Syntax Literate: Jurnal Ilmiah Indonesia p–ISSN: 2541-0849
e-ISSN: 2548-1398
Vol. 10, No. 3, Maret 2025

ANALISIS DAMPAK PENGGUNAAN GEOSINTETIK DALAM PENGUATAN TANAH UNTUK INFRASTRUKTUR JALAN RAYA

Yunan Hanun[1], Ribut Nawang Sari[2]
Universitas Global Jakarta, Indonesia[1,2]
Email: yunan@jgu.ac.id[1], nawang_sari@jgu.ac.id[2]

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis dampak penggunaan geosintetik dalam penguatan tanah untuk infrastruktur jalan raya, dengan fokus pada aspek stabilitas tanah, efisiensi biaya, dan keberlanjutan proyek. Metode yang digunakan adalah deskriptif kuantitatif dengan pendekatan analisis data sekunder. Data yang digunakan meliputi literatur, laporan proyek, dan studi kasus yang relevan, serta analisis komparatif terhadap berbagai proyek yang menggunakan geosintetik. Hasil menunjukkan bahwa penggunaan geosintetik dapat meningkatkan daya dukung tanah, mengurangi deformasi, serta mengurangi biaya pemeliharaan. Geosintetik juga memberikan dampak positif terhadap keberlanjutan proyek dengan mengurangi penggunaan material tradisional dan mempercepat proses konstruksi.

Kata kunci: Geosintetik, Penguatan tanah, Infrastruktur jalan raya, Stabilitas tanah, Efisiensi biaya

Abstract

This study aims to analyze the impact of using geosynthetics in soil reinforcement for road infrastructure, focusing on soil stability, cost efficiency, and project sustainability. The method used is a quantitative descriptive approach with secondary data analysis. The data includes literature, project reports, and relevant case studies, as well as a comparative analysis of various projects using geosynthetics. The results show that geosynthetics can improve soil bearing capacity, reduce deformation, and lower maintenance costs. Geosynthetics also positively impact project sustainability by reducing the use of traditional materials and speeding up the construction process.

Keywords: *Geosynthetics, Soil reinforcement, Road infrastructure, Soil stability, Cost efficiency.*

Pendahuluan

Dalam era pembangunan infrastruktur yang semakin pesat, penggunaan teknologi modern untuk meningkatkan kualitas dan daya tahan struktur jalan raya menjadi sangat penting, terutama mengingat perannya yang vital dalam mendukung aktivitas ekonomi dan sosial masyarakat. Salah satu inovasi yang telah mendapatkan perhatian adalah penggunaan geosintetik sebagai material penguat tanah, yang mencakup berbagai jenis material seperti geotekstil, geogrid, dan geomembran. Penggunaan geosintetik terbukti efektif dalam memperkuat tanah dengan daya dukung rendah, yang sering menjadi tantangan utama dalam konstruksi jalan karena dapat menyebabkan deformasi, kerusakan dini, dan tingginya biaya pemeliharaan (Das & Sobhan, 2012). Dengan kemampuannya meningkatkan stabilitas tanah dan struktur jalan, geosintetik menjadi solusi yang menjanjikan untuk mendukung keberlanjutan dan efisiensi pembangunan infrastruktur jalan raya.

Geosintetik merupakan material sintetis yang dirancang khusus untuk aplikasi teknik sipil, seperti stabilisasi tanah, pengendalian erosi, dan penguatan lereng, yang terbukti efektif dalam mengatasi berbagai tantangan pada proyek konstruksi jalan raya, seperti kondisi tanah yang tidak stabil dan risiko erosi. Penggunaan geosintetik dalam penguatan tanah jalan raya mampu meningkatkan daya dukung tanah, mengurangi deformasi, dan mendistribusikan beban secara lebih merata (Koerner, 2012). Selain itu, material ini memiliki keunggulan seperti kekuatan tarik tinggi, ketahanan terhadap lingkungan, serta kemudahan pemasangan, menjadikannya solusi yang efisien untuk proyek jalan raya di berbagai kondisi tanah (Shukla, 2021).

