *Dynamic Cone Penetrometer* (DCP) dan kemudian dilakukan pemodelan dengan menggunakan Program PLAXIS 2D versi 8.6.

3. Hasil dan Pembahasan

Dari hasil data survey pengamatan kondisi jalan eksisting disajikan dalam table seperti di bawah ini:

Tabel 5. Data gambaran kondisi ruas jalan (Executive, 2022)

STA	Kondisi Jalan
5+750	Awal Rigid
7+250	Ada rigid yg mulai turun, dilatasi melebar
8+000	Awal Jembatan Wav Kiri Putus Rigid 100 m
9+450	Awal Bundaran Tugu Pagar Dewa
9+550	Akhir Bundaran Awal Rigid
9+700	Akhir Rigid setelah Bundaran Tugu. Awal rusak
10+000	Titik Sampel. perkerasan hilang
11+050	Awal ada aspal, kondisi rusak hingga pondasi
11+300	Jembatan Wav Kanan
11+350	Awal Rekon
11+650	Awal Rusak Parah
12+850	Masuk Perkebunan Karet
14+050	Titik Sampel, perkerasan rusak
15+600	Rusak pondasi
16+950	Jalan mulai baik
19+600	Simpang Pagar Jaya Jalan Aspal spot rusak



(Sumber: Hasil survey)

Gambar 6. Kegiatan DCP test

Penggunaan geotextile nonwoven ini hanya diberlakukan pada titik – titik yang mengalami kerusakan parah dan di daerah yang sering tergenang air di sisi kanan dan kiri jalan, yaitu di STA 9+700 sampai dengan STA 16+930.



(Sumber: Hasil survey)

Gambar 7. Kondisi kerusakan Jalan STA 11+637



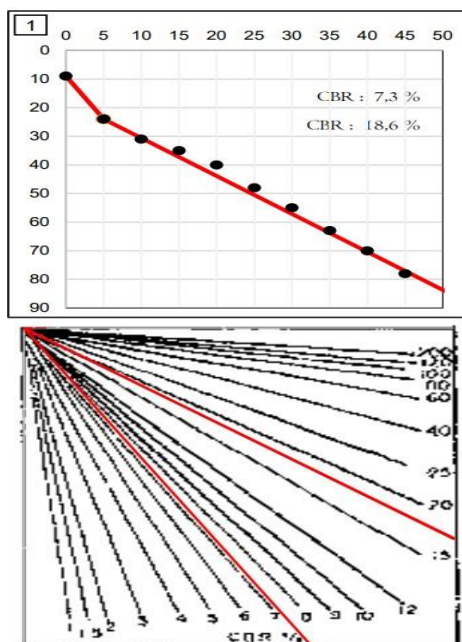
(Sumber: Hasil survey)

Gambar 8. Kondisi kerusakan Jalan STA 11+700



(Sumber: Hasil survey)

Gambar 9. Kondisi kerusakan di STA 12+500



(Sumber: Executive, 2022)

Gambar 10. CBR tanah di lokai kerusakan

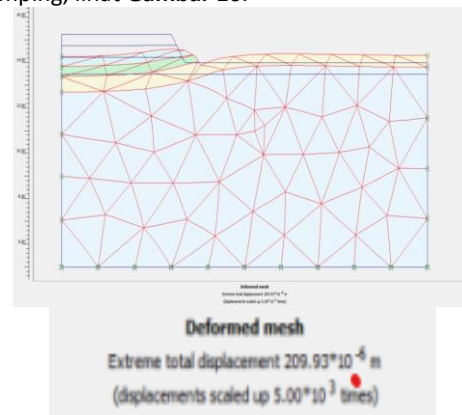
Hasil uji terhadap sampel tanah yang dilakukan pada Ruas Penumangan – Unit 6 menunjukkan bahwa tanah dasar atau subgrade merupakan tanah yang kurang baik dimana kandungan partikel lempung yang memiliki kembang susut tinggi sangat dominan yaitu lebih dari 65%, hal ini juga menjadikan kadar air optimum yang didapat berada pada kisaran 32% dengan berat kering maksimum sekitar 1.27 gr/cm³. Kondisi ini juga terlihat dari nilai CBR tanpa rendaman sebesar 8% dan CBR dengan rendaman lebih kurang 3%.

