

Karakteristik Tanah Dasar Bekas Likuifaksi Desa Jono Oge Kecamatan Sigi Biromaru Kabupaten Sigi

Wahiduddin Basry¹, Hasanuddin², Dewi Sukmawaty^{*3}, Ahmad Sholeh⁴

^{1,2,3,4} Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Palu, Jalan Hangtuah
No. 114, Kota Palu

e-mail: ¹wahiduddinbasry01@gmail.com, ²hasanuddin@gmail.com, ^{3*}ummudeary80@gmail.com

Abstract

The 2018 earthquake and liquefaction disaster in Central Sulawesi left significant damage, including in Jono Oge Village, Sigi District. In Jono Oge Village, there was a significant change in the properties of the subsoil. Therefore, in the process of rebuilding the infrastructure, good planning is needed, especially in terms of analyzing the characteristics of the subsoil in the location. This study aims to identify the characteristics of the subsoil in Jono Oge Village. These characteristics include the physical properties of the subsoil obtained through sieve analysis, Atterberg limits, specific gravity of the soil, hydrometer analysis, unit weight (volume), and the mechanical properties of the subsoil obtained from compaction tests (optimum moisture content) and the California Bearing Ratio (CBR) laboratory value. Based on the AASHTO classification, the results of laboratory tests for sample 1 fall into the category of A-1 soil (stone fragments, gravel, and sand), while samples 2 and 3 fall into the category of A-4 soil (silty soil). The mechanical properties of the soil based on specific gravity tests show an average value of 2,66 for sample 1, indicating the presence of gravel and sand grains, while samples 2 and 3 have an average value of 2,59 and 2,58, indicating the presence of organic clay grains. Referring to the Bina Marga specification revision II 2018, this liquefaction soil is suitable for use as subgrade with the results of laboratory CBR tests showing an average value of 16.59% which exceeds the minimum limit of 6%.

Keywords: Soil characteristics, liquefaction, AASHTO, CBR

Abstrak

Bencana gempa dan likuifaksi tahun 2018 Sulawesi Tengah meninggalkan efek kerusakan yang cukup parah tidak terkecuali di Desa Jono Oge Kabupaten Sigi. Di Desa Jono Oge terjadi perubahan signifikan terhadap sifat-sifat tanah dasar, sehingga dalam proses pembangunan kembali infrastrukturnya diperlukan perencanaan yang baik terutama dalam hal analisis karakteristik tanah dasar di lokasi tersebut. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi karakteristik tanah dasar pada di Desa Jono Oge. Karakteristik tersebut meliputi sifat fisik tanah dasar yang diperoleh melalui pengujian analisis saringan, batas-batas Atterberg, berat jenis tanah, analisis hidrometer, berat isi (volume), serta sifat mekanis tanah dasar yang didapatkan dari pengujian pemadatan (kadar air optimum) dan nilai daya dukung tanah (CBR) laboratorium. Didasarkan pada klasifikasi AASHTO, hasil pengujian laboratorium untuk sampel 1 termasuk dalam kategori tanah A-1 (pecahan batu, kerikil, dan pasir), sementara sampel 2 dan sampel 3 masuk dalam kategori A-4 (tanah berlanau). Adapun sifat mekanis tanah berdasarkan pada pengujian berat jenis menunjukkan nilai rata-rata 2,66 untuk sampel 1, menunjukkan adanya kandungan butiran kerikil dan pasir, sedangkan sampel 2 dan sampel 3 memiliki nilai rata-rata 2,59 dan

2,58, menunjukkan adanya kandungan butiran lempung organik. Mengacu kepada spesifikasi Bina Marga revisi II 2018, tanah bekas likuifaksi ini cocok untuk digunakan sebagai tanah dasar (sub grade) dengan hasil pengujian CBR laboratorium menunjukkan nilai rata-rata sebesar 16,59% yang melebihi batas minimum 6%.

Kata kunci: Karakteristik tanah, likuifaksi, AASHTO, CBR

1. Pendahuluan

Lapisan tanah dasar merujuk pada lapisan tertentu dari tanah yang telah dipadatkan dengan ketebalan yang sesuai. Biasanya, tanah dasar berfungsi sebagai pondasi atau alas untuk jalan, terdiri dari material galian atau urugan yang kemudian dikompaksi pada bagian dasar struktur perkerasan. Semakin padat lapisan perkerasan, tekanan roda yang diterapkan pada tanah dasar akan tersebar dengan lebih merata. Karena itu, kedalaman tanah dasar dapat bervariasi tergantung pada beban yang dihadapi dan jenis perkerasan yang digunakan.

