E-ISSN : 3025-1311
https://ejournal.warunayama.org/kohesi

Kohesi: Jurnal Multidisiplin Saintek
Volume 10 No 8 Tahun 2026

PENGARUH PENAMBAHAN ABU SEKAM PADI DAN BUBUK ARANG KAYU TERHADAP DAYA DUKUNG PADA TANAH LUNAK (STUDI KASUS: PEMBANGUNAN JALAN TOL TRANS SUMATERA RUAS BETUNG – TEMPINO – JAMBI SEKSI 2B)

Zul Fadli[1], Nidal Zuwida[2], Syahril Rahmat[3], Fithriyah Patriotika[4]
Departemen Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Padang

Email: zul196786@gmail.com

Abstrak: Tanah lunak merupakan permasalahan utama dalam konstruksi jalan karena memiliki daya dukung rendah dan plastisitas tinggi. Kondisi ini ditemukan pada tanah dasar di Sta 109+100 Proyek Pembangunan Jalan Tol Trans Sumatera Ruas Betung–Tempino–Jambi Seksi 2B dengan nilai California Bearing Ratio (CBR) tanah asli sebesar 3,25%, lebih rendah dari persyaratan minimum 6%. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh penambahan abu sekam padi (ASP), bubuk arang kayu (AK), serta kombinasi keduanya terhadap karakteristik pemadatan dan daya dukung tanah lunak. Metode penelitian dilakukan melalui pengujian laboratorium yang meliputi uji sifat fisik tanah, uji pemadatan Standard Proctor, serta uji CBR pada kondisi unsoaked (pemeraman 1, 3, dan 7 hari) dan soaked (perendaman 1, 3, dan 7 hari). Variasi campuran ASP digunakan sebesar 3%, 5%, dan 7%, sedangkan AK sebesar 10%, 15%, dan 20%, serta kombinasi ASP 3%, 5%, dan 7% dengan AK konstan 10%. Hasil penelitian menunjukkan bahwa tanah asli tergolong tanah lunak dengan klasifikasi AASHTO A-7-5, nilai OMC sebesar 33,75% dan MDD sebesar 1,255 g/cm^3. Penambahan ASP meningkatkan nilai CBR hingga 9,19% (unsoaked) dan 6,36% (soaked) pada variasi 7%. Penambahan AK memberikan peningkatan CBR yang lebih signifikan dengan nilai maksimum mencapai 21,20% (unsoaked) dan 12,96% (soaked) pada variasi 20%. Kombinasi ASP 7% dan AK 10% menghasilkan nilai CBR optimum sebesar 9,42% (unsoaked) dan 6,36% (soaked). Hasil penelitian menunjukkan bahwa abu sekam padi dan bubuk arang kayu efektif digunakan sebagai bahan stabilisasi tanah lunak yang ekonomis dan ramah lingkungan.

Kata Kunci : Tanah lunak, Stabilisasi Tanah, Abu Sekam Padi, Bubuk Arang Kayu, CBR.

Abstract *: Soft soil is a major problem in road construction because it has low bearing capacity and high plasticity. This condition was found in the subgrade soil at Sta 109+100 of the Trans Sumatera Toll Road Development Project, Betung-Tempino-Jambi Section 2B, with a California Bearing Ratio (CBR) value of the original soil of 3.25%, lower than the minimum requirement of 6%. This study aims to analyze the effect of the addition of rice husk ash (ASP), wood charcoal powder (AK), and their combination on the compaction characteristics and bearing capacity of soft soil. The research method was carried out through laboratory tests including soil physical properties test, Standard Proctor compaction test, and CBR test in unsoaked (curing for 1, 3, and 7 days) and soaked (soaking for 1, 3, and 7 days) conditions. The ASP mixture variations used were 3%, 5%, and 7%, while AK was 10%, 15%, and*

Article History
Received: Januari 2026
Reviewed: Januari 2026
Published: Januari 2026

lagiarism Checker No 842
Prefix DOI : Prefix DOI : 10.8734/Kohesi.v1i2.365
Copyright : Author
Publish by : Kohesi

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License

20%, and the combination of ASP 3%, 5%, and 7% and AK was constant at 10%. The results showed that the original soil was classified as soft soil with an AASHTO A-7-5 classification, an OMC value of 33.75% and an MDD of 1.255 g/cm³. The addition of ASP increased the CBR value up to 9.19% (unsoaked) and 6.36% (soaked) at a variation of 7%. The addition of AK provided a more significant increase in CBR with a maximum value of 21.20% (unsoaked) and 12.96% (soaked) at a variation of 20%. The combination of 7% ASP and 10% AK resulted in an optimum CBR value of 9.42% (unsoaked) and 6.36% (soaked). The results showed that rice husk ash and wood charcoal powder are effective as economical and environmentally friendly soil stabilization materials.

***Keyword** : Soft soil, soil stabilization, rice husk ash, wood charcoal powder, CBR.*

PENDAHULUAN

Tanah memegang peranan utama dalam konstruksi bangunan dan infrastruktur, karena berfungsi sebagai media penopang beban struktur di atasnya. Kestabilan tanah sangat menentukan keamanan dan daya tahan suatu konstruksi. Namun, kondisi tanah yang tidak stabil dapat menimbulkan resiko kegagalan konstruksi hingga menyebabkan kerusakan struktural. Di antara berbagai jenis tanah, tanah lunak memerlukan perhatian khusus karena sering kali menimbulkan masalah dalam konstruksi proyek, mulai dari peningkatan biaya yang signifikan hingga penurunan tingkat keselamatan konstruksi (Putra & Makarim, 2020).

Menurut Wardoyo dkk. (2019) Tanah lunak adalah jenis tanah dengan tingkat kemampatan (*kompresibilitas*) yang tinggi dan umumnya tersusun dari lempung berumur Holosen, yaitu kurang dari 10.000 tahun. Tanah ini terbentuk alami dari proses endapan di wilayah dataran aluvial seperti pantai, sungai, danau, serta rawa. Karakteristik utamanya meliputi konsistensi yang lunak hingga sangat lunak, kandungan tinggi, kemampuan memampat besar, daya dukung rendah, serta potensi penurunan tanah yang signifikan. Kondisi tersebut menjadikan tanah lunak sebagai salah satu tantangan utama dalam bidang teknik geoteknik dan infrastruktur perencanaan, karena sifat yang tidak stabil dapat mewujudkan proses konstruksi dan meningkatkan risiko penurunan tanah.