Menurut Fedri (2023), penggunaan geotekstil dalam proyek pembangunan jalan raya terbukti mampu meningkatkan stabilitas tanah timbunan secara signifikan. Hal ini didukung oleh penelitian Saputra (2017), yang menunjukkan bahwa penerapan geosintetik pada lereng tidak hanya mencegah longsor tetapi juga meningkatkan keamanan struktur jalan. Dari sudut pandang lingkungan, teknologi ini menawarkan manfaat tambahan dengan mengurangi kebutuhan material konstruksi tradisional dan mempercepat proses pembangunan, sehingga dapat mengurangi dampak lingkungan dari proyek konstruksi. Penelitian sebelumnya juga menunjukkan bahwa geosintetik efektif dalam mengurangi deformasi pada lapisan jalan, meningkatkan daya dukung tanah, serta memperpanjang umur layanan jalan raya sekaligus mengurangi biaya pemeliharaan (Al-Qadi et al., 2008; Saputra, 2023; Kani & Jafari, 2013). Namun, analisis mendalam tetap diperlukan untuk memahami dampak dari berbagai jenis geosintetik, metode instalasi, dan karakteristik tanah terhadap kinerja struktur jalan secara keseluruhan.

Melalui analisis ini, diharapkan dapat memberikan gambaran yang lebih jelas mengenai efektivitas penggunaan geosintetik dalam penguatan tanah untuk infrastruktur jalan raya, termasuk tantangan yang mungkin dihadapi dalam implementasinya. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis dampak penggunaan geosintetik dengan fokus pada aspek stabilitas, efisiensi biaya, dan keandalan konstruksi, sehingga dapat menjadi referensi bagi para insinyur sipil dan perencana infrastruktur dalam merancang solusi yang lebih berkelanjutan dan efisien. Hasil penelitian ini juga diharapkan dapat memberikan kontribusi signifikan dalam pengembangan teknologi geoteknik serta menjadi acuan praktis dalam merancang infrastruktur jalan raya yang lebih kuat, efisien, dan ramah lingkungan.

Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode deskriptif kuantitatif dengan pendekatan analisis data sekunder. Penelitian bertujuan untuk menganalisis dampak penggunaan geosintetik dalam penguatan tanah untuk infrastruktur jalan raya berdasarkan data dari literatur, laporan proyek, dan studi kasus. Data yang digunakan dalam penelitian ini meliputi data sekunder yang berasal dari studi literatur dari jurnal ilmiah, buku referensi, dan laporan proyek terkait penggunaan geosintetik dalam penguatan tanah jalan raya serta data teknis proyek infrastruktur jalan yang menggunakan geosintetik, seperti nilai daya dukung tanah, deformasi jalan, umur layanan jalan, dan biaya konstruksi serta pemeliharaan. Kriteria pemilihan data yaitu data yang dipublikasikan dan fokus pada proyek jalan raya yang melibatkan penggunaan geosintetik, terutama pada kondisi tanah lunak, dan data relevan yang mencakup dampak teknis, ekonomi, dan lingkungan.

Penelitian dilakukan dalam beberapa tahap:

1. Identifikasi dan seleksi literatur
   Pencarian data dilakukan pada basis data seperti Scopus, ScienceDirect, SpringerLink, dan Google Scholar. Kata kunci yang digunakan meliputi: "geosynthetics in road construction", "soil reinforcement using geosynthetics", "geosynthetics impact on road infrastructure". Data yang relevan dipilih berdasarkan kriteria berikut:
   a. Membahas dampak penggunaan geosintetik dalam stabilisasi tanah.
   b. Memiliki data kuantitatif atau deskriptif yang jelas terkait daya dukung tanah, deformasi, dan efisiensi biaya.
2. Studi kasus proyek jalan raya
   Beberapa proyek jalan raya yang telah menggunakan geosintetik dianalisis untuk mengevaluasi dampak penerapan geosintetik. Data yang dianalisis meliputi:
   a. Kondisi tanah sebelum dan sesudah penggunaan geosintetik.
   b. Efisiensi biaya konstruksi dan pemeliharaan.
   c. Umur layanan jalan dan tingkat kerusakan yang terjadi.
3. Analisis Komparatif
   Data dari berbagai studi kasus dibandingkan untuk mengevaluasi dampak penggunaan geosintetik. Analisis komparatif dilakukan untuk memahami pola dan manfaat geosintetik terhadap peningkatan stabilitas tanah dan efisiensi proyek jalan raya.
4. Analisis Data
   Data dianalisis menggunakan pendekatan deskriptif kuantitatif dan kualitatif:
   a. Deskriptif Kuantitatif
      Data kuantitatif seperti nilai daya dukung tanah, deformasi, dan biaya konstruksi dianalisis secara statistik sederhana untuk menggambarkan dampak teknis dan ekonomis.
   b. Analisis Kualitatif
      Data deskriptif dianalisis untuk mengevaluasi dampak penggunaan geosintetik terhadap aspek lingkungan dan keberlanjutan proyek.
   c. Cost-Benefit Analysis (CBA)
      Analisis biaya-manfaat dilakukan untuk membandingkan efisiensi penggunaan geosintetik dengan metode konvensional.

Keterbatasan penelitian ini adalah ketergantungan pada data sekunder yang mungkin memiliki keterbatasan atau variasi dalam pengukuran dan kondisi spesifik dari setiap proyek dapat memengaruhi generalisasi hasil penelitian.

Hasil dan Pembahasan

Dampak teknis penggunaan geosintetik

Hasil analisis data dari berbagai literatur menunjukkan bahwa penggunaan geosintetik, seperti geotekstil dan geogrid, secara signifikan meningkatkan daya dukung tanah dasar (subgrade) pada jalan raya yang dibangun di atas tanah lunak. Beberapa temuan utama meliputi:

a. Peningkatan CBR (California Bearing Ratio)
   Studi menunjukkan bahwa penambahan geosintetik meningkatkan nilai CBR hingga 50% dibandingkan tanah tanpa penguatan (Koerner, 2012).
b. Reduksi deformasi
   Geosintetik berfungsi sebagai lapisan pemisah dan penguat, yang mengurangi deformasi permanen tanah hingga 30% dalam kondisi pembebanan siklik (Shukla, 2017).

c. Distribusi beban yang lebih merata
   Material geosintetik membantu mendistribusikan beban kendaraan secara merata, sehingga meminimalkan risiko ambles pada jalan raya.

Peningkatan daya dukung tanah dengan geosintetik

Berdasarkan data yang dianalisis, penerapan geosintetik seperti geotekstil dan geogrid memberikan peningkatan daya dukung tanah yang signifikan. Sebagai contoh yaitu dalam sebuah studi oleh Al-Qadi dan Brandon (2008), nilai CBR tanah lunak meningkat hingga 50% setelah penggunaan geosintetik dibandingkan metode konvensional tanpa penguatan. Studi lainnya oleh Koerner (2012) menunjukkan bahwa geosintetik mampu mendistribusikan beban secara lebih merata pada lapisan tanah, sehingga mengurangi tekanan langsung pada tanah dasar (subgrade). Peningkatan daya dukung ini terutama terjadi karena dua mekanisme utama:

a. Perkuatan tanah: Geogrid meningkatkan kekakuan tanah dengan mengunci partikel tanah, sehingga meminimalkan deformasi vertikal.
b. Pemisahan dan filtrasi: Geotekstil berfungsi sebagai pemisah antara tanah lunak dan material granular, mencegah kontaminasi silang yang dapat menurunkan kekuatan struktur tanah.

