

Pengaruh Penambahan Pasir Sungai terhadap Kapasitas Penopang Tanah Lunak

Manisya Aprilia¹, Ulfa Jusi^{2*}, Harnedi Maizir³

^{1,2,3}Program Studi Teknik Sipil, Sekolah Tinggi Teknologi Pekanbaru, Jl. Dirgantara No. 4 Arengka Raya, Pekanbaru-Riau

*Email correspondence author ulfajusi@sttp-yds.ac.id

Abstrak

Masalah umum dalam konstruksi jalan di tanah liat lunak adalah bahwa daya dukung lapisan dasar relatif rendah dan pemadatan lapisan dasar memakan waktu lama. Untuk mengatasi masalah ini, diperlukan metode untuk meningkatkan daya dukung lapisan dasar (peningkatan tanah). Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh penambahan pasir sungai terhadap peningkatan daya dukung tanah lunak menggunakan metode uji *California Bearing Ratio* (CBR). Sampel tanah lunak diambil dari area Jalan Badak, Tenayan Raya, Pekanbaru, dan dicampur dengan pasir sungai dari Sungai Kampar dengan variasi campuran 0%, 10%, 20%, dan 30%. Uji laboratorium meliputi uji sifat fisik seperti kandungan air, berat jenis, analisis saringan, dan batas *Atterberg*, serta uji mekanik berupa kompaksi standar (*Proctor*) dan CBR dengan perendaman selama 4 hari. Hasil menunjukkan bahwa penambahan pasir sungai mampu mengurangi kandungan air optimum dan indeks plastisitas, serta meningkatkan densitas kering maksimum dan nilai CBR tanah lunak. Nilai CBR meningkat secara signifikan dari 1,73% pada tanah asli menjadi 6,10% pada campuran pasir 30%, menunjukkan peningkatan kapasitas dukung tanah lunak, sehingga cocok digunakan sebagai bahan pengisi. Temuan ini berkontribusi secara signifikan pada pengembangan teknik stabilisasi tanah lunak untuk aplikasi teknik sipil, khususnya dalam konstruksi perkerasan jalan.

Kata Kunci: *California Bearing Ratio*, Daya Dukung, Pasir Sungai, Stabilisasi Tanah, Tanah Lunak

Abstract

A common problem in road construction on soft clay soil is that the bearing capacity of the subgrade is relatively low and the compaction of the subgrade takes a long time. To overcome this problem, a method is needed to improve the bearing capacity of the subgrade (soil improvement). This study aims to analyse the effect of adding river sand on increasing the bearing capacity of soft soil using the *California Bearing Ratio* (CBR) test method. Soft soil samples were taken from the Badak Road area, Tenayan Raya, Pekanbaru, and mixed with river sand from the Kampar River with variations in the mixture of 0%, 10%, 20%, and 30%. Laboratory testing included physical property testing such as moisture content, specific gravity, sieve analysis, and *Atterberg* limits, as well as mechanical testing in the form of standard compaction (*Proctor*) and CBR with immersion for 4 days. The results showed that the addition of river sand was able to reduce the optimum moisture content and plasticity index, as well as increase the maximum dry density and CBR value of soft soil. The CBR value increased significantly from 1.73% in the original soil to 6.10% in the 30% sand mixture, indicating an increase in the bearing capacity of soft soil, making it suitable for use as fill material. These findings contribute significantly to the development of soft soil stabilisation techniques for civil engineering applications, particularly in road pavement construction.

Keywords: *California Bearing Ratio*, Bearing Capacity, River Sand, Soil Stabilisation, Soft Soil.