Perkerasan tanah dasar di jalan poros Palu – Palolo, Desa Jono Oge, Kecamatan Sigi Biromaru, Kabupaten Sigi menjadi fokus utama dalam penelitian ini. Jalan ini merupakan jalur vital yang menghubungkan antara Desa Jono Oge dan Desa Sidera. Karakteristik tanah dasar di ruas jalan tersebut dideskripsikan sebagai tanah lempung hingga pasir berlempung, sesuai dengan pengamatan langsung di lapangan (Wirawan & Widjajanto, 2020).

Bencana gempa dan likuifaksi tahun 2018 Sulawesi Tengah meninggalkan efek kerusakan yang cukup parah tidak terkecuali di Desa Jono Oge Kabupaten Sigi. Kerusakan terparah di Desa Jono Oge adalah hilangnya ruas jalan akibat pergeseran tanah sebagai akibat likuifaksi (Tim Pusat Studi Gempa Nasional, 2018). Fenomena likuifaksi mengakibatkan perubahan drastis pada karakteristik tanah dasar akibat getaran gempa. Proses ini mengubah lapisan tanah menjadi seperti cairan, yang membuatnya tidak mampu menahan beban bangunan di atasnya. Hal ini terjadi karena tekanan air pori yang meningkat secara drastis selama gempa, yang mendekati atau bahkan melebihi tegangan vertikal (Tohwata, 2008).

Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi karakteristik tanah dasar pada di Desa Jono Oge. Karakteristik tersebut meliputi sifat fisik tanah dasar yang diperoleh melalui pengujian analisis saringan, batas-batas Atterberg, berat jenis tanah, analisis hidrometer, berat isi (volume), serta sifat mekanis tanah dasar yang didapatkan dari pengujian pemadatan (kadar air optimum) dan nilai daya dukung tanah (CBR) laboratorium. Dengan demikian, hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan gambaran yang penting untuk pemahaman lebih lanjut tentang sifat dan karakteristik tanah bekas likuifaksi dalam konteks pengembangan infrastruktur jalan.

2. Metode Penelitian

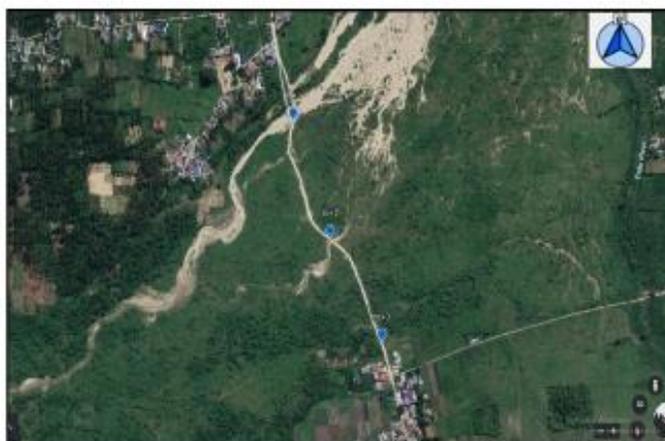
2.1 Lokasi Penelitian

Lokasi pengambilan sampel tanah berada di ruas jalan antara Desa Jono Oge dan Desa Sidera, terletak di Kecamatan Sigi Biromaru, Kabupaten Sigi, Provinsi Sulawesi Tengah. Di lokasi ini, terjadi pergeseran tanah akibat gempa yang menyebabkan bangunan-bangunan di atasnya mengalami pergeseran tidak

terkecuali jalan yang berada di lokasi tersebut seperti terlihat pada gambar 1 (Tim Pusat Studi Gempa Nasional, 2018). Selanjutnya, peneliti melakukan sampling tanah untuk dibawa ke Laboratorium pada tiga titik lokasi seperti terlihat pada gambar 2.