Karena tanah lunak memiliki karakteristik fisik yang kurang menguntungkan, seperti konsistensi lunak, kandungan air tinggi, dan daya dukung rendah, sering kali ditemukan di daerah dataran rendah dan lahan rawa, yang merupakan lokasi pembentukan tanah tersebut melalui proses endapan alami. Dalam konteks ini, lokasi penelitian di Sta 109 + 100, yang berada di kawasan dataran rendah dan lahan bekas rawa, tanah bekas rawa umumnya memiliki karakteristik fisik yang kurang mendukung untuk konstruksi jalan karena kandungan airnya tinggi, sehingga daya dukung tanah menjadi rendah. Parameter yang digunakan untuk menilai daya dukung tanah adalah nilai CBR. Pengujian ini berdasarkan pada prinsip penetrasi, di mana kita menusukkan sebuah benda ke dalam bahan yang sedang diuji. Dengan metode ini, kita bisa memancarkan kekuatan tanah dasar dan bahan lainnya yang digunakan untuk membangun perkerasan. Hasil pengujian yang dilakukan oleh pihak proyek menunjukkan bahwa nilai *California Bearing Ratio* (CBR) tanah asli di lokasi tersebut hanya sebesar 3,25%. Nilai ini berada di bawah standar minimum 6% sebagaimana tercantum dalam Spesifikasi Umum untuk

Jalan Bebas Hambatan dan Jalan Tol yang diterbitkan oleh Direktorat Jenderal Bina Marga (2020). Berdasarkan hasil tersebut, tanah pada Sta 109 + 100 dinilai sebagai tanah lunak yang tidak memenuhi persyaratan daya dukung untuk konstruksi jalan.

Upaya perbaikan tanah guna mendirikan konstruksi jalan yang aman dan berkelanjutan maka dipilih stabilisasi tanah sebagai metode peningkatan daya dukung tanah. Menurut Hangge dkk. (2021) Stabilisasi tanah adalah suatu teknik yang diterapkan sebagai peningkatkan karakteristik tanah dasar, perbaikan dilakukan hingga daya dukung tanah meningkat, Akibatnya tanah lebih stabil sehingga mampu menopang beban bangunan yang berdiri di atasnya dengan aman. Jenis stabilisasi yang digunakan adalah stabilisasi mekanis, yaitu dengan menambah bahan limbah sebagai stabisator. Pendekatan ini dipilih karena keefektifannya dalam memperkuat tanah lunak secara ekonomis dan berkelanjutan, khususnya dengan memanfaatkan bahan lokal misalnya abu sekam padi dan bubuk arang kayu, yang tidak hanya meningkatkan kapasitas dukung tanah tetapi juga menurunkan biaya konstruksi serta dampak lingkungan jika dibandingkan dengan metode konvensional seperti penerapan semen atau kapur.

Menurut Ariyani & Nugroho (2007), Proses pembakaran sekam padi menyebabkan senyawa organik di dalamnya terdegradasi dan hilang, sehingga yang tersisa adalah residu berupa abu dengan kandungan silika yang relatif tinggi. Selain itu, pemanasan silika di sekam padi memicu perubahan struktur yang mempengaruhi dua aspek, yakni tingkat reaktivitas pozzolan serta derajat kehalusan partikel abu. Abu tersebut dapat digunakan sebagai bahan pencampur tanah karena memiliki kandungan silika yang tinggi, serta adanya elemen kapur bebas yang memiliki kemampuan mengeras secara alami. Dengan demikian, keunggulan stabilisasi dengan abu sekam padi tidak hanya meningkatkan daya dukung tanah melalui mekanisme pengujian di laboratorium, tetapi juga membantu mengurangi volume limbah sekam padi, menekan biaya konstruksi, dan memanfaatkan sumber daya yang melimpah di Indonesia sebagai negara dengan konsumsi padi yang sangat tinggi. Dengan demikian, abu sekam padi berpotensi menjadi alternatif material stabilisasi yang inovatif, ekonomis, dan ramah lingkungan.

Menurut Sarie (2021), Bubuk arang kayu berperan untuk memperbaiki sirkulasi air dan udara di dalam tanah, sekaligus berperan dalam mengikat karbon. Selain itu, bahan ini dapat menurunkan tingkat perkembangan susut tanah karena sifatnya yang mampu mereduksi indeks plastisitas. Penambahan bubuk arang kayu ke dalam tanah terbukti efektif dalam menurunkan tingkat plastisitas dan meningkatkan daya dukung tanah. Selain meningkatkan stabilitas tanah, pemanfaatan limbah ini juga berkontribusi pada efisiensi biaya konstruksi. Ketersediaannya yang melimpah berasal dari limbah kayu hutan, sisa pertanian, dan hasil pembakaran industri menjadikannya bahan alternatif yang berkelanjutan serta ramah lingkungan.

Abu sekam padi dan bubuk arang kayu digabungkan menjadi satu campuran untuk menentukan nilai optimal dari masing-masing bahan dalam meningkatkan daya dukung tanah. Abu sekam padi memiliki kemampuan untuk meningkatkan stabilitas tanah, karena bahan tersebut mengandung silika yang dapat memperbaiki susunan partikel tanah agar menjadi lebih padat dan keras, sehingga daya dukung dan kekuatan tanah secara keseluruhan meningkat. Namun, penggunaan abu sekam padi secara berlebihan berpotensi menyebabkan tanah menjadi lunak dan rapuh, akibat adanya kelebihan silika yang tidak dapat diserap oleh tanah. Sementara itu, bubuk arang kayu yang kaya akan unsur karbon juga berkontribusi dalam memperbaiki ikatan antarpartikel tanah,