PENDAHULUAN

Provinsi Riau memiliki karakteristik tanah yang beragam, didominasi oleh lempung, lanau, dan pasir lokal yang bersifat lunak serta mudah terkompresi (Asfian, 2019). Struktur tanah ini memiliki daya dukung rendah, sehingga sering menyebabkan penurunan signifikan pada konstruksi bangunan dan infrastruktur di atasnya (ASTM International, 2009; Badan Standardisasi Nasional, 2012). Kadar air yang tinggi pada tanah lunak ini semakin memperburuk kestabilan, terutama untuk pembangunan jalan raya di wilayah perkotaan. Kerusakan konstruksi sering terjadi akibat faktor geoteknik seperti longsor, pengembangan volume, dan ketidakstabilan tanah lainnya (Das, 2015).

Subgrade sebagai lapisan dasar jalan harus mampu menahan beban timbunan dan perkerasan di atasnya, namun tanah lunak sering kali tidak memenuhi persyaratan untuk dibangun konstruksi yang ada (Jusi & Harnedi, 2021). Pedoman teknis menekankan pentingnya analisis kondisi tanah lapangan sebagai dasar perencanaan perbaikan *subgrade* (Jusi et al., 2020). Tanpa perkuatan yang tepat, risiko penurunan

berlebih dan kerusakan struktural akan mengancam keselamatan pengguna jalan serta umur layanan infrastruktur (Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, 2015; Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, 2002).

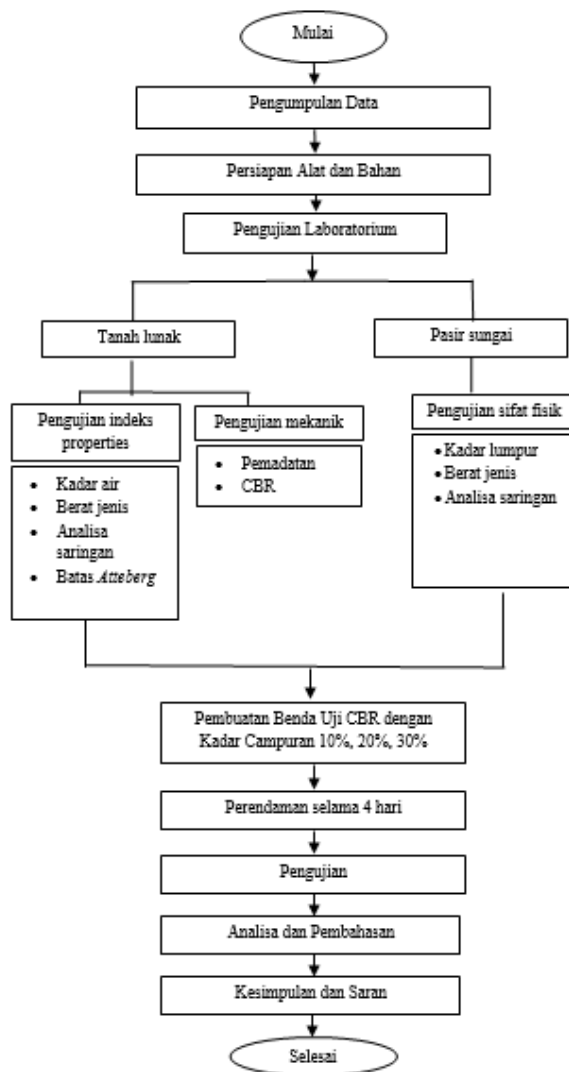
Stabilisasi tanah merupakan solusi efektif untuk meningkatkan *nilai California Bearing Ratio* (CBR) yang mengukur daya dukung tanah terhadap beban (Pusat Litbang Prasarana Transportasi, 2002; Saleh & Anggraini, 2019), Pasir sungai dipilih sebagai bahan stabilisasi karena sifat granularnya yang tidak plastis, tekstur kasar, serta kemampuan meningkatkan permeabilitas dan kekuatan geser tanah. Penelitian dilakukan dengan penambahan pasir sungai pada tanah lunak agar diharapkan dapat menurunkan sifat plastis tanah lempung dan mencapai standar CBR minimal 6% untuk timbunan biasa (Toye et al., 2017; Wardoyo et al., 2019).