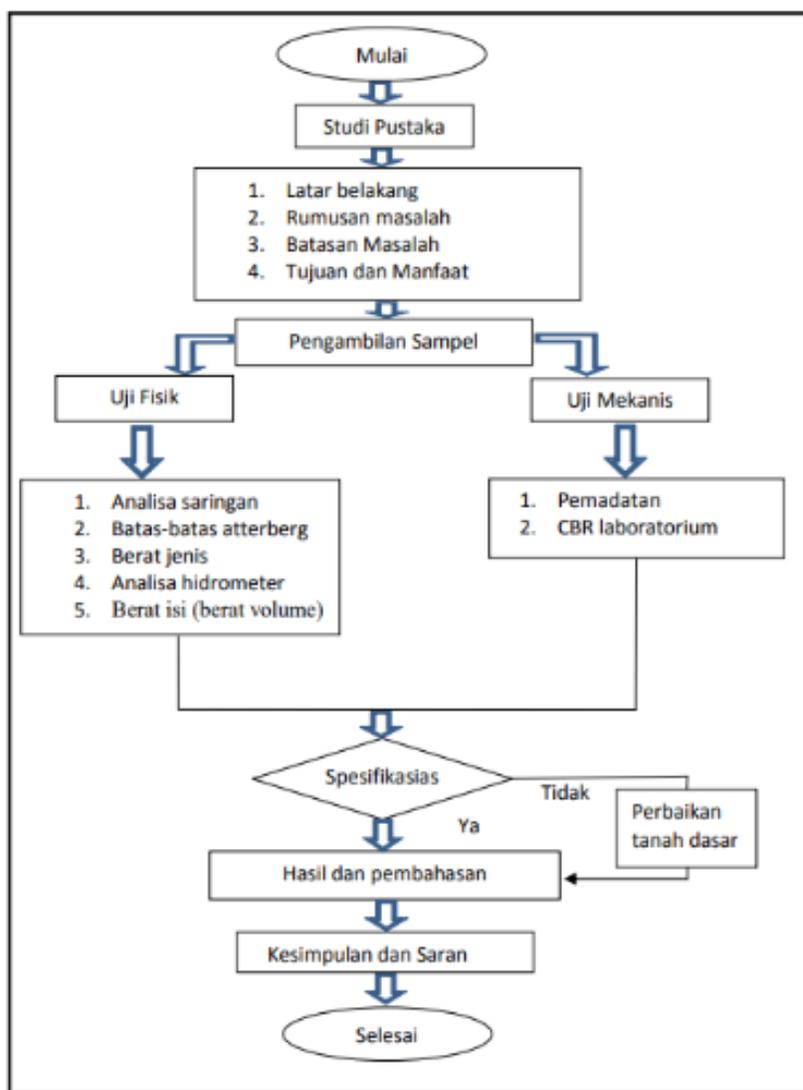
Gambar 1. Sebaran dampak likuifaksi di Desa Jono Oge
(Tim Pusat Studi Gempa Nasional, 2018)



Gambar 2. Peta daerah Pengambilan Sampel Tanah

2.2 Tahapan Penelitian

Penelitian ini dimulai dari melakukan kajian literatur terkait bencana gempa dan likuifaksi lokasi penelitian. Selanjutnya, tim melakukan pengambilan sampel tanah di lokasi penelitian untuk selanjutnya dibawa ke Laboratorium Mekanik Tanah Universitas Muhammadiyah untuk dilakukan uji fisik dan uji mekanis sebagaimana terlihat pada bagan alir di gambar 3.



Gambar 3 Diagram Alir Penelitian

2.3 Metode Pengujian

2.3.1 Pengujian Fisik Tanah

a. Analisa saringan untuk agregat kasar dan halus (SNI ASTM C136:2012)

Metode ini sering digunakan untuk mengevaluasi gradasi material seperti agregat. Hasil pengujian ini penting dalam menentukan sejauh mana distribusi ukuran partikel memenuhi persyaratan spesifikasi yang diperlukan untuk proses produksi berbagai jenis agregat dan campuran, sehingga berkontribusi dalam pengaturan yang efisien dan efektif dalam proses tersebut.

b. Batas-batas Atterberg

1. Batas plastis dan indeks plastisitas tanah (SNI 1966:2008)

Dalam pengujian ini, kami menggunakan material tanah yang melewati saringan ukuran 0,425 mm (saringan No. 40) sebagai benda uji. Material ini dicampur dengan air suling hingga mencapai

konsistensi yang cukup plastis untuk dibentuk bulat memanjang dengan diameter 3 mm. Proses pembentukan ini dapat dilakukan dengan menggunakan telapak tangan atau alat khusus untuk mencapai batas plastis yang diinginkan. Setelah mencapai diameter 3 mm, benda uji yang mengalami retakan diambil untuk mengukur kadar airnya. Kadar air yang terukur pada saat retakan terjadi merupakan batas plastis dari tanah yang diuji.

