



Review : Klasifikasi dan Sifat Mekanis Tanah Asli di Pulau Bintan sebagai *Subgrade* Perkerasan Jalan

Ferly Oktavia^{1*}, Dian Kharisma Dewi²

^{1,2} Universitas Maritim Raja Ali Haji, Indonesia

*Penulis Korespondensi: ferlyoktavia@umrah.ac.id

Abstract. *Bintan Island has abundant bauxite soil resources; however, its utilization as road construction material remains limited. The scarcity of high-quality granular material in the region necessitates the use of available local resources, particularly for pavement subgrade layers. This article aims to analyze the classification and mechanical properties of native soils in Bintan Island through a systematic literature review. The reviewed literature includes laboratory test results of bauxite soil. The findings indicate that bauxite soil exhibits low plasticity, relatively high CBR values ($\pm 35\%$), and is classified as CL (USCS) and A-2-4 (AASHTO). These results suggest that bauxite soil is suitable for subgrade applications, although require stabilization with binding agents. The implication of this review highlights that the utilization of local materials could support sustainable infrastructure development in island regions by reducing dependency on imported materials.*

Keywords: *Bauxite; Mechanical Properties; Soil Classification; Stabilization; Subgrade,*

Abstrak. Pulau Bintan memiliki potensi sumber daya tanah bauksit yang melimpah, namun pemanfaatannya sebagai material konstruksi jalan masih terbatas. Keterbatasan material granular berkualitas tinggi di wilayah ini menuntut adanya pemanfaatan material lokal yang tersedia, terutama untuk lapisan *subgrade* perkerasan jalan. Artikel ini bertujuan untuk menganalisis klasifikasi dan sifat mekanis tanah asli di Pulau Bintan melalui *systematic literature review*. Literatur yang dikaji meliputi hasil uji laboratorium tanah bauksit. Hasil tinjauan menunjukkan bahwa tanah bauksit memiliki plastisitas rendah, nilai CBR relatif tinggi ($\pm 35\%$), dan diklasifikasikan sebagai CL (USCS) serta A-2-4 (AASHTO). Ini menjelaskan bahwa tanah bauksit cukup potensial digunakan sebagai *subgrade* perkerasan jalan, meskipun tetap memerlukan stabilisasi dengan bahan pengikat. Implikasi hasil tinjauan ini menegaskan bahwa pemanfaatan material lokal berpotensi mendukung pembangunan infrastruktur berkelanjutan di wilayah kepulauan dengan mengurangi ketergantungan pada material impor.

Kata kunci: Bauksit; Klasifikasi Tanah; Sifat Mekanis; Stabilisasi; *Subgrade*.

1. LATAR BELAKANG

Pembangunan infrastruktur jalan yang efektif dan berkelanjutan adalah suatu kebutuhan fundamental untuk mendukung konektivitas wilayah dan perkembangan ekonomi (Arga et al., 2022), terutama di wilayah kepulauan. Salah satu tantangan utama dalam membangun jalan di daerah terpencil adalah terbatasnya ketersediaan material konstruksi yang sesuai standar seperti agregat batu pecah atau tanah granular berkualitas tinggi. Ketergantungan terhadap material impor dari luar daerah tidak hanya meningkatkan biaya pembangunan, tetapi juga menimbulkan tantangan logistik yang cukup besar. Oleh karena itu, pemanfaatan material lokal yang melimpah dan belum terkelola secara optimal menjadi pendekatan strategis yang layak dipertimbangkan. Dalam konteks ini, tanah bauksit yang tersebar luas di Pulau Bintan menawarkan potensi sebagai material alternatif untuk konstruksi perkerasan jalan.

Jenis tanah dasar di Pulau Bintan terdiri dari tanah bauksit dan tanah lempung berlanau. Tanah bauksit mendominasi sekitar 70% sampai 80% area pulau (Rahmadani et al., 2024), yang terbentuk dari batuan granit, sedangkan tanah lempung berlanau umumnya banyak

ditemui di daerah pesisir pulau. Perbedaan genesis, topografi, dan proses pelapukan menyebabkan perbedaan sifat fisik dan mekanis keduanya.