Penelitian ini menganalisis pengaruh penambahan pasir sungai dengan variasi 0%, 10%, 20%, dan 30% terhadap nilai CBR tanah lunak di Riau. Tujuannya mencakup analisis sifat fisik-mekanis tanah asli, evaluasi peningkatan daya dukung, serta rekomendasi campuran optimal untuk konstruksi jalan. Hasil penelitian diharapkan menjadi acuan praktis bagi insinyur sipil dan referensi bagi penelitian stabilisasi tanah selanjutnya di wilayah berkarakteristik serupa

METODE

Pelaksanaan metode eksperimen laboratorium untuk mengevaluasi perbaikan sifat mekanis tanah lunak dengan penambahan pasir sungai. Sampel tanah lempung diambil dari Jalan Badak, Tenayan Raya, Pekanbaru, dan pasir sungai dari Teratak Buluh, Kampar, Riau. Total 12 benda uji disiapkan (3 replikasi per campuran): Tanah Asli (TA), TA + 10% pasir, TA + 20% pasir, dan TA + 30% pasir, direndam selama 4 hari. Pengujian mencakup *index properties* (kadar air awal, berat jenis, analisa saringan, *Atterberg limits* untuk tanah; ditambah kadar lumpur untuk pasir) dan *properties* mekanis (pemadatan *Standard Proctor* dan CBR soaked).

Data diolah untuk membandingkan parameter seperti kadar air optimum, kepadatan maksimum, dan nilai CBR dengan persyaratan timbunan standar (CBR >6% untuk *soaked*). Prosedur dimulai dari pengambilan dan persiapan sampel, pengujian *index properties* untuk karakterisasi fisik, pemadatan *Proctor* untuk kadar air optimum, pembuatan benda uji CBR, perendaman 4 hari, hingga pengukuran penetrasi CBR pada kedalaman 2,5 mm dan 5 mm. Hasil dianalisis secara statistik untuk menentukan efektivitas stabilisasi pasir terhadap daya dukung tanah lunak.



Gambar 1. Bagan Alir Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Pengujian *Index Properties* dan Mekanis Tanah Asli

Hasil pengujian *index properties* dan mekanis tanah lunak original disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Pengujian Sifat Fisik dan Mekanik Tanah Lunak Original

No	Pengujian	Hasil Tanah Lempung	Keterangan
1	Kadar Air (%)	35,35	Uji fisik
2	Berat Jenis	2,646	
3	Batas Cair (LL, %)	50,01	
4	Batas Plastis (PL, %)	24,52	
5	Indeks Plastisitas (PI, %)	25,49	
6	% Lolos Saringan No. 200	97,39	
7	<i>Optimum Moisture Content</i> (OMC, %)	25,10	Uji mekanis
8	γ_{dry} maks (gr/cm ³)	1,518	

Tanah asli memiliki kadar air tinggi (35,35%), berat jenis 2,646 (khas tanah lempung organik), LL 50,01%, PL 24,52%, serta PI 25,49%. Sebanyak 97,39% tanah lolos saringan No. 200, yang berarti didominasi oleh fraksi halus. Dari uji mekanis: OMC 25,10%, berat jenis kering maksimum 1,518 gr/cm³, dan CBR hanya 1,73% (sangat rendah, kurang dari 2%, sehingga tidak cocok untuk lapisan subgrade jalan).

Hasil Pengujian *Index Properties* Pasir Sungai

Tabel 2. Hasil Pengujian *Index Properties* Pasir Sungai

No	Pengujian	Hasil Pasir Sungai	Keterangan
1	Kadar Air (%)	0,61	Uji fisik
2	Berat Jenis	2,642	
3	Kadar Lumpur (%)	1,56	
4	% Lolos Saringan 200	97,39	

Tabel diatas menunjukkan hasil uji sifat fisik tanah dari sampel sungai, yang sangat didominasi fraksi halus sehingga tidak sesuai untuk lapisan dasar jalan tanpa perbaikan. Kadar air tanah mencapai 0,64%, berat jenis 1,642 gr/cm³, kadar lumpur 0,62%, dan kadar pasir 1,56%, sementara lolos saringan No. 200 (ukuran sangat halus) sebanyak 97,39%, artinya hampir seluruh tanah berupa partikel kecil seperti debu dan lumpur yang mudah menyusut serta lemah menahan beban.