2. Batas plastis dan indeks plastisitas (IP) tanah (SNI 1966:2008)

Angka IP tanah di peroleh setelah pengujian batas cair dan batas plastis selesai. Angka IP tanah merupakan selisih angka batas cair dan batas plastis.

c. Berat Jenis Tanah (SNI 1964:2008)

Standar ini mengatur prosedur pengujian untuk menentukan berat jenis tanah yang melewati saringan 4,75 mm (No. 4) menggunakan alat piknometer. Jika tanah mengandung partikel yang lebih besar dari saringan 4,75 mm (No. 4), maka bagian yang tertahan oleh saringan tersebut diuji sesuai dengan SNI 03-1969-1990. Jika tanah terdiri dari campuran partikel yang lebih besar dan lebih kecil dari saringan 4,75 mm (No. 4), contoh tanah harus dipisahkan menggunakan saringan 4,75 mm (No. 4).

d. Analisa Hydrometer

Metode analisis hidrometer digunakan ketika proses penyaringan dengan saringan ukuran < No. 200 (0,075 mm) tidak lagi efektif untuk menentukan ukuran butiran tanah yang sangat halus. Untuk mengatasi hal ini, tanah dicampur dengan air suling dan bahan dispersan untuk memastikan tanah terurai dengan baik. Selanjutnya, pengendapan butiran diamati menggunakan alat hidrometer. Kecepatan pengendapan butiran terhubung dengan rumus Stokes untuk mendapatkan distribusi ukuran butiran tanah secara akurat.

e. Berat Isi (Berat Volume) (SNI 03-3637-1994)

Metode pengujian ini dimaksudkan untuk pegangan dalam melakukan berat isi tanah berbutir halus dengan cetakan benda uji dan metode ini bertujuan untuk menyeragamkan dan mendapatkan nilai berat isi tanah halus dengan cetakan benda uji.

2.4.2 Pengujian Mekanis Tanah

a. Pemadatan (SNI 1742:2008)

Pada uji pemadatan tanah di laboratorium, tujuan utamanya adalah untuk menentukan nilai optimal kadar air dan kepadatan kering maksimum. Data ini penting karena digunakan untuk menetapkan standar yang harus dipenuhi dalam proses pemadatan tanah di lapangan.

b. CBR Laboratorium (SNI 1744:2012)

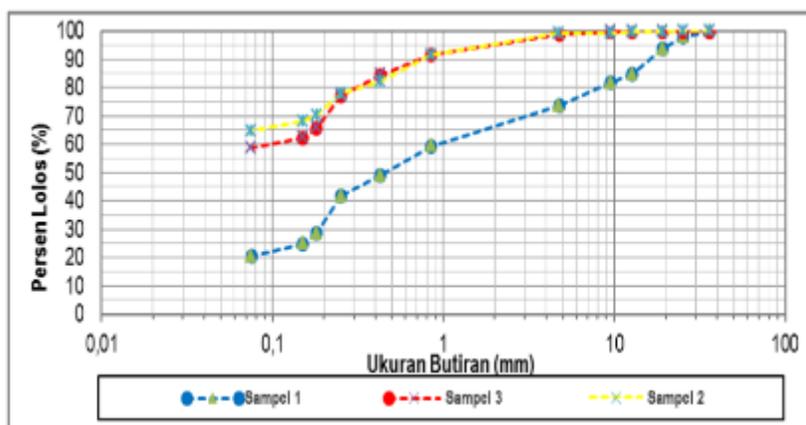
Pengujian ini penting untuk menilai kekuatan potensial material seperti lapisan dasar tanah, pondasi bawah, pondasi atas, dan bahan daur ulang yang digunakan dalam konstruksi jalan dan landasan pacu. Nilai CBR desain diperoleh melalui pengujian ini, dengan menghasilkan kurva yang menunjukkan hubungan antara CBR dan densitas kering dari setiap sampel uji. Selain itu, nilai CBR juga berfungsi untuk menentukan ketebalan yang dibutuhkan untuk lapisan perkerasan jalan secara tepat.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Hasil Pengujian Sifat Fisik Tanah

3.1.1 Pengujian Analisa Saringan

Pengujian analisa saringan adalah dengan melakukan penyaringan tanah dalam keadaan kering. Berdasarkan hasil analisis saringan seperti yang ditunjukkan pada gambar 4, terdapat perbedaan ukuran butiran sedimen antara sampel titik 1, 2, dan 3 karena lokasi pengambilan sampel yang berbeda. Titik 1 berada dekat sungai, sehingga mengandung banyak butiran pasir dan kerikil. Sementara itu, sampel titik 2 dan 3 lokasinya jauh dari sungai, sehingga tanahnya cenderung lebih lanau sesuai dengan kondisi lapangan.