Pemanfaatan bauksit sebagai material konstruksi, khususnya dalam bidang teknik sipil, masih sangat terbatas. Padahal, di tengah menipisnya cadangan batu granit dan meningkatnya kebutuhan pembangunan infrastruktur dasar di wilayah pesisir dan pedesaan, alternatif material lokal seperti tanah bauksit menjadi sangat relevan untuk dikaji. Selain dapat menekan biaya pembangunan, pendekatan ini juga selaras dengan prinsip pembangunan berkelanjutan yang mengedepankan efisiensi sumber daya dan kearifan lokal. Pemanfaatan tanah bauksit sebagai material subgrade jalan berpotensi menjadi solusi lokal untuk persoalan global dalam pembangunan infrastruktur.

Tanah dengan gradasi buruk atau kandungan partikel halus yang tinggi umumnya memiliki daya dukung rendah (Bambang & Kusumah, 2019), sehingga kurang mampu menahan beban konstruksi. Berbagai metode stabilisasi telah banyak dikembangkan, salah satunya dengan penambahan bahan pengikat seperti semen atau kapur. Namun, tidak semua jenis tanah akan memberikan respon yang sama terhadap bahan stabilisasi tersebut, karena sifat dasar tanah sangat mempengaruhi keberhasilan perbaikan. Maka dari itu, uji klasifikasi tanah penting dilakukan sebagai langkah awal sebelum stabilisasi untuk perbaikan (Revalandro et al., 2022). Dalam konteks tanah bauksit, belum banyak penelitian yang secara eksplisit mengkaji klasifikasinya berdasarkan USCS maupun AASHTO, khususnya untuk wilayah Pulau Bintan.

Tinjauan ini bertujuan untuk menganalisis klasifikasi serta sifat mekanis tanah asli di Pulau Bintan sebagai *subgrade* sehingga dapat menjadi rujukan dalam menentukan kesesuaian dan kebutuhan perbaikan tanah untuk desain perkerasan jalan.

2. KAJIAN TEORITIS

Klasifikasi Tanah

Cara untuk mengelompokkan jenis tanah dengan menampilkan bentuk dan perilaku tanah sesuai sifat dan kinerja yang telah ditetapkan disebut klasifikasi tanah. Klasifikasi merupakan kajian awal yang esensial dilakukan guna menyesuaikan rancangan kekuatan konstruksi dengan kondisi tanah (Fahriana et al., 2019). Klasifikasi tanah yang biasa digunakan diantaranya sistem klasifikasi tanah metode AASHTO dan USCS.

Klasifikasi tanah berdasarkan sistem AASHTO

Klasifikasi sistem AASHTO (*American Association of State Highway and Transportation Officials*) adalah pengelompokan jenis tanah menjadi 8 (delapan) kelompok, yaitu A-1 hingga A-8. Kelompok A-1 sampai A-3 dikategorikan sebagai tanah granular,

kelompok A-4 hingga A-7 dikategorikan sebagai tanah berbutir halus, sedangkan A-8 dikategorikan sebagai tanah sangat organik (gambut) (AASHTO, 1993; Al Firdaus, 2018; Kurniawan & Hadimuljono, 2021). Sistem kasifikasi AASHTO umumnya digunakan dalam menentukan kualitas *subbase* dan *subgrade* pekerjaan jalan (Rochmawati, 2020).

Tabel 1. Klasifikasi Tanah berdasarkan Sistem AASHTO.

Klasifikasi Umum	Material Granular (< 35% lolos saringan No. 200)							Material Lanau-Lempung (>35% lolos saringan No. 200)			
Klasifikasi Kelompok	A-1		A-3	A-2				A-4	A-5	A-6	A-7
	A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7				A-7-5/ A-7-6
Analisa Saringan (% lolos)											
2,00 mm (No. 10)	50 maks	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0,425 mm (No. 40)	30 maks	50 maks	51 min	-	-	-	-	-	-	-	-
0,075 mm (No. 200)	15 maks	25 maks	10 maks	35 maks	35 maks	35 maks	35 maks	36 min	36 min	36 min	36 min
Sifat Friksi Lolos Saringan 0,425 mm (No.40)											
Batas Cair (LL)	-		-	40 maks	41 min	40 maks	41 min	40 maks	41 min	40 maks	41 min
Indeks Plastis (PI)	6 maks		N.P	10 maks	10 maks	11 min	11 min	10 maks	10 maks	11 min	11 min*
Jenis Material Pokok	Fragmen batu, kerikil dan pasir		Pasir halus	Kerikil dan Pasir kelanauan atau kelempungan				Lanau		Lempung	
Tingkat Kegunaan sebagai Suborade	Sangat baik hingga baik							Cukup baik hingga buruk			