Hasil Pengujian Sifat Fisik dan Mekanis Tanah Lunak + Pasir Sungai (10%, 20%, 30%)

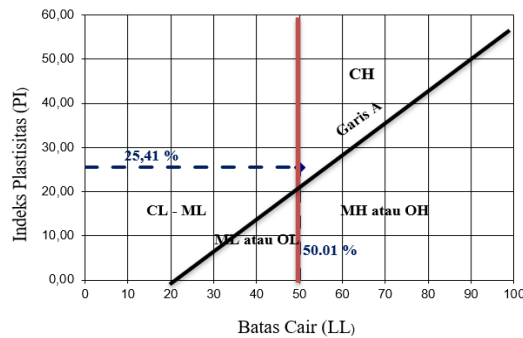
Tabel 3. Ringkasan Hasil Per Campuran

Parameter	0% Pasir	10% Pasir	20% Pasir	30% Pasir
Berat Jenis	2,646	2,638	2,602	2,583
LL (%)	50,01	47,99	45,60	41,58
PL (%)	24,52	23,48	22,55	21,25
PI (%)	25,49	24,51	23,05	20,33
% Lolos No. 200	97,39	86,94	78,68	66,72
OMC (%)	25,10	24,40	21,35	18,25
γ_{dry} maks (gr/cm ³)	1,518	1,520	1,605	1,663
CBR 100% soaked (%)	1,73	2,65	4,60	6,10

Tabel ini merangkum hasil percobaan campuran tanah dengan empat kadar pasir berbeda (2,06%, 2,68%, 2,02%, dan 2,58%), yang mengukur sifat-sifat seperti batas cair (LL) menurun dari 50,1% ke 41,5%, batas plastik (PL) sekitar 24-26%, densitas kering (γ_{d}) rata-rata 14-16 kN/m³, serta kekuatan CBR setelah direndam naik signifikan dari 1,73% menjadi 6,16% pada kadar pasir tertinggi

Klasifikasi Tanah Asli (*Unified Soil Classification System/USCS*)

Tanah asli lolos saringan No. 200 lebih dari 50% (yaitu 97,39%), dengan batas cair (LL) 50,01% dan indeks plastisitas (PI) 25,49%, sehingga masuk kategori CH atau lempung berplastisitas tinggi berdasarkan USCS (Gambar 2). Posisinya di atas Garis A menunjukkan plastisitas sangat tinggi, mudah mengembang atau menyusut, serta kekuatan CBR rendah (1,73%), jadi tidak bisa dipakai langsung sebagai *subgrade* tanpa stabilisasi



Gambar 2. Diagram Plastisitas Tanah Berbutir Halus (USCS)