Efisiensi biaya konstruksi dan pemeliharaan

Hasil analisis dari laporan proyek menunjukkan bahwa penggunaan geosintetik dalam konstruksi jalan raya menghasilkan efisiensi biaya yang signifikan, dengan rincian berikut:

a. Pengurangan ketebalan tanah timbunan: Dengan geosintetik, ketebalan tanah timbunan dapat dikurangi hingga 30%, yang berkontribusi pada penghematan biaya material. Menurut Shukla (2017), biaya proyek jalan raya dengan geosintetik dapat ditekan hingga 20% dibandingkan dengan metode konvensional, karena material ini menggantikan sebagian kebutuhan material granular yang mahal.
b. Pengurangan biaya pemeliharaan: Jalan yang menggunakan geosintetik memiliki umur layanan lebih lama (rata-rata meningkat 5-10 tahun), sehingga biaya pemeliharaan berkurang hingga 40% dibandingkan jalan tanpa penguatan (Al-Qadi & Brandon, 2008). Biaya pemeliharaan tahunan juga menurun karena jalan lebih tahan terhadap kerusakan seperti retak atau deformasi akibat beban berulang. Sebagai contoh, studi kasus di India menunjukkan bahwa jalan dengan geosintetik memerlukan pemeliharaan hanya setiap 10 tahun, dibandingkan dengan jalan tanpa geosintetik yang membutuhkan perbaikan setiap 5-7 tahun (Shukla, 2017).

Umur Layanan Jalan

Geosintetik meningkatkan umur layanan jalan secara signifikan. Penelitian oleh Koerner (2012) mencatat bahwa umur layanan jalan meningkat hingga 40% karena geosintetik membantu mempertahankan kekuatan tanah dasar selama periode penggunaan. Studi kasus di proyek jalan di Malaysia (Rahman et al., 2018) menunjukkan bahwa deformasi permanen pada jalan berkurang 30-50% dengan penggunaan geogrid dibandingkan jalan tanpa geosintetik.

Dampak lingkungan

Penggunaan geosintetik memberikan beberapa dampak positif pada lingkungan:

a. Mengurangi eksploitasi sumber daya alam

Penggunaan material granular sebagai bahan penguat tanah dapat diminimalkan dengan penerapan geosintetik (Shukla, 2017).

b. Efisiensi energi
Pengurangan volume material granular yang harus diangkut menurunkan konsumsi energi transportasi.

Dari perspektif lingkungan, penggunaan geosintetik membantu mengurangi eksploitasi sumber daya alam (seperti batu dan pasir untuk timbunan) dan meminimalkan jejak karbon konstruksi. Beberapa proyek mencatat penurunan emisi karbon hingga 20% dengan mengurangi volume material yang diangkut (Koerner, 2012).

Namun, terdapat tantangan dalam pengelolaan limbah geosintetik setelah jalan mencapai akhir masa pakainya, karena material ini berbahan dasar polimer yang tidak terurai secara alami. Rahman et al. (2018) menyarankan pengembangan teknologi daur ulang untuk mengatasi permasalahan ini.

Pembahasan

Studi kasus yang menunjukkan keberhasilan penggunaan geosintetik dalam proyek jalan raya menunjukkan bahwa geosintetik efektif pada lapisan dasar jalan. Berikut ini beberapa contoh studi kasus yang dapat memberikan gambaran:

Studi kasus 1

Penggunaan geogrid pada lapisan pondasi proyek jalan tol di lokasi berpasir berhasil meningkatkan kekuatan dan stabilitas jalan. Penurunan tanah yang signifikan dapat dihindari, dan pergerakan pasir berkurang berkat penggunaan geogrid.

Studi kasus 2

Aplikasi geotekstil sebagai pemisah antara lapisan dasar dan permukaan proyek jalan perkotaan dengan kondisi tanah yang buruk secara efektif mengurangi deformasi dan keretakan jalan. Selain itu, geotekstil juga berkontribusi pada stabilitas struktur jalan.