*PI pada sub grup A-7-5 sama dengan atau kurang dari batas cair dikurang 30. PI pada sub grup A-7-6 lebih besar dari batas cair dikurang 30.

Sumber : (Hardiyatmo, 2019).

Klasifikasi tanah berdasarkan sistem USCS

Klasifikasi sistem *Unified Soil Classification System* (USCS) adalah pengelompokan tanah berdasarkan distribusi ukuran butiran dan karakteristik plastisitas tanah menjadi 15 kelompok jenis tanah. Klasifikasi menurut USCS menggunakan simbol huruf, dengan huruf pertama menunjukkan jenis tanah berdasarkan lebih 50% dari sampel tanah, lalu huruf kedua mendeskripsikan sifat dari sampel tanah (Kurniawan & Hadimuljono, 2012).

Kategori tanah menurut USCS adalah,

Tabel 2. Klasifikasi tanah berdasarkan sistem USCS.

Tipe tanah:		Sifat tanah:	
G	= Gravel	P	= Poorly graded
S	= Sand	W	= Well graded
M	= Silt	H	= High plasticity
C	= Clay	L	= Low plasticity
O	= Organic		
Pt	= Peat		

Sifat Fisik dan Mekanis Tanah

Sifat fisik tanah berkaitan dengan bentuk tanah, komponen penyusun massa tanah, ukuran tanah, warna dan bau tanah. Perilaku yang ditunjukkan dari massa tanah jika diberikan

suatu gaya atau kekuatan tanah itu sendiri dikatakan sebagai sifat mekanis tanah (Ilmaknun, 2022; Rochmawati, 2020). Pengujian sifat fisik tanah diantaranya uji kadar air dalam tanah, analisis berat jenis, analisis saringan dan hydrometer, serta batas atterberg sedangkan uji sifat mekanis tanah dapat berupa pemadatan, uji kuat geser dan uji CBR (Ilmaknun, 2022; Metboki, 2024).

Karakteristik *Subgrade* untuk Perkerasan Jalan

Tanah menjadi dasar utama dari suatu konstruksi, yang berarti menjadi dasar perletakan struktur lapisan pada perkerasan jalan. Tanah dasar dengan kondisi yang tidak stabil akan menyebabkan munculnya kerusakan pada jalan (Fahriani et al., 2020). Beban kendaraan yang diterima oleh lapisan perkerasan akan disebarkan ke lapisan-lapisan di bawahnya, termasuk lapisan *subgrade*. Maka dari itu, kerusakan pada perkerasan jalan juga dipengaruhi oleh kekuatan dari lapisan *subgrade* (Pujiastuti et al., 2023). Oleh karena pentingnya peran *subgrade* untuk perkerasan, maka syarat dan standar minimum material lapisan yang bisa digunakan sebagai *subgrade* adalah seperti ditunjukkan Tabel 2.

Tabel 3. Standar minimum lapisan material sebagai *subgrade*.

Parameter	Standar minimum	Satuan	Referensi
<i>Plasticity Index</i> (PI)	<12	%	Pd T-10-2005-B
Tingkat Keaktifan	≤0,75	-	Pd T-10-2005-B
<i>Swelling Potensial</i>	<5	%	Pd T-10-2005-B dan MDP 2017
CBR Soak	≥2	%	MDP 2017
CBR efektif	≥6	%	MDP 2017
Perubahan kemiringan izin	0,3	%	MDP 2017
Penurunan	≤100	%	MDP 2017

Sumber : (Pujiastuti et al., 2023).