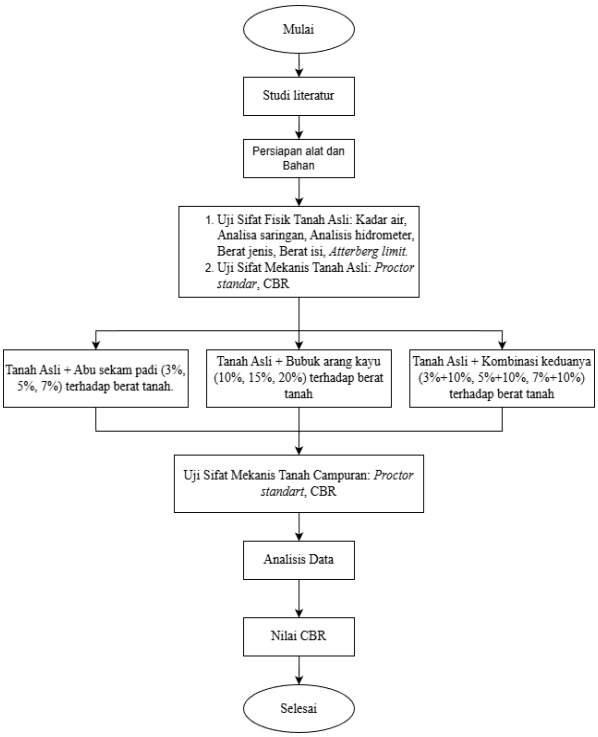
sehingga struktur tanah menjadi lebih padat dan stabil ketika menerima beban atau tekanan. (Misdalena & Al Faritzie, 2023).

Periode pemeraman selama 1 hari digunakan untuk mengamati respon awal dari proses stabilisasi tanah. Pemeraman 3 hari bertujuan untuk melihat perkembangan proses stabilisasi yang mulai menunjukkan kestabilan dibandingkan pemeraman 1 hari. Sementara itu, pemeraman 7 hari diasumsikan sebagai kondisi di mana campuran tanah telah mencapai homogenitas dan hidrasi yang sempurna. Adapun periode perendaman selama 1, 3, dan 7 hari digunakan untuk mensimulasikan kondisi lapangan saat terjadi curah hujan berturut-turut selama periode yang sama. Kondisi ini merepresentasikan situasi jangka panjang di lapangan, seperti saat musim hujan yang menyebabkan tanah menjadi jenuh air secara penuh.

Melalui penelitian ini, diharapkan pemanfaatan limbah hasil pembakaran tersebut tidak hanya membantu mengurangi pencemaran lingkungan, tetapi juga mampu meningkatkan daya dukung tanah sehingga memberikan kontribusi positif terhadap kualitas konstruksi jalan.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan untuk mengevaluasi efektivitas abu sekam padi dan bubuk arang kayu dalam mengingkatkan daya dukung pada tanah lunak, Sehingga berpotensi dimanfaatkan sebagai bahan stabilisasi tanah. Gambar 1 menampilkan alur proses tahapan perencanaan penelitian secara sistematis.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

Penelitian ini secara garis besar terdiri dari beberapa tahapan, yaitu:

1. Studi Literatur

   Studi literatur dan tinjauan pustaka adalah mengambil informasi dari berbagai jurnal, panduan, konferensi, pedoman peraturan, dan bahan bacaan lainnya yang menjadi referensi penelitian ini.

2. Teknik Pengumpulan Data

Penelitian ini memanfaatkan dua jenis sumber data, yaitu data primer sebagai dasar analisis utama dan data sekunder sebagai pendukung data. Data primer diperoleh langsung melalui observasi di lapangan serta serangkaian uji laboratorium untuk mendapatkan hasil empiris yang akurat. Sementara itu, data sekunder dikumpulkan dari berbagai referensi ilmiah, termasuk jurnal dan literatur yang membahas topik stabilisasi tanah lunak menggunakan abu sekam padi serta bubuk arang kayu.

Tabel 1. Daftar sampel tanah asli

Jenis data	Sumber data	Tipe data	Kegunaan
Data primer	Uji laboratorium	Kadar air	Menentukan nilai kadar air tanah asli.
		Analisa saringan	Menganalisis tingkat butiran tanah asli.
		Analisa hidrometer	Menentukan distribusi ukuran butiran tanah asli.
		Batas batas *Atterberg*	Menentukan sifat plastis tanah asli.
		Berat Jenis	Menentukan berat jenis tanah asli.
		Berat isi	Menentukan berat isi tanah asli
		Pengujian pemadatan	Menentukan kepadatan dan kadar air optimal tanah asli.
		CBR (*Californi Bearing Ratio*)	Menentukan kekuatan pembebanan dengan daya dukung tanah asli.

Tabel 2. Daftar sampel tanah campuran

Jenis data	Sumber data	Tipe data	Kegunaan
Data primer	Uji laboratorium	Pengujian pemadatan	Menentukan kepadatan dan kadar air optimal tanah campuran abu sekam padi, bubuk arang kayu dan kombinasi keduanya
		CBR (*California Bearing Ratio*)	Menentukan kekuatan pembebanan dengan daya dukung tanah campuran abu sekam padi, bubuk arang kayu dan kombinasi keduanya

3. Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Bahan dan Material PT. Hutama Karya Infrastruktur. Untuk sampel tanah yang diteliti diambil di lokasi Proyek Pembangunan Jalan Tol Trans Sumatera Ruas Betung (Simpang Sekayu) – Tempino – Jambi Seksi 2B tepatnya di Sta 109+100 yang terletak di Desa Mendis Jaya, Kecamatan Bayung Lencir, Kabupaten Musi Banyuasin, Sumatera Selatan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini fokus untuk menganalisis pengaruh penambahan abu sekam padi dan bubuk arang kayu terhadap peningkatan daya dukung tanah lunak dengan pengujian CBR soaked dengan masa perendaman 1 hari, 3 hari, 7 hari dan CBR unsoaked dengan masa pemeraman 1 hari, 3 hari, 7 hari.