Berdasar uji sondir atau DCP terlihat bahwa kedalaman tanah keras cukup dalam dan dicurigai adanya lapisan keras yang harus diperhatikan karena bisa menimbulkan terjadinya penurunan.

Walaupun hasil uji ini tidak mewakili seluruh ruas jalan, namun karakteristik geoteknik sedikitnya mampu memberikan gambaran nyata dari kondisi dan perilaku tanah tersebut.

Dalam kesempatan ini dilakukan beberapa pemodelan khususnya pada lokasi - lokasi yang diperkirakan akan memberikan dampak pada saat lalu lintas beroperasi diatas lapis keras yang telah dibangun dengan PLAXIS 2D versi 8.6

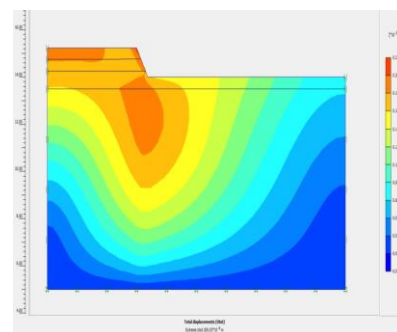
Pada pemodelan *mesh very fine* menunjukkan bahwa terdapat jarak yang tidak rapat antareleman sehingga terjadi deformasi pada embankment sebesar 209.93×10^{-4} meter dan terjadi *pumping effect* sehingga tanah di samping embankment menyembul ke atas dan bergeser ke samping, lihat **Gambar 10**.



(Sumber :Executive, 2022)

Gambar 10. Pemodelan *mesh very fine*

Setelah diberikan perlakuan perkuatan pada embankment total displacement yang timbul sangat kecil yaitu hanya sebesar 185.05×10^{-6} meter dan tidak terjadi *pumping effect* seperti yang terlihat pada **Gambar 12**.

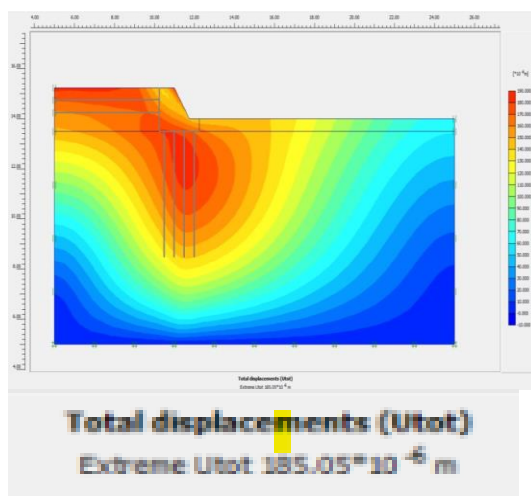


(Sumber :Executive, 2022)

Gambar 11. Output pemodelan PLAXIS pada kondisi embankment sebelum dipasang geotekstil

Dari Hasil pemodelan diatas menunjukkan bahwa potensi deformasi pada tanah cukup potensial sehingga perlu dilakukan beberapa cara penanganan. Tanah dasar yang ada terutama pada STA 11+637 s/d 12+850 perlu diberikan perlindungan samping atau counterfort (berbahan bronjong / talud) yang dilapisi dengan geosintetik guna melindungi tanah bergerak kearah samping terutama pada saat muka air mengalami kenaikan.