Berdasarkan tabel, maka daya dukung *subgrade* pada perkerasan jalan harus di atas nilai CBR minimal atau CBR lebih besar dari 6% (Afrida & Harnaeni, 2023). Kriteria *subgrade* untuk perkerasan jalan menurut Manual Desain Perkerasan Jalan 2024 adalah nilai CBR rendaman melebihi nilai CBR rencana minimum, *subgrade* sudah sesuai dengan bentuk geometri jalan, peralatan yang digunakan untuk ketebalan pemadatan harus sesuai spesifikasi dan hasilnya harus memenuhi persyaratan, *subgrade* mampu mendukung beban kendaraan saat konstruksi. Ketebalan lapisan *subgrade* ditentukan berdasarkan nilai CBR *subgrade* (Direktorat Jenderal Bina Marga, 2024).

3. METODE PENELITIAN

Data yang digunakan pada tinjauan ini berupa data sekunder. Sedangkan metode untuk menganalisis data merupakan *Systematic Literature Review* (SLR). Dimulai dengan mengumpulkan literatur tentang karakteristik tanah bauksit sebagai *subgrade* perkerasan jalan. Proses pencarian literatur dilakukan melalui basis data jurnal nasional, laporan penelitian berupa skripsi dan tesis dengan kata kunci yang sesuai. Tahapan selanjutnya dilakukan pemilihan literatur dengan kriteria inklusi dan eksklusi. Literatur yang relevan kemudian dianalisis secara sistematis untuk mengidentifikasi karakteristik utama tanah bauksit sehingga dapat menjawab tujuan yang diajukan dalam tinjauan ini.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Literatur Review Jenis Tanah di Pulau Bintan

Menurut (Idrus, 1998), jenis tanah di Pulau Bintan terdiri dari tanah podsolik kuning dengan pasir lempung liat, berpasir dibagian atas dan liat dibagian bawah. Karakteristik tanah bauksit berdasarkan uji laboratorium dengan sampel dari 5 (lima) titik adalah sebagai berikut :

Tabel 4. Karakteristik tanah bauksit hasil uji laboratorium.

Parameter	Satuan	Nilai Rerata
<i>Liquid Limit</i>	%	22,03
<i>Plastic limit</i>	%	18,92
<i>Plasticity Index</i>	%	3,856
Persentase lolos saringan No. 200	%	23,99
M/c'	%	20,87
M/c optimal	%	9,58
d	%	2,072
CBR 01"	%	35,83
CBR 02"	%	35,37
<i>Spesicic Gravity</i>	%	2,648

Sumber : (Idrus, 1998).

Tabel 5. Indeks properties tanah bauksit.

Properties	Satuan	Nilai
Berat isi tanah (γ)	t/m ³	2,01
Kadar air tanah (w)	%	19,13
Angka pori (e)	-	1,71
Porositas (n)	-	0,620
Berat jenis butiran tanah (G_s)	%	2,667

Berat isi kering (γ_d)	t/m ³	1,64
Angka pori awal (e_0)		1,16
Indeks pemampatan (c_c)	-	0,28
Koefisien konsolidasi (c_v)	m ³ /dt	35,37
Kohesi tanah (c)	t/m ²	2,648
Sudut geser dalam (ϕ)	°	9

Sumber : (Idrus, 1998).

Berdasarkan hasil pengujian terhadap tanah bauksit di Pulau Bintan maka bauksit adalah jenis tanah yang karakternya mendekati tanah lempung karena $c = 2,648 \text{ t/m}^2$ dan $\phi = 9^\circ$ (Idrus, 1998).

Menurut (Zulkhairi & Hardiyatmo, 2012), tanah bauksit Pulau Bintan memiliki tekstur berbutir kasar yang terdiri dari campuran pasir-lanau-lempung (SM-CM) ditinjau berdasarkan klasifikasi sistem USCS. Menurut AASHTO fisik tanah berbentuk granular mengarah pada kelompok A-2-4 (0) dengan jenis material berupa kerikil dan pasir bercampur lanau dan lempung, serta gradasi tanah yang buruk. Oleh sebab itu, perlu dilakukan stabilisasi. Berdasarkan pengujian untuk stabilisasi menggunakan semen dan kapur dengan kadar masing-masing 6% : 8% : 10% dan 2,5% : 4,5% : 6,5%. Stabilisasi dengan bahan ini dapat meningkatkan CBR rendaman dan durabilitas campuran. Sebelum distabilisasi tanah bauksit masih dapat digunakan untuk *subgrade* dan *subbase* dengan beberapa ketentuan, namun akan lebih baik jika tanah distabilisasi dengan semen.