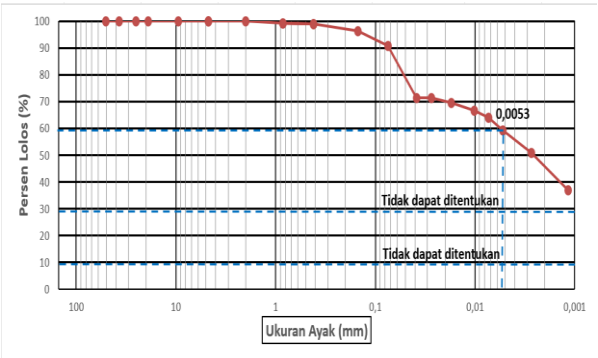
1. Hasil Pengujian Indeks Properties dan Sifat Fisik Tanah Asli

Tabel 3. Hasil Pengujian Kadar Air

No Cawan		A	B	C
Berat Tanah Basah + Cawan (W1)	gr	40,60	39,70	35,30
Berat Tanah Kering + Cawan (W2)	gr	34,48	33,33	30,55
Berat Cawan (W3)	gr	14,10	12,60	15,30
Berat Air	gr	6,12	6,37	4,75
Berat Tanah Kering	gr	20,38	20,73	15,25
Kadar Air (W)	(%)	30,03	30,73	31,15
Kadar Air Rata - Rata (Wavg)	(%)	30,63513151		

Tabel 4. Tabel Rekapitulasi Presentase Ukuran Butiran

Keterangan	Hasil	Satuan
Presentase Lolos Ayakan No.200 (75mm)	90,72	%
Presentase fraksi pasir (No.4>D>No.200)	9,28	%
Presentase fraksi kerikil (No.4<D)	0,00	%



Gambar 2. Grafik Hasil Uji Analisis Hidrometer

Berdasarkan grafik diatas diameter butir yang ditentukan pada persentase 10% (D10), pada persentase 30% (D30), dan pada persentase 60% (D60):
D10 = 0,0053 mm
D30 = Tidak dapat ditentukan
D60 = Tidak dapat ditentukan

Tabel 5. Data Untuk Pengklafikasian Tanah Menggunakan Sistem AASHTO

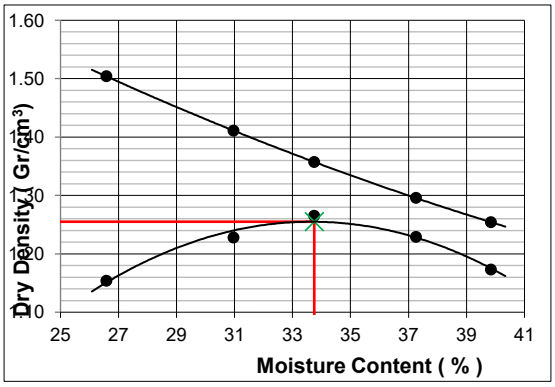
Jenis Pengujian		Hasil
Pengujian Analisa Saringan	Presentase Lolos Ayakan No.200 (75mm)	90,72%
	Presentase fraksi pasir (No.4>D>No.200)	9,28%
	Presentase fraksi kerikil (No.4<D)	0,00%
Pengujian *Atterberg Limit*	Nilai Batas Cair (LL)	54,15%
	Nilai Batas Plastis (PL)	37,13%
	Nilai Indeks Plastisitas (IP)	17,02%

Dari Tabel 5, hasil pengujian analisa saringan dan atterber limit masuk kedalam kolom klasifikasi kelompok A-7. Dimana untuk tanah yang lolos saringan no. 200 ≥ 36%, sedangkan untuk nilai batas cair (LL) ≥ 41% dan untuk nilai indeks plastisitas (IP) ≥ 11%. Oleh karena itu, tanah pada Proyek Pembangunan Jalan Tol Trans Sumatera Ruas Betung – Tempino – Jambi Seksi 2B pada Sta. 109+100 termasuk kedalam klasifikasi kelompok A-7. Dalam klasifikasi kelompok A-7 perlu diklasifikasikan kembali agar mengetahui masuk kedalam A-7-5 (PI ≤ LL - 30) atau A-7-6 (PI ≥ LL - 30). Karena nilai PI (17,02%) ≤ LL (54,15%) - 30 maka termasuk kedalam A-7-5.

Nilai berat jenis tanah asli diperoleh sebesar 2,505 yang menunjukkan bahwa butiran padat tanah tersebut 2,505 kali lebih berat dari pada volume air yang sama pada suhu standar dan berat isi tanah 1,689 gram/cm3.

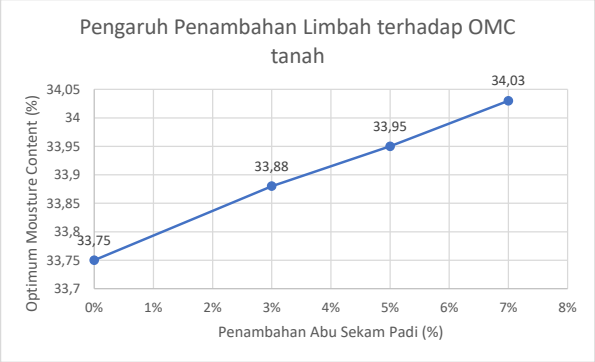
2.Hasil Pengujian Sifat Mekanis Tanah Asli dan Campuran

a. Pengujian Pemadatan

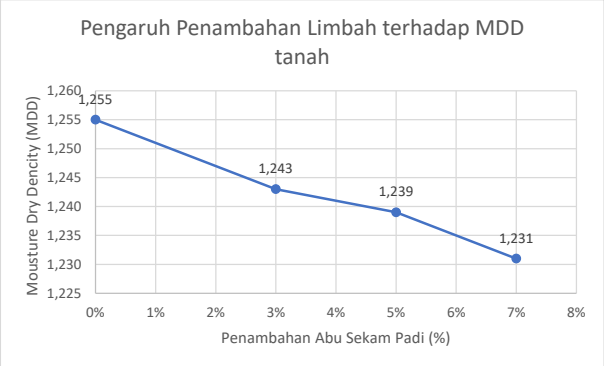


Gambar 3. Grafik Hasil Pengujian Pemadatan Tanah Asli

Berdasarkan grafik uji pemadatan tanah asli di atas, dapat disimpulkan bahwa kadar air optimum (OMC) tanah tersebut adalah sebesar 33,75 % dengan berat isi kering maksimum (MDD) sebesar 1,255 gr/cm3.