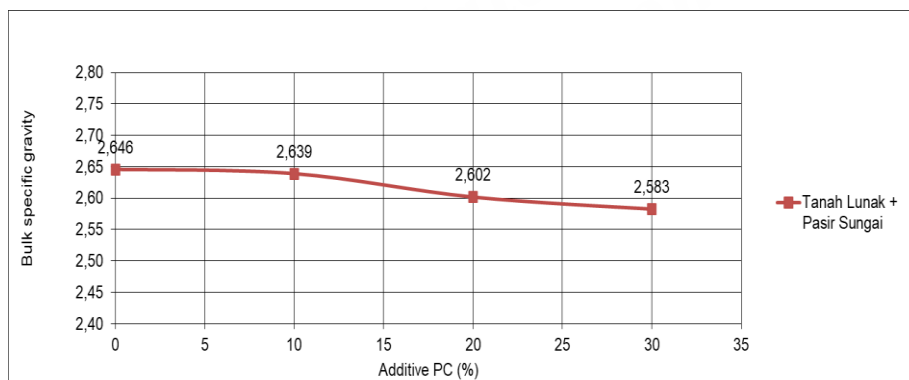
Perbandingan Sifat Fisik dan Mekanis

1. Kadar Air dan *Specific Gravity*

Kadar air asli 35,35% turun signifikan dengan pasir. *Specific gravity* menurun dari 2,646 (0%) ke 2,583 (30%) (Tabel 5), disebabkan pasir ($G_s=2,642$) menggantikan fraksi lempung denser.

Tabel 5. *Specific Gravity* (G_s)

Sampel	% Pasir	G_s
Tanah Asli	0	2,646
Tanah Asli +10% Pasir	10	2,638
Tanah Asli +20% Pasir	20	2,602
Tanah Asli +30% Pasir	30	2,583



Gambar 3. Grafik Pengaruh % Pasir terhadap G_s

2. Batas *Atterberg*

Tabel 6 menjelaskan tentang Batas *Atterberg* yang menunjukkan hasil uji sifat plastisitas tanah asli dan campurannya dengan pasir, di mana LL adalah batas cair (kekentalan berubah jadi cair), PL batas plastik (mulai bisa dibentuk), serta PI indeks plastisitas (selisih LL dan PL). Pada tanah asli, LL mencapai 50,01%, PL 24,52%, dan PI 25,49%, menandakan tanah sangat plastis saat basah. Saat dicampur 10% pasir, nilai-nilai turun jadi LL 47,69%, PL 23,48%, dan PI 24,21%, lalu semakin menurun lagi dengan 30% pasir menjadi LL 41,58%, PL 21,25%, serta PI 20,33%. Secara sederhana, penambahan pasir membuat tanah kurang plastis dan lebih stabil, cocok untuk perbaikan tanah di proyek konstruksi.

Tabel 6. Batas *Atterberg*

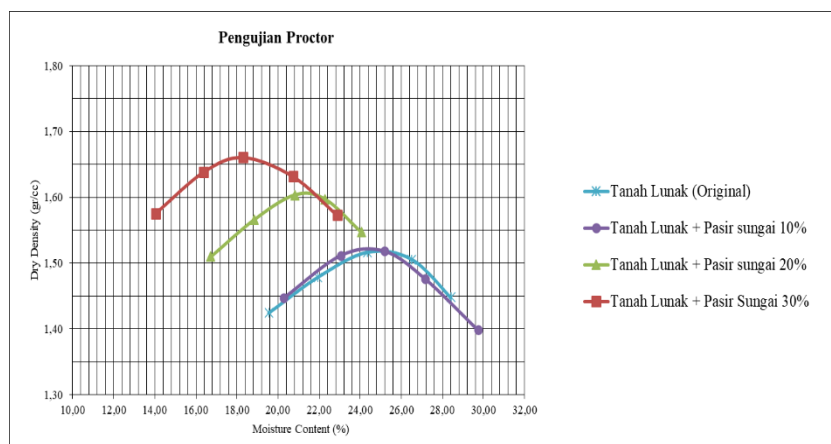
Sampel	LL (%)	PL (%)	PI (%)
Tanah Asli	50,01	24,52	25,49
Tanah Asli +10% Pasir	47,99	23,48	24,51