Selanjutnya, menurut (Lianasari, 2013) agregat kerikil yang berasal dari batu kali yang merupakan agregat kasar dalam komponen beton sangat sulit didapatkan di Pulau Bintan. Kemudian dilakukan penelitian untuk menentukan kelayakan batu bauksit sebagai agregat kasar pengganti kerikil batu kali pada beton. Metode yang digunakan adalah uji laboratorium seperti uji karakteristik batu bauksit, kuat tekan, dan modulus elastisitas beton. Pemeriksaan bauksit menunjukkan hasil sebagai berikut:

Tabel 6. Hasil pemeriksaan beton bauksit.

Variabel	Satuan	Nilai
<i>Bulk specific gravity</i>	kg/m ³	2,1532
<i>Bulk specific gravity SSD</i>	kg/m ³	2,2829
<i>apparent specific gravity</i>	kg/m ³	2,4742
<i>absorption</i>	%	6,0240
Keausan	%	26,12
Berat jenis beton	t/m ³	2,20021 – 2,286487
Kuat tekan beton (fas 0,4)	MPa	30,24052

Variabel	Satuan	Nilai
Modulus elastisitas beton (fas 0,4)	MPa	20000

Sumber : (Lianasari, 2013).

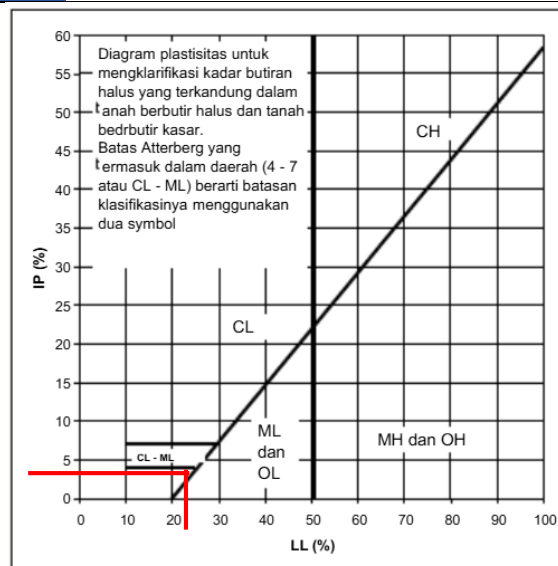
Hasil ini menunjukkan bahwa batu bauksit memiliki daya serap air yang tinggi, berat jenis beton di bawah berat jenis beton normal ($2,2-2,5 \text{ t/m}^3$), pada fas 0,4 kuat tekan beton melebihi kuat tekan minimal beton struktural (17,5 MPa), dan nilai modulus elastisitas hanya 20000 MPa.

Klasifikasi Tanah Bauksit

Tanah bauksit di Pulau Bintan merupakan jenis tanah podsolik kuning yang memiliki sifat kohesif rendah hingga sedang. Berdasarkan tinjauan yang dilakukan, diperoleh hasil karakteristik tanah bauksit menurut AASHTO dan USCS ditunjukkan pada Tabel 6.

Tabel 6. Klasifikasi Tanah Bauksit Menurut AASHTO dan USCS.

Sistem Klasifikasi Tanah	AASHTO	USCS
Kelompok	A-2-4	CL
Jenis Material	Kerikil dan pasir kelanauan atau lempungan	Lempung dengan plastisitas rendah
Evidensi empiris	- LL = 22,03% (rendah); PI = 3,856% (rendah) - Lolos saringan No. 200 = 23,99% (< 35%)	- Perbandingan PI dan LL menunjukkan klasifikasi CL (Gambar 1) - $c = 26 \text{ kPa}$; $\phi = 9^\circ$



Gambar 1. Hubungan Indeks Plastisitas dan Batas Cair Klasifikasi USCS.

Sumber : (BSN, SNI 6371:2015).