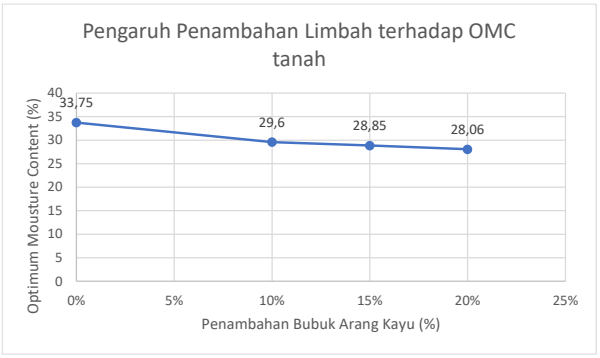


Gambar 4. Pengaruh Penambahan Abu Sekam Padi terhadap OMC tanah

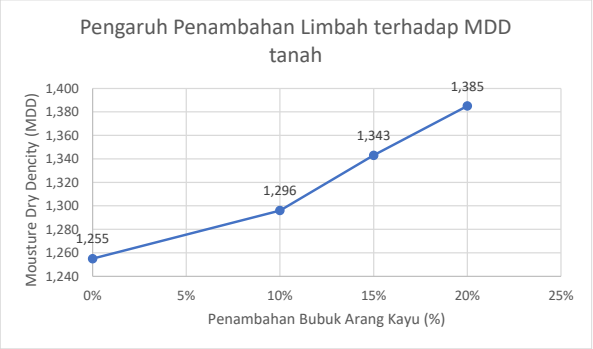


Gambar 5. Pengaruh Penambahan Abu Sekam Padi terhadap MDD tanah

Dari Gambar 4 dan Gambar 5, pada setiap penambahan abu sekam padi, nilai OMC mengalami kenaikan dibanding dengan tanah asli dan nilai MDD mengalami penurunan dibanding dengan tanah asli. Untuk nilai OMC yang mengalami kenaikan paling besar dan MDD paling kecil ada pada campuran tanah + ASP 7% dibanding dengan tanah asli dan variasi tanah + ASP 3% serta tanah + ASP 5% dengan nilai OMC sebesar 33,88% dan MDD sebesar 1,243 gram/cm3, OMC sebesar 33,95% dan MDD sebesar 1,231 gram/cm3.

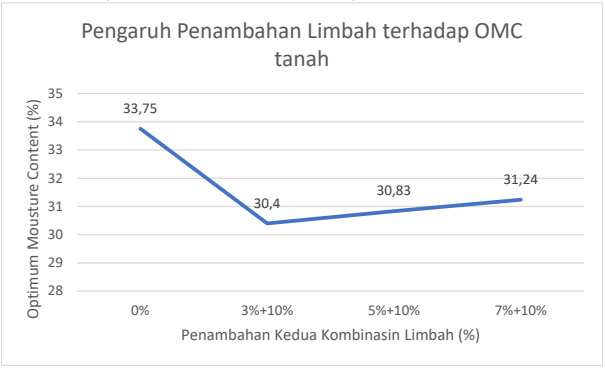


Gambar 6. Pengaruh Penambahan bubuk arang kayu terhadap OMC tanah

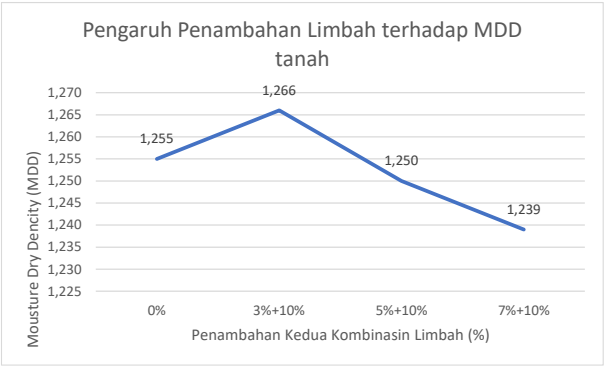


Gambar 7. Pengaruh Penambahan Bubuk Arang Kayu terhadap MDD tanah

Dari Gambar 6 dan Gambar 7, pada setiap penambahan campuran bubuk arang kayu, nilai OMC mengalami penurunan dibanding dengan tanah asli dan nilai MDD mengalami kenaikan dibanding dengan tanah asli. Untuk nilai OMC paling kecil dan MDD kenaikan paling besar ada pada campuran tanah + AK 20% dibanding dengan tanah asli dan variasi tanah + AK 10% serta tanah + AK 15% dengan nilai OMC sebesar 29,6% dan MDD sebesar 1,296 gram/cm3, OMC sebesar 28,85% dan MDD sebesar 1,343 gram/cm3.



Gambar 8. Pengaruh Penambahan Kombinasi Kedua Limbah terhadap OMC tanah



Gambar 9. Pengaruh Penambahan Kombinasi Kedua Limbah terhadap MDD tanah

Dari Gambar 8 dan Gambar 9, pada setiap penambahan campuran kedua kombinasi limbah, nilai OMC mengalami penurunan dibanding dengan tanah asli dan nilai MDD mengalami kenaikan dan penurunan dibanding dengan tanah asli. Untuk nilai OMC paling kecil dan MDD yang mengalami kenaikan paling besar ada pada campuran tanah + ASP 3% + AK 10% dibanding dengan tanah asli dan variasi tanah + ASP 5% + AK 10% serta tanah + ASP 7% + AK 10% dengan nilai OMC sebesar 30,83% dan MDD sebesar 1,250 gram/cm3, OMC sebesar 31,24% dan MDD sebesar 1,239 gram/cm3.

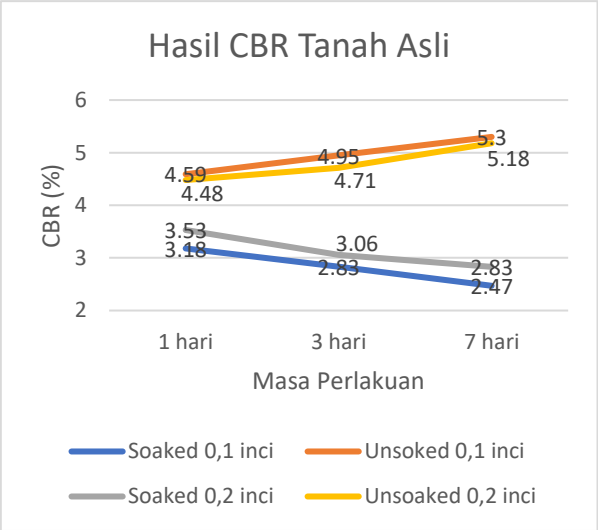
Tabel 6. Hasil Pengujian CBR Tanah Asli

Sampel	Masa Perlakuan (Hari)	*Unsoaked*		*Soaked*	
		0,1 inci	0,2 inci	0,1 inci	0,2 inci
Tanah Asli	1	4,59	4,48	3,18	3,53
	3	4,95	4,71	2,83	3,06
	7	5,30	5,18	2,47	2,83

b.Pengujian CBR

Tabel 7. Hasil Pengujian CBR Tanah Asli

Sampel	Masa Perlakuan (Hari)	*Unsoaked*		*Soaked*	
		0,1 inci	0,2 inci	0,1 inci	0,2 inci
Tanah Asli	1	4,59	4,48	3,18	3,53
	3	4,95	4,71	2,83	3,06
	7	5,30	5,18	2,47	2,83