Tanah Asli +20% Pasir	45,60	22,55	23,05
Tanah Asli +30% Pasir	41,58	21,25	20,33

3. Pemadatan (*Standard Proctor*)

Tabel 7. *Compaction Proctor*

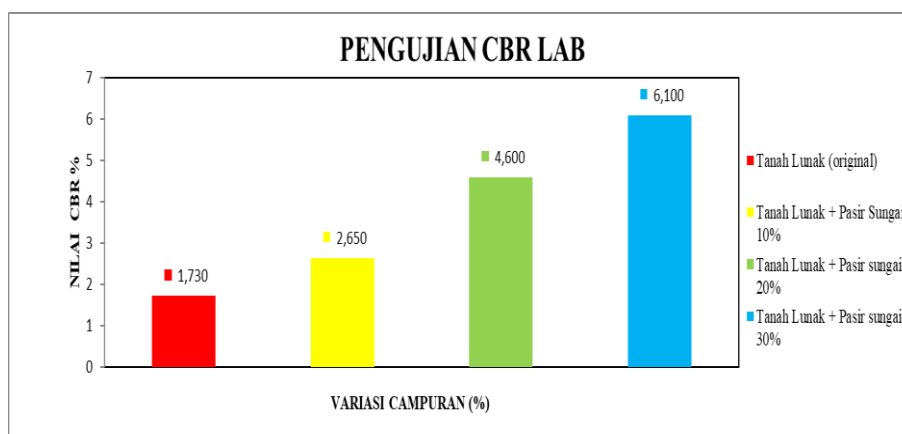
Sampel	% Pasir	OMC (%)	$\gamma_{\text{dry maks}}$ (gr/cm ³)
Tanah Asli	0	25,10	1,518
Tanah Asli +10% Pasir	10	24,40	1,520
Tanah Asli +20% Pasir	20	21,35	1,605
Tanah Asli +30% Pasir	30	18,25	1,663



Gambar 4. Kurva Pemadatan Perbandingan

Pada Gambar 4 tersebut menjelaskan isi Tabel 7 tentang hasil uji *compaction Proctor* dan kurva pemadatan perbandingan untuk tanah asli serta campuran dengan pasir (10% dan 30%). Tabel 7 menunjukkan penambahan pasir menurunkan kadar air optimum (OMC) dari 25,10% menjadi 18,25% sambil meningkatkan kepadatan kering maksimum ($\gamma_{\text{dry maks}}$) dari 1,518 g/cm³ hingga 1,663 g/cm³. Kurva berbentuk parabola mengilustrasikan puncak kepadatan pada OMC masing-masing, dengan campuran pasir bergeser ke OMC lebih rendah dan γ_{dry} lebih tinggi, menandakan peningkatan kemampuan pemadatan untuk aplikasi geoteknik seperti timbunan.

3. CBR *Soaked*



Gambar 6. Grafik CBR vs % Pasir

Grafik pengujian CBR (*California Bearing Ratio*) pada kondisi basah menunjukkan peningkatan signifikan nilai CBR tanah lempung dari 1,73% (tanah asli tanpa pasir) menjadi 6,10% saat dicampur 30% pasir sungai, sementara nilai lain mencapai 2,50% dan 4,00% pada variasi pasir lebih rendah. Peningkatan ini memenuhi standar *subbase* menurut AASHTO yang mensyaratkan >4-6% untuk timbunan biasa, sehingga tanah kohesif lempung (CH) berubah menjadi material layak untuk lapisan dasar jalan.

Penambahan 30% pasir sungai terbukti optimal karena meningkatkan keterkaitan antar butir tanah (*interlock*), mengurangi *swelling*, serta menurunkan plastisitas (PI turun 20%), sambil menaikkan kepadatan kering (γ_{dry} naik 9,7%). Hasil ini selaras dengan teori stabilisasi granular pada tanah lempung kohesif, di mana pasir sungai membuat nilai CBR meningkat lebih dari tiga kali lipat dan mengubah sifat tanah menjadi lebih stabil untuk konstruksi. [13]

KESIMPULAN

Tanah lunak pada penelitian ini diklasifikasikan sebagai ML (lempung organik plastisitas rendah) menurut USCS dan A-7 menurut AASHTO, dengan karakteristik berbutir halus (97,39% lolos saringan No. 200), berat jenis rendah (2,646), kadar air tinggi (35,35%), serta nilai CBR jenuh sangat rendah (1,73%). Karakteristik ini menjadikannya tanah berkualitas buruk yang memerlukan stabilisasi. Pasir sungai sebagai bahan campuran terbukti layak dengan kadar air rendah (0,61%), berat jenis 2,642, dan kadar lumpur minimal (1,56%).