Gambar 4 Grafik analisa saringan

3.1.2 Pengujian Batas-batas Atterberg

Berdasarkan hasil pengujian, terungkap bahwa satu jenis tanah dasar tidak menunjukkan sifat plastisitasnya. Hal ini disebabkan karena sampel yang diambil dari titik dekat sungai, terutama pada sampel titik pertama yang menunjukkan sifat non-plastis. Sementara itu, pada sampel titik kedua dan ketiga, perbedaannya dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Hasil Uji Batas - Batas Atterberg

Sampel	Batas Cair (LL)	Batas Plastis (PL)	Indeks Plastisitas (PI)
I	0	0	0
II	36,81	30,75	6,06
III	27,13	21,22	5,91
Rata-rata	31,97	25,98	5,99

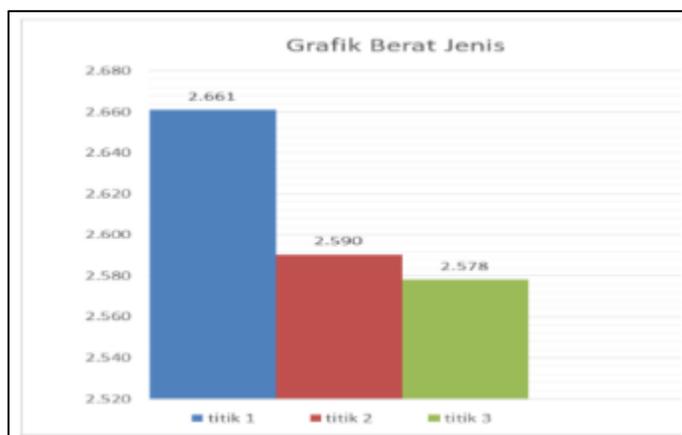
Berdasarkan hasil pengujian batas-batas atterberg di atas di peroleh nilai indeks plastisitas rata-rata 5,99 dimana nilai tersebut < 7 yang berarti tanah tersebut bersifat plastisitas rendah (Bowles, 1986).

3.1.3 Pengujian Berat Jenis Tanah

Pengujian ini dilakukan terhadap contoh tanah terganggu dengan menggunakan alat picnometer, dari hasil pengujian dapat dilihat bahwa untuk masing-masing titik pada umumnya mempunyai nilai berat jenis yang hampir sama, nilai rata-rata berat jenis tanah bisa dilihat pada tabel 2 dan gambar 5.

Tabel 2. Hasil Uji Berat Jenis

Sampel	Titik 1	Titik 2	Titik 3
Piknometer 1	2,669	2,594	2,565
Piknometer 2	2,653	2,587	2,592
Rata-rata	2,661	2,590	2,578

**Gambar 5 Grafik Hasil Pengujian Berat Jenis**

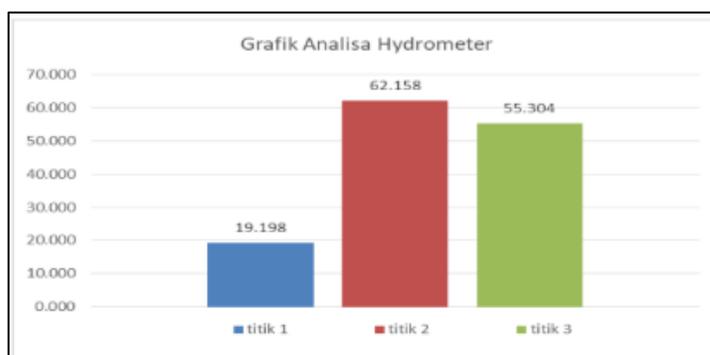
Berdasarkan tabel 2 diperoleh sampel 1 mempunyai nilai rata-rata 2,661 yang menunjukkan tanah tersebut mengandung butiran kerikil dan pasir. Sedangkan untuk sampel 2 dan 3 mempunyai nilai rata-rata 2,590 dan 2,578 yang menunjukkan tanah tersebut mengandung butiran lempung organik (Smith, 1986).

3.1.4 Pengujian Analisa Hydrometer

Dari hasil pengujian analisa hydrometer didapatkan bahwa:

- Sampel 1 diameter butiran terbesar adalah 19,20% pada waktu 0,5 menit dan yang terkecil adalah 7,77% pada waktu 1440 menit (24 jam).
- Sampel 2 diameter butiran terbesar adalah 62,16% pada waktu 0,5 menit dan yang terkecil adalah 19,47% pada waktu 1440 menit (24 jam).
- Sampel 3 diameter butiran terbesar adalah 55,30% pada waktu 0,5 menit dan yang terkecil adalah 20,04% pada waktu 1440 menit (24 jam).