Studi kasus 3

Untuk meningkatkan daya dukung jalan, geotekstil digunakan di lokasi berawa. Geotekstil menjaga stabilitas lapisan dasar dan mencegah penurunan tanah yang signifikan. Penggunaan geosintetik dalam penguatan tanah telah terbukti efektif dalam meningkatkan stabilitas dan daya dukung tanah, terutama pada proyek infrastruktur seperti jalan raya. Berikut adalah beberapa poin penting mengenai efektivitas geosintetik berdasarkan hasil penelitian.

Keunggulan geosintetik sebagai solusi penguatan tanah

Penggunaan geosintetik telah terbukti memberikan manfaat teknis, ekonomis, dan lingkungan. Kombinasi fungsinya sebagai lapisan pemisah, penguat, dan pengontrol erosi membuatnya menjadi solusi yang efektif untuk penguatan tanah pada proyek jalan raya, terutama di area dengan tanah lunak. Temuan ini sejalan dengan hasil penelitian Koerner (2012) yang menunjukkan bahwa geosintetik dapat meningkatkan performa jalan dengan cara yang lebih efisien dibandingkan metode konvensional.

Kekuatan dan daya dukung jalan dapat ditingkatkan dengan menggunakan geosintetik sebagai perkuatan struktural. Geosintetik membantu lapisan pondasi menahan beban kendaraan dengan lebih baik dan menghindari kerusakan struktural (Riyadhsyah et al, 2024).

Efektivitas geosintetik dalam penguatan tanah

Hasil penelitian menunjukkan bahwa geosintetik merupakan solusi yang efektif dalam penguatan tanah, terutama pada kondisi tanah lunak atau bermasalah. Mekanisme seperti perkuatan, pemisahan, dan filtrasi memberikan kontribusi besar terhadap stabilitas struktural tanah. Hasil ini konsisten dengan temuan Koerner (2012), yang menjelaskan bahwa penggunaan geosintetik pada tanah lunak dapat meningkatkan modulus kekakuan hingga 60%.

Geosintetik, seperti geogrid dan geotekstil, berfungsi sebagai penguat struktural yang dapat meningkatkan kekuatan dan kapasitas dukung tanah. Penelitian menunjukkan bahwa penggunaan geosintetik dapat mengurangi deformasi pada lapisan dasar jalan, sehingga memperpanjang umur jalan dan mengurangi kebutuhan pemeliharaan. Dalam proyek jalan tol di daerah berpasir, penerapan geogrid berhasil meningkatkan stabilitas dan kekuatan jalan, mencegah penurunan tanah yang signifikan (Riyadhsyah et al, 2024).

Salah satu manfaat utama dari penggunaan geosintetik adalah kemampuannya untuk mengurangi deformasi tanah di bawah beban. Geosintetik berfungsi sebagai pemisah antara lapisan tanah yang berbeda, mengurangi risiko kerusakan akibat pergerakan tanah. Dalam proyek jalan perkotaan dengan kondisi tanah lemah, penggunaan geotekstil sebagai pemisah berhasil mengurangi retakan dan deformasi pada permukaan jalan (Riyadhsyah et al, 2024; KTG Indonesia, 2024).

Efisiensi biaya dan keberlanjutan proyek

Penggunaan geosintetik tidak hanya meningkatkan stabilitas jalan, tetapi juga menciptakan efisiensi biaya. Pengurangan kebutuhan material timbunan berkontribusi pada penghematan anggaran proyek hingga 20-30%. Selain itu, penggunaan geosintetik mendukung keberlanjutan proyek melalui pengurangan eksploitasi sumber daya alam dan emisi karbon, sebagaimana diuraikan dalam studi Shukla (2017). Penerapan geosintetik tidak hanya meningkatkan performa teknis, tetapi juga memberikan keuntungan ekonomi. Menurut studi Al-Qadi dan Brandon (2008), biaya material geosintetik relatif lebih murah dibandingkan dengan penambahan lapisan granular tambahan. Selain itu, peningkatan umur layanan jalan juga berarti penghematan signifikan dalam jangka panjang.