Penambahan pasir sungai 10-30% secara signifikan meningkatkan kualitas tanah: kadar air optimum turun dari 25,10% menjadi 18,25%, berat jenis kering maksimum naik dari 1,518 gr/cm³ menjadi 1,663 gr/cm³, plastisitas menurun (batas cair 50,01% menjadi lebih rendah, indeks plastisitas 25,49% menjadi berkurang), proporsi partikel halus turun menjadi 66,72%, dan CBR meningkat hingga 6,10%. Stabilisasi ini efektif untuk meningkatkan kepadatan, mengurangi plastisitas, serta daya dukung tanah, sehingga cocok diaplikasikan pada pondasi dan lapisan timbunan konstruksi sipil.

DAFTAR PUSTAKA

- Asfian, A. I. (2019). Stabilisasi tanah lempung Kabupaten Sorong dengan kapur sebagai lapisan subgrade jalan (Studi kasus daerah Mariat Pantai). *Jurnal Teknik Sipil Rancang Bangun*, 2(2), 1. <https://doi.org/10.33506/rb.v2i2.479>
- ASTM International. (2009). *Standard test methods for CBR (California Bearing Ratio) of laboratory-compacted soils* (ASTM D1883-07e2).
- Badan Standardisasi Nasional. (2012). *SNI 1744-2012: Metode uji CBR laboratorium*.
- Das, B. M. (2015). *Fundamentals of geotechnical engineering* (3rd ed.). Chris Carson.
- Jusi, U., & Harnedi, M. (2021). Pengaruh kombinasi semen dan kapur tohor terhadap sifat fisik tanah lanau untuk perbaikan lapisan pondasi atas kelas A. Dalam *Prosiding Konferensi Nasional Teknik Sipil (Konteks 13)*.
- Jusi, U., Yasri, D., & Gabriel, G. (2020). Pengaruh penambahan semen sebagai bahan stabilisasi tanah terhadap kecepatan permeabilitas pada tanah pasir kelempungan. *Indonesian Journal of Construction Engineering and Sustainable Development*, 3(1), 30–34.
- Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat. (2015). *Pelaksanaan timbunan material ringan mortar busa untuk konstruksi jalan*.
- Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat. (2002). *Pedoman Kimpraswil No. Pt T-10-2002-B: Panduan geoteknik 4 desain dan konstruksi*.
- Pusat Litbang Prasarana Transportasi. (2002). *Panduan geoteknik 4 desain dan konstruksi timbunan jalan pada tanah lunak* (Edisi 1).
- Saleh, A., & Anggraini, M. (2019). Metoda perbaikan tanah lunak dengan penambahan pasir. Dalam

- Seminar Nasional Pakar ke-2 Tahun 2019: Buku 1 Sains dan Teknologi* (hlm. 1.4.1–1.4.4).
- Toyeb, M., Puri, A., & Masrizal. (2017). Perilaku kuat geser tanah terstabilisasi semen untuk subgrade jalan. Dalam *Prosiding Konferensi Nasional Teknik Sipil dan Perencanaan (KN-TSP)* (hlm. 18–28).
- Wardoyo, Sarwondo, Destiasari, F., Wahyudin, Hasibuan, G., & Solli, W. P. (2019). *Atlas sebaran batu lempung bermasalah Indonesia* (Ed. ke-1). Badan Geologi, Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral.
- Widodo, B., Pratikso, Rochim, A., Irsyam, M., & Widoanindyawati, V. (2019). Influence of bamboo pile clusters in the pile mattress bamboo construction systems as reinforcement of soft subgrade that support embankment load. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 527(1), 012055. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/527/1/012055>