Gambar 10. Rekapitulasi Hasil CBR Tanah Asli

Dari gambar 10, nilai CBR pada penetrasi 0,1 inci dan 0,2 inci seiring lama masa pemeraman mengalami kenaikan, sebaliknya semakin lama masa perendaman nilai CBR pada penetrasi 0,1 inci dan 0,2 inci mengalami penurunan. Nilai CBR unsoaked terbesar ada pada masa pemeraman 7 hari dengan nilai CBR 0,1 inci sebesar 5,3 % dan CBR 0,2 inci sebesar 5,18 %, sedangkan nilai CBR unsoaked terkecil ada pada masa pemeraman 1 hari dengan nilai CBR 0,1 inci sebesar 4,59 % dan CBR 0,2 inci sebesar 4,48 %. Untuk Nilai CBR soaked terbesar ada pada masa perendaman 1 hari dengan nilai CBR 0,1 inci sebesar 3,18 % dan CBR 0,2 inci sebesar 3,53 %, sedangkan nilai CBR soaked terkecil ada pada masa perendaman 7 hari dengan nilai CBR 0,1 inci sebesar 2,47 % dan CBR 0,2 inci sebesar 2,83 %.

Tabel 8. Tabel Hasil Rekapitulasi Nilai CBR Tanah + ASP

Masa Perlakuan	Variasi	*Unsoaked*		*Soaked*	
		0,1 inci	0,2 inci	0,1 inci	0,2 inci
1 Hari	Tanah Asli	4,59	4,48	3,18	3,53
	ASP 3%	5,30	5,65	4,24	4,95
	ASP 5%	6,36	6,83	5,30	5,89
	ASP 7%	8,13	8,48	6,01	6,36
3 Hari	Tanah Asli	4,95	4,71	2,83	3,06
	ASP 3%	6,01	6,12	3,53	4,24
	ASP 5%	6,71	7,07	4,59	5,65
	ASP 7%	8,48	8,72	5,65	6,12
7 Hari	Tanah Asli	5,30	5,18	2,47	2,83
	ASP 3%	6,36	6,60	3,18	3,77
	ASP 5%	7,42	7,30	4,24	4,95
	ASP 7%	9,19	8,95	5,30	5,89

Dari tabel 8, dapat dilihat bahwa penambahan abu sekam padi cenderung menaikkan nilai CBR dari hasil CBR tanah asli. Campuran tanah + abu sekam padi yang memiliki penambahan nilai CBR *unsoaked* paling besar ada pada tanah + ASP 7% dibanding dengan campuran lainnya. Berikut penambahan nilai CBR terhadap tanah asli, pada pemeraman 1 hari mendapat nilai 8,13% pada penetrasi CBR 0,1 inci dan 8,48% pada penetrasi CBR 0,2 inci, pada masa pemeraman 3 hari memiliki nilai 8,48% pada penetrasi CBR 0,1 inci dan 8,72% pada penetrasi CBR 0,2 inci, serta pada pemeraman 7 hari mendapat nilai 9,19% pada penetrasi CBR 0,1 inci dan 8,95% pada penetrasi CBR 0,2 inci.
Sedangkan untuk campuran yang mengalami kenaikan nilai CBR *soaked* paling besar terhadap nilai CBR soaked tanah asli ada pada campuran tanah + ASP 7%. Pada perendaman 1 hari mendapat nilai 6,01% pada penetrasi CBR 0,1 inci dan 6,36% pada penetrasi CBR 0,2 inci, pada masa perendaman 3 hari memiliki nilai 5,65% pada penetrasi CBR 0,1 inci dan 6,12% pada penetrasi CBR 0,2 inci, serta pada perendaman 7 hari mendapat nilai 5,30% pada penetrasi CBR 0,1 inci dan 5,89% pada penetrasi CBR 0,2 inci.

Pencampuran limbah abu sekam padi berpengaruh meningkatkan nilai CBR baik *unsoaked* maupun *soaked*. Kenaikan nilai CBR disebabkan karena kandungan limbah abu sekam padi yang meningkatkan stabilitas struktur tanah. Menurut Utami dkk. (2023) Peningkatan persentase abu sekam padi serta bertambahnya masa pemeraman terbukti berpengaruh terhadap peningkatan nilai CBR. Kondisi ini terjadi disebabkan abu sekam padi memiliki kandungan silikat yang bersifat pozzolan. Ketika dicampurkan dengan tanah lempung, material tersebut mengalami reaksi kimia yang berkembang seiring bertambahnya masa pemeraman. Selain itu, proses pemadatan pada campuran tanah

dan abu sekam padi menyebabkan material struktur menjadi lebih rapat, sehingga daya dukung tanah meningkat.

Tabel 9. Tabel Hasil Rekapitulasi Nilai CBR Tanah + AK

Masa Perlakuan	Variasi	*Unsoaked*		*Soaked*	
		0,1 inci	0,2 inci	0,1 inci	0,2 inci
1 Hari	Tanah Asli	4,59	4,48	3,18	3,53
	AK 10%	15,55	16,02	10,95	10,36
	AK 15%	16,25	16,72	11,31	11,31
	AK 20%	16,61	17,43	12,01	12,96
3 Hari	Tanah Asli	4,95	4,71	2,83	3,06
	AK 10%	16,25	16,49	9,19	10,13
	AK 15%	18,02	17,90	10,25	11,07
	AK 20%	18,73	19,08	10,95	12,25
7 Hari	Tanah Asli	5,30	5,18	2,47	2,83
	AK 10%	20,14	20,49	8,48	9,42
	AK 15%	20,49	20,73	9,54	10,84
	AK 20%	21,20	20,96	10,25	11,78

Dari tabel 9, dapat dilihat bahwa penambahan arang kayu cenderung menaikkan nilai CBR dari hasil CBR tanah asli. Campuran tanah + arang kayu yang memiliki penambahan nilai CBR *unsoaked* paling besar ada pada tanah + AK 20% dibanding dengan campuran lainnya. Berikut penambahan nilai CBR terhadap tanah asli, pada pemeraman 1 hari mendapat nilai 16,61% pada penetrasi CBR 0,1 inci dan 17,43% pada penetrasi CBR 0,2 inci, pada masa pemeraman 3 hari memiliki nilai 18,37% pada penetrasi CBR 0,1 inci dan 19,08% pada penetrasi CBR 0,2 inci, serta pada pemeraman 7 hari mendapat nilai 21,20% pada penetrasi CBR 0,1 inci dan 20,96% pada penetrasi CBR 0,2 inci.