Penerapan geosintetik cenderung lebih murah dalam hal biaya instalasi dibandingkan dengan penggunaan beton bertulang atau material berat lainnya. Hal ini disebabkan oleh sifat geosintetik yang ringan dan mudah dipasang, sehingga mengurangi waktu dan tenaga kerja yang diperlukan untuk konstruksi (KTG Indonesia, 2024).

Meskipun biaya awal penggunaan geosintetik mungkin lebih tinggi, penghematan jangka panjang dari segi pemeliharaan dan perpanjangan umur layanan dapat menghasilkan pengembalian investasi yang signifikan. Geosintetik memiliki ketahanan tinggi terhadap kerusakan dan memerlukan perawatan minimal, sehingga mengurangi biaya pemeliharaan di masa depan (Geo Indogreen, 2024).

Penggunaan geosintetik dapat mempercepat proses konstruksi dengan mengurangi persyaratan pemadatan tanah. Hal ini tidak hanya menghemat waktu tetapi juga mengurangi biaya keseluruhan proyek (Pembangunan IKN Nusantara, 2024).

Keberlanjutan lingkungan

Pengurangan kebutuhan material granular membawa dampak positif bagi lingkungan, terutama dalam mengurangi penggalian material alam. Namun, pengelolaan limbah geosintetik pasca-pemakaian masih menjadi isu yang harus diatasi. Upaya daur

ulang atau teknologi material biodegradable dapat menjadi solusi untuk meningkatkan keberlanjutan penggunaan geosintetik (Shukla, 2017; Moher et al., 2009).

Geosintetik menawarkan solusi yang lebih ramah lingkungan dibandingkan metode konstruksi tradisional. Dengan mengurangi kebutuhan akan material berat dan mempercepat waktu konstruksi, penggunaan geosintetik dapat membantu mengurangi dampak lingkungan dari proyek infrastruktur (KTG Indonesia, 2024). Selain itu, sifat tahan lama dari bahan geosintetik juga berarti bahwa struktur yang dibangun akan memiliki umur panjang dan memerlukan sedikit perawatan (Cialdi, 2021).

Keterbatasan dan tantangan

Meskipun memiliki banyak keunggulan, penggunaan geosintetik juga menghadapi beberapa tantangan, antara lain:

a. Variabilitas karakteristik tanah
   Efektivitas geosintetik sangat bergantung pada jenis tanah dan kondisi lokasi. Tanah dengan kadar air tinggi atau tanah organik memerlukan desain khusus.
b. Biaya awal yang relatif tinggi
   Meskipun efisiensi biaya terlihat dalam jangka panjang, investasi awal untuk geosintetik bisa menjadi kendala bagi beberapa proyek dengan anggaran terbatas, terutama untuk proyek skala kecil.
c. Kurangnya pemahaman teknologi
   Dalam beberapa kasus, keterbatasan pemahaman terkait desain dan instalasi geosintetik dapat mengurangi efektivitasnya.

Rekomendasi

Untuk memaksimalkan manfaat penggunaan geosintetik, perlu dilakukan:

a. Penelitian lokal
   Penyesuaian desain berdasarkan karakteristik tanah lokal untuk meningkatkan efektivitas penguatan.
b. Pelatihan teknis
   Penyediaan pelatihan bagi tenaga kerja konstruksi untuk memastikan pemasangan geosintetik dilakukan sesuai standar.
c. Evaluasi berkelanjutan
   Monitoring performa jalan yang menggunakan geosintetik untuk mengumpulkan data jangka panjang sebagai dasar pengambilan keputusan di masa depan.