Berdasarkan Gambar, dapat dilihat bahwa perbandingan persentase PI dan LL menunjukkan tanah tergolong pada klasifikasi CL yaitu lempung dengan plastisitas rendah.

Sifat Fisik dan Mekanis Tanah Bauksit

Parameter tanah yang ditunjukkan pada Tabel 3 (tiga) sampai 5 (lima) telah memberikan informasi terkait sifat fisik dan mekanis tanah bauksit, yaitu:

1. Sifat Fisik

Sifat fisik dari tabel dapat diuraikan sebagai berikut:

- Parameter LL, PL, dan PI menunjukkan bahwa persentase yang rendah menyatakan bahwa plastisitas rendah, mudah dipadatkan dan tidak ekspansif.
- Persentase lolos saringan No. 200 sebesar 23,99% menunjukkan proporsi butiran halus dan mengindikasikan tanah berpasir halus hingga lanau.
- Kadar air dan porositas menunjukkan angka yang cukup tinggi, berarti tanah memiliki banyak rongga dan mudah menyerap air, terlihat persentase penyerapan hingga 6,02%.

2. Sifat Mekanis

Nilai CBR ($\approx 35\%$) dan γ_d ($\approx 2,07 \text{ t/m}^3$) cukup tinggi, menunjukkan potensi baik sebagai lapisan pondasi bawah (*subbase*) asalkan di kontrol terhadap kadar air optimum. Namun, sudut geser kecil (9°) sedangkan porositas besar menandakan potensi kehilangan kekuatan bila jenuh air.

Tanah Bauksit sebagai Subgrade

Berdasarkan standar minimum lapisan material sebagai *subgrade*, dapat diketahui bahwa parameter *Pasticity Index* (PI) 3,856% ($<12\%$) dan nilai CBR *subgrade* sekitar 35% ($>6\%$) telah memenuhi sebagai *subgrade*. Secara umum, tanah bauksit memiliki daya dukung yang cukup baik, namun berdasarkan sifat fisis dan mekanis yang menunjukkan angka porositas tinggi dan sudut geser rendah yang berarti tanah mudah jenuh dan kehilangan kekuatan bila terendam air. Meskipun nilai CBR tinggi, sifat fisis ini bisa tidak stabil dalam jangka panjang. Sehingga tetap membutuhkan perlakuan stabilisasi agar dapat digunakan secara optimal sebagai lapisan *subgrade* jalan.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Tanah asli di Pulau Bintan memiliki sifat fisis dan mekanis yang beragam. Tanah bauksit cenderung layak sebagai *subgrade* perkerasan jalan. Namun, masih memerlukan perbaikan, khususnya dengan stabilisasi agar nilai plastisitas, CBR, dan daya dukung terhadap beban kendaraan meningkat. Implikasi hasil tinjauan ini menegaskan bahwa pemanfaatan material lokal berpotensi mendukung pembangunan infrastruktur berkelanjutan di wilayah kepulauan dengan mengurangi ketergantungan pada material impor.