Sedangkan untuk campuran yang mengalami kenaikan nilai CBR *soaked* paling besar terhadap nilai CBR soaked tanah asli ada pada campuran tanah + AK 20%. Pada perendaman 1 hari mendapat nilai 12,01% pada penetrasi CBR 0,1 inci dan 12,96% pada penetrasi CBR 0,2 inci, pada masa perendaman 3 hari memiliki nilai 10,95% pada penetrasi CBR 0,1 inci dan 12,25% pada penetrasi CBR 0,2 inci, serta pada perendaman 7 hari mendapat nilai 10,25% pada penetrasi CBR 0,1 inci dan 11,78% pada penetrasi CBR 0,2 inci.

Pencampuran limbah arang berpengaruh meningkatkan nilai CBR baik *unsoaked* maupun *soaked*. Kenaikan nilai CBR disebabkan karena kandungan limbah arang kayu yang mengurangi indeks plastisitas tanah serta memperbaiki sirkulasi air di dalam tanah. Pada penelitian yang dilakukan oleh Wulandari dkk. (2021), Hasil pengujian rendaman CBR dengan variasi penambahan serbuk arang kayu menunjukkan bahwa material tersebut memberikan pengaruh terhadap nilai CBR tanah. Penambahan serbuk arang kayu terbukti mampu meningkatkan daya dukung tanah. Seiring dengan bertambahnya proporsi serbuk arang kayu yang dicampurkan ke dalam tanah asli, nilai CBR yang dihasilkan cenderung mengalami peningkatan.

Tabel 1. Tabel Hasil Rekapitulasi Nilai CBR Tanah + ASP + AK

Masa Perlakuan	Variasi	*Unsoaked*		*Soaked*	
		0,1 inci	0,2 inci	0,1 inci	0,2 inci
1 Hari	Tanah Asli	4,59	4,48	3,18	3,53
	ASP 3% +AK 10%	6,36	6,83	6,01	6,60
	ASP 5% +AK 10%	7,07	7,54	6,36	7,07
	ASP 7% +AK 10%	7,42	8,01	7,07	7,54
3 Hari	Tanah Asli	4,95	4,71	2,83	3,06
	ASP 3% +AK 10%	6,71	7,54	5,65	6,12
	ASP 5% +AK 10%	7,77	8,01	6,01	6,83
	ASP 7% +AK 10%	8,13	8,24	6,36	7,30
7 Hari	Tanah Asli	5,30	5,18	2,47	2,83
	ASP 3% +AK 10%	7,42	8,01	4,95	5,89
	ASP 5% +AK 10%	8,13	8,48	5,30	6,12
	ASP 7% +AK 10%	8,83	9,42	6,01	6,36

Dari tabel 10, dapat dilihat bahwa penambahan kombinasi abu sekam padi serta bubuk arang kayu cenderung menaikkan nilai CBR dari hasil CBR tanah asli. Campuran tanah + abu sekam padi + arang kayu yang memiliki penambahan nilai CBR *unsoaked* paling besar ada pada tanah + ASP 7% + AK 10% dibanding dengan campuran lainnya. Berikut penambahan nilai CBR terhadap tanah asli, pada pemeraman 1 hari mendapat nilai 7,42% pada penetrasi CBR 0,1 inci dan 8,01% pada penetrasi CBR 0,2 inci, pada masa pemeraman 3 hari memiliki nilai 8,13% pada penetrasi CBR 0,1 inci dan 8,24% pada penetrasi CBR 0,2 inci, serta pada pemeraman 7 hari mendapat nilai 8,83% pada penetrasi CBR 0,1 inci dan 9,42% pada penetrasi CBR 0,2 inci.

Sedangkan untuk campuran yang mengalami kenaikan nilai CBR *soaked* paling besar terhadap nilai CBR soaked tanah asli ada pada campuran tanah + ASP 7% + AK 10% pada perendaman 1 hari mendapat nilai 7,07% pada penetrasi CBR 0,1 inci dan 7,54% pada penetrasi CBR 0,2 inci, pada masa perendaman 3 hari memiliki nilai 6,36% pada penetrasi CBR 0,1 inci dan 7,30% pada penetrasi CBR 0,2 inci, serta pada perendaman 7 hari mendapat nilai 6,01% pada penetrasi CBR 0,1 inci dan 6,36% pada penetrasi CBR 0,2 inci.