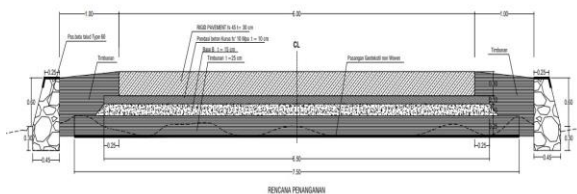
Berdasarkan referensi, dari STA 11+637 s/d 12+850 dengan kondisi tanah seperti telah dijelaskan sebelumnya bisa digunakan jenis lapis keras lentur (*flexible pavement*), namun dengan beberapa pertimbangan teknis (pelaksanaan yang tidak sesuai standar, penurunan temperature hampar karena lokasi yang jauh, pengawasan yang kurang, dll) maka direkomendasikan pada ruas ini untuk dirancang menggunakan lapis keras kaku (*rigid pavement*). Selain itu pengalaman masa lalu dimana pada lokasi ini pernah dilapisi dengan jenis lapis keras lentur.



(Sumber :Executive, 2022)

Gambar 12. Output pemodelan PLAXIS pada kondisi embankment setelah diberikan kekuatan geotekstil

Untuk lokasi STA selanjutnya, permasalahan kerusakan badan jalan atau daya dukung tanah lebih dominan disebabkan oleh tidak adanya saluran drainase di kiri dan kanan jalan sehingga menjadikan bahu jalan sebagai saluran drainase alami. Gerusan air di bahu ini dalam waktu lama mengakibatkan kerusakan badan jalan akibat air masuk ke badan jalan.



Gambar 13. Pola Konstruksi yang direncanakan melalui penyesuaian pelaksanaan di lapangan

4. Kesimpulan

Berdasarkan penggunaan geotextile nonwoven pada proyek Peningkatan Ruas Jalan Penunangan – Unit VI, dapat disimpulkan bahwa :

1. Penggunaan geotextile nonwoven pada tanah lunak berfungsi sebagai separator antara tanah dasar yang lunak dengan material tanah yang propertiesnya lebih baik, sehingga integritas dan tebal rencana struktur jalan dapat dipertahankan.
2. Dalam pelaksanaan geotextile nonwoven, hal yang perlu diperhatikan adalah teknik penyambungan geotextile tersebut. Teknik penjahitan merupakan teknik penyambungan yang paling praktis dan ekonomis untuk diterapkan pada proyek ini.

Referensi

- Abu Farsakh, M; Mehdi Zadehmohamad, G.Z. Voyiadjis (2023), *Incorporating the Benefit of Geosynthetic into MEPDG, Infrastructures*, (8,35), <https://doi.org/10.3390/infrastructures8020035>
- Carneiro, J.R; Lopes, M.d.L (2022). *Weathering of a Nonwoven Polypropylene Geotextile: field vs. Laboratory Exposure. Materials*, (2, 158216). <https://doi.org/10.3390/ma15228216>
- Dinas PU Bina Marga dan Bina Kontruksi Provinsi Lampung. *Perencanaan Jalan dan Jembatan* (2023).
- Direktorat Bina Teknik, Direktorat Jenderal Bina Marga, Kementerian Pekerjaan Umum. Modul Pelatihan Geosintetik.(5), *Pedoman Penggunaan Geosintetik untuk Konstruksi Jalan* (
- Engka, J.Y; Manopo, F.J; Mandagi, A..T. (2023) *Analisa Embankment Pada Tanah Rawa Menggunakan Geotekstil Dengan Program PLAXIS 3D*. (21, 84). P-ISSN: 0215-9617.
- Executive Summary: Kajian dan Evaluasi Teknis Dalam Menentukan Parameter Geoteknis Sebagai Upaya Meminimalisir Resiko Kerusakan Pada Badan Jalan Provinsi Lampung.* (2022)
- Kumala, T.D. (2018). *Penggunaan Geotekstil Nonwoven Pada Proyek Peningkatan Jalan Najir Pasar – Marabahan. Buletin Profesi Insinyur* 1(2) 78 – 82.
- Markiewicz, A; Koda, E; Kawalec, J. (2022). *Geosynthetic for Filtration and Stabilisation: A Review, Polymers*,(14,5492), <https://doi.org/10.3390/polym14245492>.
- Tanasa F., Neichifur M; Ignat. M-E; Teaca C-A, (2022) *Geotextiles – A Versatile Tool for Environmental Sensitive Applicatioans in Geotechnical Engineering. Textile* ,(2, 189–200) <https://doi.org/10.3390/textile2020011>.