DAFTAR REFERENSI

- AASHTO. (1993). *AASHTO 1993*. American Association of State Highway and Transportation Officials.
- Afrida, M. F. D., & Harnaeni, S. R. (2023). Analisa nilai kepadatan tanah dasar (subgrade) dengan pengujian Dynamic Cone Penetrometer (DCP) pekerjaan akses jalan Bandara Internasional Dhoho Kediri. *Seminar Nasional Teknik Sipil*, 367–374. <https://proceedings.ums.ac.id/sipil/article/view/2734/2697>
- Al Firdaus, N. A. (2018). *Nazarian Azmi Al Firdaus* (Skripsi). <https://dspace.uui.ac.id/bitstream/handle/123456789/10545/05.3%20bab%203.pdf?sequence=8&isAllowed=y>
- Badan Standardisasi Nasional. (2015). *SNI 6371:2015: Tata cara pengklasifikasian tanah untuk keperluan teknik dengan sistem klasifikasi unifikasi tanah*. <http://www.bsn.go.id>
- Bambang, & Kusumah, H. (2019). Pengaruh pemadatan tanah dengan variasi campuran pasir pada uji kompaksi. *Jurnal Ilmiah SANTIKA*, 9(2), 961–968.
- Direktorat Jenderal Bina Marga, Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat. (2024). *[Dokumen teknis]*.
- Fahriana, N., Ismida, Y., Lydia, E. N., & Ariesta, H. (2019). Analisis klasifikasi tanah dengan metode USCS (Meurandeh Kota Langsa). *Jurnal Ilmiah Jurutera*, 6(2), 5–13. <https://doi.org/10.55377/jurutera.v6i02.1622>
- Fahriani, F., Yofianti, D., Saputra, E., & Misriani, M. (2020). Perbaikan subgrade pada Jalan Kampung Keramat di Kota Pangkalpinang dengan menggunakan kapur padam sebagai bahan. *Jurnal Ilmiah Rekayasa Sipil*, 17(1), 22–30. <https://doi.org/10.30630/jirs.17.1.348>
- Hardiyatmo, H. C. (2019). *Mekanika tanah I* (7th ed.). Universitas Gadjah Mada Press.
- Idola Arga, K., Safe'i, M., Yossi, M., Amalia, M., Saputra, R., & Gustiawan, R. (2022). Pengaruh pembangunan infrastruktur terhadap pertumbuhan ekonomi di Indonesia. *SALAM: Islamic Economics Journal*, 3(1), 62–79. <https://doi.org/10.24042/slm.v3i1.12255>
- Idrus. (1998). *Analisa tanah bauxite sebagai material perkerasan dan sebagai tanah timbunan pada landasan pacu Bandar Udara Kijang Tanjung Pinang*.
- Ilmaknun, L. (2022). *Analisa sifat fisik dan mekanis material quarry di Kabupaten Lombok Barat sebagai bahan timbunan subgrade jalan (Studi kasus: Quarry Gunung Goso, Quarry Sanyong Apit Aik, Quarry Padak)* [Skripsi]. Universitas Muhammadiyah Mataram.
- Kurniawan, P., & Hadimuljono, M. B. (2012). *Applied geotechnics for engineering* (G. Risky, Ed.; 1st ed.). Andi.
- Kurniawan, P., & Hadimuljono, M. B. (2021). *Applied geotechnics for engineers 1* (1st ed.). Andi.
- Lianasari, A. E. (2013). Potensi batu bauksit Pulau Bintan sebagai pengganti agregat kasar pada beton. *Jurnal Teknik Sipil*, 12(3). <https://doi.org/10.24002/jts.v12i3.623>
- Pujiastuti, H., Fitrayudha, A., Fariyadin, A., & Hamdani, H. (2023). Identifikasi karakteristik teknik subgrade jalan (Studi kasus Jalan Raya Tanak Awu–Pengembur, Lombok Tengah). *Jurnal Teknik Sipil*, 30(3), 419–428. <https://doi.org/10.5614/jts.2023.30.3.10>
- Rahmadani, N., Puri, A., & Syahminan, M. (2024). Analisis stabilitas tanah tempatan menggunakan semen ditambah additif (DIFA Soil Stabilize) di Kota Tanjungpinang Provinsi Kepulauan Riau. *Jurnal Ilmu dan Rekayasa Sipil*, 1(2), 75–85. <http://journal.uir.ac.id/jirs/>
- Revalandro, G., Nilam Kusuma, M., Lingkungan, T., & Arief Rahman Hakim, J. (2022). Identifikasi karakteristik dan mekanika tanah untuk kestabilan pembangunan jalan. *Journal ITATS ENVITATS*, 2(2). <https://doi.org/10.31284/j.envitats.2022.v2i2.3741>

- Rochmawati, R. (2020). Tinjauan sifat fisis dan mekanis tanah untuk menentukan daya dukung tanah (Studi kasus: Jalan Baru Kayu Batu Base-G Jayapura STA 0+200). *INTAN: Jurnal Penelitian Tambang*, 3(1), 50–58. <https://doi.org/10.56139/intan.v3i1.55>
- Zulkhairi, & Hardiyatmo, H. C. (2012). *Kajian karakteristik tanah bauksit sebagai bahan konstruksi jalan di Pulau Bintan Provinsi Kepulauan Riau*. Universitas Gadjah Mada.