KESIMPULAN

Dari penelitian yang dilakukan penulis dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Berdasarkan hasil pengujian laboratorium yang dilakukan, didapatkan hasil pengujian kadar air sebesar 30,63%, pengujian analisa saringan menunjukkan tanah yang lolos saringan no. 200 sebesar 90,72% dan pengujian analisis hidrometer pada waktu 1440 menit sebesar 37,10%, sedangkan pada pengujian *atterberg limit* untuk nilai batas cair diperoleh 54,15%, nilai batas plastis 37,13% dan nilai *indeks plastisitas* 17,02% serta nilai *group indeks* sebesar 20, selanjutnya pengujian berat jenis sebesar 2,505 dan pengujian berat isi sebesar 1,68 gram/cm3. Dari hasil tersebut, sesuai dengan sistem klasifikasi tanah AASHTO (*American Association of State Highway and Transportation Official*) tanah pada Sta. 109 + 100 di Proyek Pembangunan Jalan Tol Trans Sumatera Ruas Betung – Tempino – Jambi Seksi 2B termasuk ke dalam kelompok klasifikasi A-7-5.
2. Berdasarkan hasil pengujian pemadatan pada tanah di Sta. 109 + 100 di Proyek Pembangunan Jalan Tol Trans Sumatera Ruas Betung – Tempino – Jambi Seksi 2B didapatkan nilai OMC sebesar 33,75% dan nilai MDD sebesar 1,255 gram/cm3. Adapun tanah yang ditambah abu sekam padi mengalami kenaikan pada OMC dan MDD semakin menurun seiring bertambahnya abu sekam padi. Sedangkan tanah yang ditambah bubuk arang kayu mengalami penurunan pada OMC dan kenaikan pada MDD. Dan tanah yang ditambah dengan penggabungan limbah abu sekam padi dan bubuk arang kayu mengalami penurunan OMC dan MDD mengalami kenaikan pada persenan 3% + 10% lalu mengalami penurunan secara bertahap pada persenan 5% + 10% dan 7% + 10%.
3. Berdasarkan hasil pengujian CBR pada Sta. 109 + 100 di Proyek Pembangunan Jalan Tol Trans Sumatera Ruas Betung – Tempino – Jambi Seksi 2B didapatkan nilai CBR *unsoaked* 1 hari sebesar 4,59% dan CBR *soaked* 1 hari sebesar 3,53%. Seiring lamanya pemeraman pada tanah asli maka nilai CBR semakin meningkat sedangkan semakin lama perendaman maka nilai CBR mengalami penurunan. Adapun untuk tanah asli yang ditambah limbah abu sekam padi mengalami kenaikan nilai CBR, kenaikan nilai CBR terbesar terhadap tanah asli ada pada campuran tanah + abu sekam padi 7% pada masa pemeraman 7 hari mendapat nilai sebesar 9,19% dan perendaman 1 hari mendapat nilai sebesar 6,36%. Selanjutnya untuk tanah asli yang ditambah limbah bubuk arang kayu mengalami kenaikan nilai CBR, kenaikan nilai CBR terbesar terhadap tanah asli ada pada campuran tanah + bubuk arang kayu 20% pada masa pemeraman 7 hari mendapat nilai sebesar 21,20% dan perendaman 1 hari mendapat nilai sebesar 12,96%. Dan tanah asli yang ditambah dengan penggabungan abu sekam padi serta bubuk arang kayu mengalami kenaikan nilai CBR, kenaikan nilai CBR terbesar terhadap tanah asli ada pada campuran tanah + abu sekam padi 7% + bubuk arang kayu 10% pada masa pemeraman 7 hari mendapat nilai sebesar 9,42% dan perendaman 1 hari mendapat nilai sebesar 7,07%.

DAFTAR PUSTAKA

American Association of State Highway and Transportation Officials. (1974). *Moisture-Density Relations of Soils Using a 2.5-kg (5.5-lb) Rammer and a 305-mm (12-in.)* Drop. AASHTO T 99-74. Washington, D.C.

American Association of State Highway and Transportation Officials. (1974). *Standard Method of Test for Specific Gravity of Soils*. AASHTO T 100-74. Washington, D.C.

American Association of State Highway and Transportation Officials. (1983). *Standard Method of Test for The California Bearing Ratio*. AASHTO T 193-83. Washington, D.C.

American Society for Testing and Materials (ASTM) D422. 1972, *Standard Test Method for Particle-Size Analysis of Soils*, ASTM International, United State.

American Society for Testing and Materials (ASTM) D 423-66. (1972). *Standard Test Method of Test for Liquid Limit of Soil*.

American Society for Testing and Materials (ASTM) D 424-74. (1971). *Standard Test Method of Test for Plastic Limit of Soil*.

American Society for Testing and Materials (ASTM) D 698-70. (1989). *Standard Test Method for Laboratory Compaction Characteristics of Soil Ussing Standard Efford*.

American Society for Testing and Materials (ASTM) D1883. (1987). *Standard Test Method for CBR (California Bearing Ratio) of Laboratory Compacted Soils*: ASTM International, United State.

American Society for Testing and Materials (ASTM) D 2216-71. (1989). *Standard Test Method for Laboratory Determination of Water (Moisture) Content of Soil and Rock by Mass*.

Alwiyah, S., Anggreana, V., & Mildawati, R. (2024). Pengaruh Campuran Spent Bleaching Earth (SBE) dan Semen Sebagai Bahan Stabilisasi Tanah Lempung Terhadap Nilai California Bearing Ratio (CBR). *Cantilever: Jurnal Penelitian dan Kajian Bidang Teknik Sipil*, *13*(2), 139–146.

Ariyani, N., & Nugroho, A. C. (2007). Pengaruh kapur dan abu sekam padi pada nilai cbr laboratorium tanah tras dari dusun seropan untuk stabilitas subgrade timbunan. *Majalah Ilmiah Ukrim Edisi1/th XII*.

Badan Standarisasi Nasional. 1994. SNI-03-3637-1994. Metode Pengujian Berat Isi Tanah Berbutir Halus. Badan Standarisasi Nasional : Jakarta.

Badan Standarisasi Nasional. 2008. SNI-03-1965-2008. Cara Uji Penentuan Kadar Air Untuk Tanah dan Batuan. Badan Standarisasi Nasional : Jakarta

Bowles, J. E. (1989). Sifat-sifat fisis dan Geoteknis Tanah. *Erlangga. Jakarta*.

Bowles, J. E., Wira, Hainin, J. K., & Silaban, P. (1986). *Analisa dan Disain Pondasi*. Erlangga.

Craig, R. F. (2004). *Craig's soil mechanics*. CRC press.

Desanta, C. (2017). Pemanfaatan Abu Sekam Padi Terhadap Nilai Kuat Dukung Tanah Di Bayat Klaten. *Doctoral dissetation, Universitas Muhammadiyah Surakarta*.

Hardiyatmo, H. C. (2002). Mekanika Tanah I, Edisi ketiga. *Penerbit PT, Gramedia Pustaka Utama, Jakarta*.

Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat (PUPR), Direktorat Jenderal Bina Marga. (2020). Spesifikasi Umum untuk Jalan Bebas Hambatan dan Jalan Tol 2020. Jakarta: Direktorat Jenderal Bina Marga

Putra, C. E., & Makarim, C. A. (2020). Analisis alternatif perbaikan tanah lunak dan sangat lunak pada jalan tol. *JMTS: Jurnal Mitra Teknik Sipil*, 1137–1150.

Wardoyo, S., Destiasari, F., Wahyudin, W., Hasibuan, G., & Sollu, W. P. (2019). Atlas Sebaran Tanah Lunak Indonesia. *Badan Geologi Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral*.