Berdasarkan hasil pengujian hydrometer pada gambar 6, dapat kita lihat bahwa pada titik 1 persentase butiran yang terlarut sangat kecil, hal ini disebabkan karena dari sampel tanah yang di ujikan banyak mengandung butiran-butiran pasir dan kerikil. Sedangkan pada sampel 2 dan 3 persentase pengendapan butiran yang di dapat hampir sama dan lebih besar dari sampel yang pertama, hal ini disebabkan karena pada sampel tanah tersebut banyak mengandung butir halus (tanah berlanau) (Hardiyatmo, 2019).



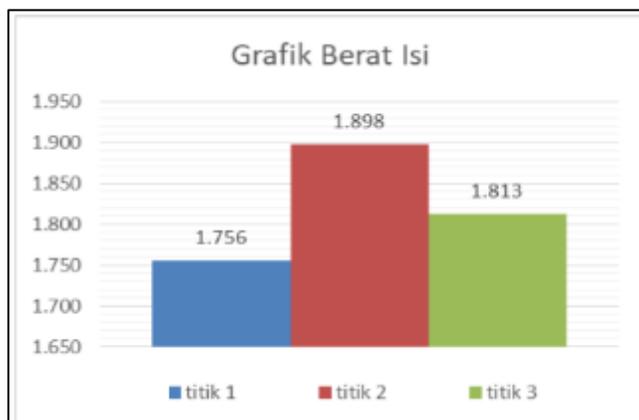
Gambar 6 Grafik Hasil Analisa Hydrometer

3.1.5 Hasil Uji Berat Isi Volume

Pengujian ini dilakukan terhadap sampel tanah yang tidak terganggu dengan cara membuat benda uji pada cetakan benda uji ratakan pada kedua ujungnya, kemudian timbang cetakan yang sudah di isi dengan benda uji tersebut, untuk mengetahui kadar air, berat isi basah dan berat isi keringnya dapat di lihat pada tabel 3 dan gambar 7.

Tabel 3 Hasil Uji Berat isi

Nilai Rata-rata	Sampel 1	Sampel 2	Sampel 3
Kadar Air	5,670	6,950	5,670
Berat Isi Basah	1,756	1,898	1,813
Berat Isi Kering	1,662	1,775	1,715



Gambar 7 Grafik Pengujian Berat Isi

Hasil pengujian berat isi yang telah dilakukan didapat berat isi tanah basah pada sampel 1 adalah 1,756 gram/cm³, sampel 2 adalah 1,898 gram/cm³, dan sampel 3 adalah 1,813 gram/cm³.

3.2 Hasil Pengujian Sifat Mekanis Tanah

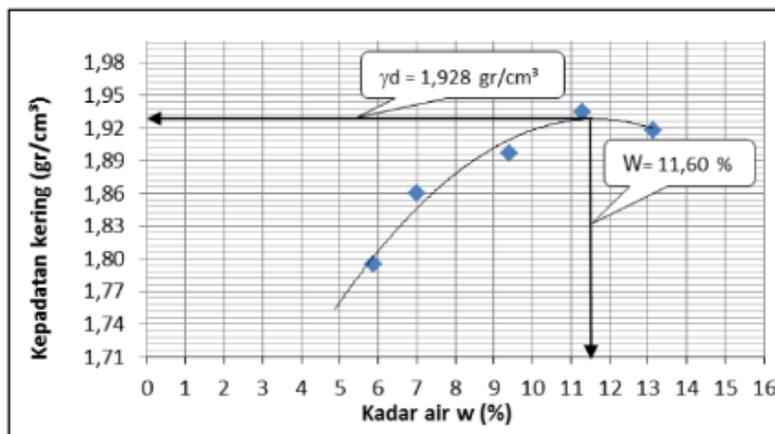
3.2.1 Pengujian Pamadatan Standar

Pengujian pemadatan dilakukan terhadap contoh tanah dari ruas jalan Jono Oge - Sidera yang terdampak likuifaksi, jenis pemadatan yang digunakan adalah proctor standar dengan jumlah lapisan sebanyak tiga

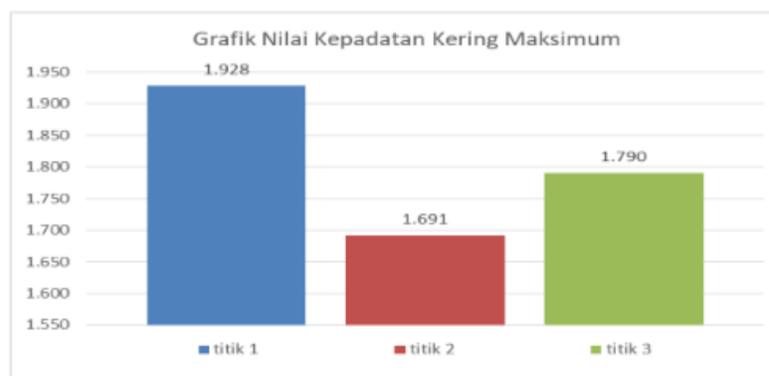
lapis dan pada setiap lapisan ditumbuk sebanyak 56 tumbukan (Jaya, Hasanuddin, & Basry, 2022). Untuk mengetahui nilai kadar air optimum dan kepadatan kering maksimumnya dapat di lihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 4. Hasil Pengujian Pemadatan Standar

Parameter	Titik 1	Titik 2	Titik 3
Kadar Air optimum (%)	11,60	11,80	12,85
Kepadatan Kering Maksimum (gr/cm ³)	1,928	1,691	1,790



Gambar 8 Grafik Hubungan Kepadatan Kering dan Kadar Air Optimum Sampel 1



Gambar 9 Grafik Nilai Kepadatan Kering Maksimum

Dari grafik kepadatan kering di atas dapat kita lihat bahwa hasil titik 1 memiliki nilai kepadatan kering maksimum dan kadar air optimum yang berbeda, hal ini dikarenakan sampel tanah pada titik 1 banyak mengandung material kerikil dan pasir sehingga mendapatkan kepadatan kering maksimum yang sangat tinggi dengan kadar air optimum yang rendah di bandingkan dengan titik 2 dan 3. Sedangkan pada titik 2 dan 3 memiliki nilai kepadatan kering maksimum dan kadar air optimum yang hampir sama, karena pada kedua sampel ini banyak mengandung butiran halus (tanah berlanau) sehingga di dapatkan nilai

kepadatan kering maksimum lebih rendah dan kadar air optimum yang tinggi di dibandingkan dengan sampel titik 1.

3.2.2 Pengujian CBR (*California Bearing Ratio*)

Tabel 5. Hasil Pengujian CBR Laboratorium

Lokasi	Berat Isi Kering (gr/cm ³)	Nilai CBR (%)
Sampel titik 1	1,928	18,092
Sampel titik 2	1,691	14,315
Sampel titik 3	1,790	17,372

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui seberapa besar daya dukung yang ada pada tanah tersebut, sehingga bisa menahan beban yang di berikan. Berdasarkan tabel 5 dari ketiga sampel yang di uji semuanya memiliki nilai CBR yang melebihi 6%, dimana tanah tersebut di anggap layak untuk di gunakan sebagai lapisan tanah dasar (Sukirman, 2010).

3.3 Pembahasan

Sistem klasifikasi AASHTO sebagai acuan perbandingan spesifikasi yang di gunakan, berdasarkan hasil pengujian untuk sampel 1 dalam klasifikasi umumnya sampel tanah tersebut termasuk material granuler karena persentase lolos saringan No. 200 adalah ($20,45\% < 30\%$).

- Persentase lolos saringan No. 200 sebanyak $20,45\% < 25\%$; maka tanah tersebut kemungkinan masuk dalam kategori tanah A-1 yaitu A-1-b.
- Persentase lolos saringan No. 40 sebanyak $48,98\% < 50\%$; maka pada titik 1 tanah tersebut masuk dalam kategori tanah A-1 yaitu A-1-b (pecahan batu, kerikil dan pasir).

Berdasarkan hasil pengujian untuk sampel 2 dalam klasifikasi umumnya sampel tanah tersebut termasuk tanah lanau dan lempung karena persentase lolos saringan no. 200 adalah ($64,82\% > 35\%$).

- Persentase lolos saringan no. 200. Sebanyak $64,82\% > 35\%$; maka kemungkinan tanah tersebut masuk dalam A-4, A-5, A-6 atau A-7.
- $LL = 36,81\% < 40\%$; maka kemungkinan tanah tersebut masuk dalam kategori A-4 dan A-6
- $PI = 6,06\% < 10\%$; berarti pada titik 2 tanah tersebut masuk dalam kategori tanah A-4 (Tanah berlanau).

Berdasarkan hasil pengujian untuk sampel 3 dalam klasifikasi umumnya sampel tanah tersebut termasuk tanah lanau dan lempung karena persentase lolos saringan no. 200 adalah ($61,72\% > 35\%$).

- Persentase lolos saringan no. 200. Sebanyak $61,72\% > 35\%$, maka kemungkinan tanah tersebut masuk dalam A-4, A-5, A-6 atau A-7.
- $LL = 27,13\% < 40\%$, maka kemungkinan tanah tersebut masuk dalam kategori A-4 dan A-6.
- $PI = 5,91\% < 10\%$, berarti pada titik 3 tanah tersebut masuk dalam kategori tanah A-4 (Tanah berlanau).

Dari klasifikasi AASHTO, sampel pertama termasuk dalam kategori tanah A-1-b (mengandung pecahan batu, kerikil, dan pasir), sementara sampel kedua dan ketiga masuk dalam kategori A-4 (tanah berlanau). Pengujian berat jenis menggunakan piknometer menunjukkan bahwa sampel tanah terganggu di

klasifikasikan sebagai tanah lempung organik, hasil pengujian CBR laboratorium menunjukkan nilai 16,59%, yang lebih tinggi dari persyaratan minimal 6% (Ukiman, 2016). Hal ini menunjukkan bahwa tanah dasar bekas likuifaksi di Desa Jono Oge memenuhi spesifikasi yang diperlukan (Spesifikasi Umum Bina Marga, 2018).

4. Kesimpulan

Berdasarkan klasifikasi AASHTO diketahui sampel titik 1 termasuk dalam kelompok jenis tanah A-1-b (mengandung pecahan batu, kerikil, dan pasir), sampel titik 2 dan 3 masuk dalam kelompok jenis tanah A-4 (tanah berlanau), secara kualitas maka tanah sampel titik 1 dinilai sebagai tanah dasar dengan kualitas baik sedangkan untuk sampel titik 2 dan 3 merupakan kelompok tanah dasar yang perlu dilakukan perbaikan. Sifat fisik tanah dapat nilai dari berat jenis, dimana berat jenis sampel titik 1 adalah 2,66, sedangkan untuk sampel titik 2 dan 3, nilai berat jenis masing-masing adalah 2,59 dan 2,58. Sifat mekanis tanah di Desa Jono Oge berdasarkan pengujian CBR laboratorium menunjukkan nilai rata-rata 16,59%, yang melebihi nilai minimum 6%, sehingga tanah tersebut dianggap layak digunakan sebagai lapisan tanah dasar.

Daftar Pustaka

- Bowles, J. E. (1986). *Sifat-sifat fisis dan geoteknis tanah (mekanika tanah) Edisi 2*. Erlangga.
Direktorat Jenderal Bina Marga. Spesifikasi Umum Bina Marga Tahun 2018 (2018).
Hardiyatmo, H. C. (2019). *Mekanika Tanah I: Edisi ke Tujuh*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
Jaya, R., Hasanuddin, H., & Basry, W. (2022). Rancangan Campuran Lapis Pondasi Atas Kelas A Menggunakan Material Ex. Sungai Lewara Desa Balane Kecamatan Kinovaro Kabupaten Sigi Provinsi Sulawesi Tengah. *Jurnal Kolaboratif Sains*, 5(3), 159–170. <https://doi.org/10.56338/jks.v5i3.2311>
Smith, M. J. *Mekanika Tanah* (1986). Erlangga.
SNI 03-3637-1994. SNI 03-3637-1994 Metode Pengujian Berat Isi Tanah Berbutir Halus Dengan Cetakan Benda Uji (1994).
SNI 1744:2012. SNI 1744:2012 Metode Uji CBR Laboratorium (2012).
SNI 1964:2008. SNI 1964:2008 Cara Uji Berat Jenis Tanah (2008).
SNI 1966:2008. SNI 1966:2008 Cara Uji Penentuan Batas Plastis Dan Indeks Plastisitas Tanah (2008).
SNI ASTM C136:2012. SNI ASTM C136:2012 Metode Uji Analisa Saringan (2012).
Sukirman, S. (2010). *Perencanaan Tebal Struktur Perkerasan Lentur*. Nova Bandung.
Tim Pusat Studi Gempa Nasional. (2018). *Kajian Gempa Palu Provinsi Sulawesi Tengah 28 September 2018 (M7.4)*. Pusat Litbang Perumahan dan Pemukiman, Balitbang PUPR Pusat (Vol. 1). Balitbang PUPR.
Tohwata, I. (2008). *Geotechnical Earthquake Engineering*. Springer.
Ukiman. (2016). Karakteristik Daya Dukung Tanah Dasar (Subgrade) Tanah Lempung Merah Kampus Polines melalui Uji CBR dengan Bahan Tambah Kapur. *Wahana Teknik Sipil*, 21(2), 122–129.
Wirawan, A., & Widjajanto, D. (2020). Identifikasi Sifat Fisik Tanah Pada Kawasan Terkena Dampak Likuifaksi Di Desa Jono Oge Lembah Palu. *Agrotekbis: E-Jurnal ...*, 8(1), 64–70. Retrieved from <http://jurnal.faperta.untad.ac.id/index.php/agrotekbis/article/view/1010>