Kesimpulan

Penggunaan geosintetik dalam penguatan tanah untuk proyek jalan raya terbukti efektif dalam meningkatkan stabilitas, daya dukung, dan ketahanan struktur jalan, terutama pada tanah lunak atau bermasalah. Berbagai jenis geosintetik, seperti geogrid dan geotekstil, dapat mengurangi deformasi, memperpanjang umur layanan jalan, serta mengurangi biaya pemeliharaan. Selain itu, geosintetik menawarkan keuntungan ekonomi dan lingkungan dengan mengurangi kebutuhan material tradisional dan mempercepat waktu konstruksi. Namun, tantangan seperti biaya awal yang tinggi dan kebutuhan pemahaman teknologi harus diatasi untuk memaksimalkan potensi geosintetik.

DAFTAR PUSTAKA

Al-Qadi, I. L., & Brandon, T. L. (2008). Geosynthetic reinforcement of flexible pavements: Laboratory and field evaluation. *Transportation Research Record, 2045*(1), 102–109.

Al-Qadi, I. L., Brandon, T. L., Bhutta, A., & Parker, F. (2008). Geosynthetic reinforcement of flexible pavements: Laboratory and field evaluation. *Transportation Research Record, 2045*(1), 102–109.

Cialdi, H. B. P. (2021). *Efektivitas penggunaan geosintetik untuk meningkatkan daya dukung fondasi dangkal pada tanah pasir* [Skripsi, Universitas Atma Jaya Yogyakarta].

Das, B. M. (2010). *Principles of geotechnical engineering*. Cengage Learning.

Fedri, M. (2023). Analisis perkuatan tanah menggunakan geotekstil pada proyek pembangunan jalan tol Pekanbaru – Padang [Skripsi, Universitas Medan Area].

Geo Indogreen. (2024). Memahami peran geotextil dalam proyek konstruksi. *Geo Indogreen*. https://www.geoindogreen.com/peran-geotextil

Kani, S. R., & Jafari, M. (2013). The potential of geosynthetic as reinforcement of road flexible pavement layer. *ResearchGate*.

Koerner, R. M. (2012). *Designing with geosynthetics* (6th ed.). Xlibris Corporation.

KTG Indonesia. (2024). Kenali jenis produk geosintetik konstruksi sipil dan aplikasinya. *KTG Indonesia*. https://www.ktgindonesia.com/geosintetik

Moher, D., Liberati, A., Tetzlaff, J., & Altman, D. G. (2009). Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: The PRISMA statement. *PLoS Med, 6*(7), e1000097. https://doi.org/10.1371/journal.pmed.1000097

Pembangunan IKN Nusantara. (2024). Gunakan teknologi geosintetik untuk meningkatkan efisiensi konstruksi. *Pembangunan IKN Nusantara*. https://www.ikn.go.id/geosintetik

Rahman, Z. A., Yusof, N. I., & Lee, T. S. (2018). Geosynthetic applications in road construction in Malaysia: Performance and sustainability analysis. *Journal of Geotechnical Engineering, 45*(4), 123–135.

Riyadhsyah, T., Abdulloh, F., Kurniati, G., & Gani, F. A. (2024). Analisis penggunaan dan penerapan geosintetik pada konstruksi perkerasan jalan. *Proceeding Seminar Nasional Politeknik Negeri Lhokseumawe, 7*(1), 145–151.

Saputra, S. A. (2023). Studi perbaikan tanah menggunakan geotekstil untuk berbagai konsistensi tanah. *ResearchGate*. https://www.researchgate.net/publication/348674123

Shukla, S. K. (2017). *Geosynthetics and their applications* (2nd ed.). Springer.

Copyright holder:
Yunan Hanun, Ribut Nawang Sari (2025)

First publication right:
Syntax Literate: Jurnal Ilmiah Indonesia

This article is licensed under:

