

Karakteristik Material Jalan Angkut Tambang Berdasarkan Uji *Atterberg dan California Bearing Ratio*

Characteristics of Mine Haul Road Construction Materials Based on Atterberg Test and California Bearing Ratio

Yosa Megasukma^{*1}, Wahyudi Zahar², Jarot Wiratama³, Aditya Denny Prabawa⁴, M. Ikrar Lagowa⁵

¹⁻⁵ Program Studi Teknik Pertambangan, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Jambi

Corr Author: *yosamegasukma@unja.ac.id

ABSTRAK

Jalan angkut tambang merupakan sarana penting untuk pengangkutan material. Di PT. Inti Bara Nusalima kegiatan pengangkutan batubara dihentikan saat hujan, karena jalan tidak bisa dilalui alat angkut sehingga perlu perbaikan agar kegiatan pengangkutan dapat berjalan lancar. Perusahaan belum melakukan kajian tentang material jalan dan daya dukung material yang digunakan sebagai jalan angkut. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui klasifikasi material dilakukan dengan Uji *Atterberg* dengan standar AASHTO dan daya dukung material dengan Uji *Dynamic Cone Penetrometer* (DCP) untuk mendapatkan nilai *California Bearing Ratio* (CBR). Berdasarkan hasil analisis ukuran butir material dan uji batas cair dan batas plastis *Atterberg*, didapatkan bahwa material pada titik 1,2,5,8,9 dan 10 adalah material dengan plastisitas tinggi. Semakin tinggi indeks plastisitas suatu material, maka semakin tinggi potensial pengembangan dari material tersebut. Berdasarkan hasil Uji DCP diperoleh nilai CBR yang beragam dengan nilai CBR tertinggi sebesar 13% pada titik 6 dan nilai CBR terendah sebesar 6% pada titik 7. Berdasarkan pada pengujian tersebut menyatakan bahwa material yang digunakan pada jalan angkut dikategorikan sebagai tanah dasar sedang sampai buruk, maka diperlukan perawatan jalan yang baik agar material ini dapat bertahan lama sebagai jalan angkut.

Kata-kata kunci: Jalan Angkut, *Atterberg*, Dynamic Cone Penetrometer, California Bearing Ratio

ABSTRACT

Mine haul road is a means of transportation of materials. At PT. Inti Bara Nusalima, coal transportation activities are stopped when it rains, because the road cannot be passed by hauling equipment so it needs improvement so that the hauling activities can run smoothly. The company has not conducted a study on road materials and the carrying capacity of materials used as haul roads. This study was aimed to determine the classification of materials based on the *Atterberg* test with AASHTO standards and the carrying capacity of materials based on the *Dynamic Cone Penetrometer* (DCP) test to obtain the value of the *California Bearing Ratio* (CBR). Based on the results of material grain size analysis and *Atterberg* plastic limit and liquid limit tests, it was found that the material at points 1,2,5,8,9 and 10 is a material with high plasticity. The higher the plasticity index of a material, the higher the swelling potential of the material. Based on the results of the DCP Test, various CBR values were obtained with the highest CBR value of 13% at point 6 and the lowest CBR value of 6% at point 7. Based on the test, it can be concluded that the material used as the haul road is categorized as medium to bad base soil, so proper road maintenance is needed so that this material can last a long time as a haul road.

Keywords: Haul Road, *Atterberg*, Dynamic Cone Penetrometer, California Bearing Ratio

Submitted: 02-06-2022; Revised: 30-01-2023; Accepted: 13-02-2023; Available Online: 14-02-2023

Published by: Mining Engineering, Faculty of Engineering, Universitas Lambung Mangkurat

This is an open access article under the CCBYND license <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

©2023, Geosapta

PENDAHULUAN

Dalam beberapa tahun terakhir, tren harga batubara menunjukkan kenaikan positif tiap periode. Berdasarkan Grafik Harga Batubara Acuan publikasi dari Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral harga batubara pada bulan Maret 2022 mencapai 203,69 USD/ton [1]. Dengan kenaikan harga tersebut memberikan dampak peningkatan produksi Batubara pada perusahaan-perusahaan tambang di Indonesia yang mana juga menyebabkan peningkatan dalam kegiatan pengangkutan. Sebagian besar pada tambang permukaan menggunakan sistem truk untuk mengangkut material maupun kegiatan mobilitas lainnya. Dalam hal ini jalan angkut menjadi variabel penting pendukung kelancaran pengangkutan material.

Jalan angkut yang baik adalah kunci keberhasilan operasi pada tambang permukaan. Meskipun biaya pengangkutan dapat mencapai hingga 40% dari total biaya penambangan, jalan angkut tambang sebagian besar biasanya dirancang hanya berdasarkan metodologi empiris yang akan menghasilkan desain yang tepat [2]. Jalan Angkut yang dirancang dan dibangun sesuai dengan beban alat angkut bermuatan yang melewatinya akan memungkinkan truk dapat beroperasi pada kecepatan maksimum yang aman. Jalan angkut yang dirancang, dibangun, dan dirawat dengan buruk menjadi penyebab utama kenaikan pada biaya pengangkutan yang tinggi dan menimbulkan bahaya pada keselamatan kerja [3]. Selain itu menurut Roger, jalan angkut yang dirancang dan dibangun dengan buruk memberikan hambatan gelinding (*rolling resistance*) yang lebih tinggi dimana terjadi peningkatan

hambatan gelinding sebesar 1% yang dapat mengurangi kecepatan di tanjakan sebanyak 10% dan di jalan datar hingga 26% [4].

Landasan jalan yang stabil menjadi hal penting pada saat perancangan jalan angkut tambang. Konstruksi dengan penambahan material apa pun yang tidak dapat menopang berat alat yang akan melintasi permukaan akan sangat menghambat mobilitas dan kemampuan mengemudi kendaraan. Selain itu, kurangnya daya dukung material dengan kekuatan yang cukup stabil di bawah permukaan jalan, akan memungkinkan terjadinya permukaan jalan yang tidak rata dengan bentukan bekas ban alat, permukaan jalan yang bergelombang, serta mengakibatkan kerusakan menyeluruh yang lebih cepat pada jalan yang dilalui truk. Sehingga membutuhkan frekuensi pemeliharaan jalan angkut yang intensif untuk menjaga agar jalan tetap dapat dilalui alat angkut dengan lancar. Jalan angkut sebaiknya dirancang sesuai dengan beban alat angkut bermuatan yang akan melewatinya [5]. Selain itu jalan yang baik juga tentunya harus tahan terhadap perubahan cuaca. Kondisi cuaca pada suatu areal penambangan tidak dapat diprediksi secara tepat kapan akan terjadi hujan, atau akan tetap panas secara terus menerus. Beberapa material penyusun lapis jalan tambang terkadang masih rentan terhadap pengaruh cuaca, terutama daya tahannya terhadap resapan air hujan yang dapat mengakibatkan menurunnya daya dukung jalan pada saat dilewati alat angkut sehingga menyebabkan kerusakan pada jalan angkut tersebut.

Pada konstruksi jalan tambang umumnya kualitas lapisan jalan tambang tidak diperhatikan dengan baik dengan tujuan untuk menekan biaya, dimana biasanya perusahaan hanya menggunakan material timbunan yang ada di wilayah penambangan. Agar suatu perlapisan jalan memiliki daya dukung yang mampu menahan beban alat angkut yang akan melewatinya, maka struktur lapisan jalan yang ada harus dilakukan stabilisasi tanah untuk meningkatkan kekuatan tanah dengan mengetahui terlebih dahulu sifat fisik dan mekanik dari material lapisan tanah dasar (*subgrade*) sehingga dapat diketahui nilai dari daya dukung tanah. Untuk mengetahui suatu struktur lapis jalan berdasarkan nilai CBR dan klasifikasi material lapangan yang dapat memberikan daya dukung yang sesuai dengan alat angkut yang melewati jalan tersebut. Semakin tinggi nilai CBR material penyusun lapis jalan, maka akan semakin kuat pula daya dukung jalan tersebut. Sedangkan untuk mengetahui klasifikasi material jalan, digunakan uji analisis ukuran butir dan uji *atterberg* dengan didasarkan standar AASHTO [6].

Penelitian ini berdasar pada segmen jalan yang dianggap kritis atau yang mengalami kerusakan seperti amblesan yang membutuhkan perbaikan. Selain itu di lokasi penelitian belum mengetahui klasifikasi mengenai penggunaan material pengkerasan jalan, diaman hasil dari penelitian ini bisa menjadi rekomendasi untuk perusahaan pada saat merencanakan perbaikan jalan. Tanpa adanya proses

pemadatan yang baik dan menggunakan material yang tepat, menyebabkan keadaan pemadatan yang kurang sempurna dan nilai CBR material pembentuk lapis struktur jalan akan tetap rendah.

METODOLOGI

Desain Penelitian

Desain penelitian meliputi metode yang digunakan pada penelitian, yaitu berbasis metode survey deskriptif kualitatif. Proses pengambilan sampel berdasarkan kaidah *purposive sampling* yaitu dengan cara pengambilan secara selektif berdasarkan parameter yang telah ditentukan untuk pengambilan data yang representatif. Sampel material jalan diambil pada titik titik yang didasari oleh karakteristik jalan, dan kepadatan lalu lintas alat angkut. Sampel material dari jalan tersebut kemudian dianalisis parameter sifat fisik material berupa analisis ukuran butir, batas cair, dan batas plastis *atterberg*. Sedangkan untuk parameter sifat mekanis material berupa nilai CBR dilakukan uji DCP di lapangan penelitian dengan titik bervariasi untuk mendapatkan hasil yang menginterpretasikan tingkat kekuatan material terhadap beban diatas jalan tersebut.

Lokasi dan Waktu Penelitian

Pengambilan sampel penelitian dilakukan pada IUP PT. Inti Bara Nusalima yang secara administrasi berada pada Kelurahan Batin XXIX, Kabupaten Batanghari, Provinsi Jambi. Kemudian dilanjutkan dengan penelitian berbasis laboratorium di Laboratorium Fakultas Teknik Universitas Batanghari yang berada di Kota Jambi. Rentang waktu penelitian dimulai pada Bulan April 2021 sampai Oktober tahun 2021.

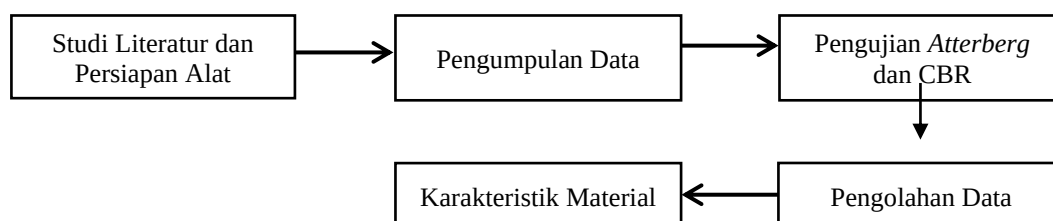
Tahapan Penelitian

Tahapan Pengumpulan Data

Pada penelitian ini, kegiatan pengumpulan data diawali dengan pengambilan sampel material jalan angkut di lapangan, kemudian sampel material jalan angkut tersebut dianalisis ke Laboratorium untuk dianalisis parameter sifat fisik dan sifat mekanis dari material jalan tersebut. Parameter sifat fisik meliputi analisis ukuran butir, batas cair dan batas plastis *Atterberg*. Selanjutnya parameter mekanis material diwakili oleh pengujian *Dynamic Cone Penetrometer* (DCP) di titik lokasi jalan yang ditentukan.

Tahapan Analisis Laboratorium

Pada penelitian ini tahapan analisis Laboratorium terfokus pada 4 parameter, antara lain pengujian ukuran butir, *atterberg*, DCP (*Dynamic Cone Penetrometer*) dan CBR (*California Bearing Ratio*) di lokasi pengambilan sampel material. Analisis Laboratorium ini menggunakan Fasilitas Laboratorium Fakultas Teknik Universitas Batanghari, Provinsi Jambi.

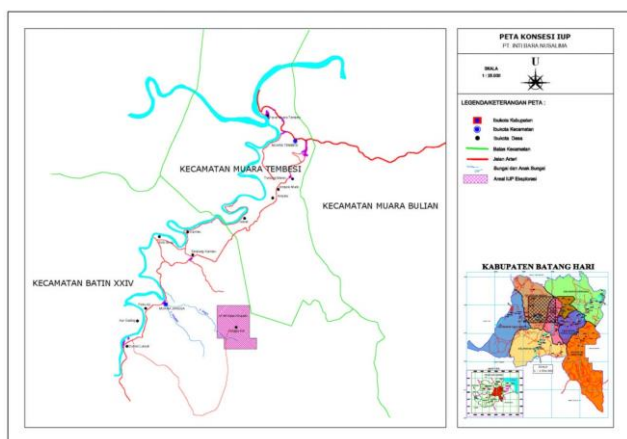


Gambar-1. Diagram Alir Metode Penelitian

HASIL DAN DISKUSI

Kondisi Lapangan

Lokasi Izin Usaha Pertambangan Operasi Produksi (IUP-OP) PT. Inti Bara Nusalima secara administratif terletak di Desa Jangga, Kecamatan Batin XXIV, Kabupaten Batanghari, Provinsi Jambi. Secara administratif lokasi IUP PT. Inti Bara Nusalima terletak di Desa Jangga, Kecamatan Batin XXIV, Kabupaten Batanghari yang berada di sebelah Barat dari Kota Jambi sebagai Ibukota Provinsi Jambi. Kesampaian lokasi IUP PT. Inti Bara Nusalima dapat dicapai dari kota Jambi melalui perjalanan darat ± 110 KM dengan waktu tempuh kurang lebih selama 2 jam dari kota Jambi melalui jalan lintas Provinsi Jambi-Sarolangun dengan kondisi jalan beraspal baik. Akses jalan menuju lokasi penyelidikan pada umumnya dapat dijangkau dengan memakai kendaraan roda empat atau roda dua. Sedangkan dalam lokasi penelitian sebagian daerah dapat dijangkau dengan jalan kaki.



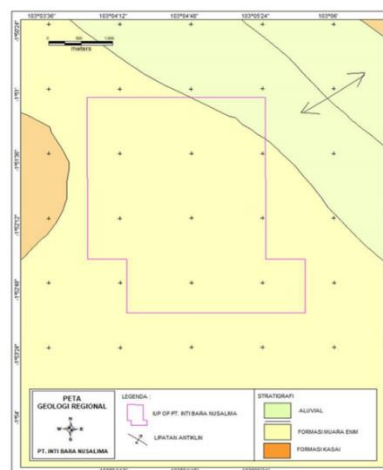
Gambar-2. Peta IUP PT Inti Bara Nusalima

Wilayah IUP PT. Inti Bara Nusalima berdasarkan peta geologi regional termasuk dalam formasi Muara Enim dan Aluvial. Formasi Muara Enim merupakan formasi pembawa batubara utama di Cekungan Sumatera Selatan. Penyebaran formasi ini sangat luas meliputi wilayah Provinsi Sumatera Selatan, Provinsi Jambi, dan sedikit di Provinsi Riau dan Provinsi Lampung dengan lokasi tipe dapat dijumpai di wilayah Kabupaten Kabupaten Muara Enim. Formasi ini diendapkan selaras di atas Formasi Airbenakat dan secara umum tersusun oleh batulempung, batupasir, batulanau tufaan dan batubara. Umur formasi ini diperkirakan Miosen Akhir – Pliosen.

Formasi alluvium (Qa) atau alluvial adalah formasi yang terdiri dari material liat kaolinit serta debu dengan sisipan pasir, kerakal, gambut dan bongkahan lepas yang merupakan endapan yang ditemukan di sungai dan rawa.

Dalam membuat peta kontur, ada beberapa sifat garis kontur yang harus diperhatikan. Jarak dua buah garis kontur secara horizontal akan makin rapat terhadap kontur interbal. Pada area dengan lereng-lereng yang seragam, garis-garis kontur akan tergambarkan sejajar serta berjarak antara satu dengan yang lainnya. Tidak akan terjadi perpotongan antara garis-garis kontur kecuali pada kondisi khusus. Pada area yang relatif datar, garis-garis kontur akan berbentuk garis lurus yang sejajar dan memiliki jarak yang sama. Garis-garis kontur juga merepresentasikan elevasi

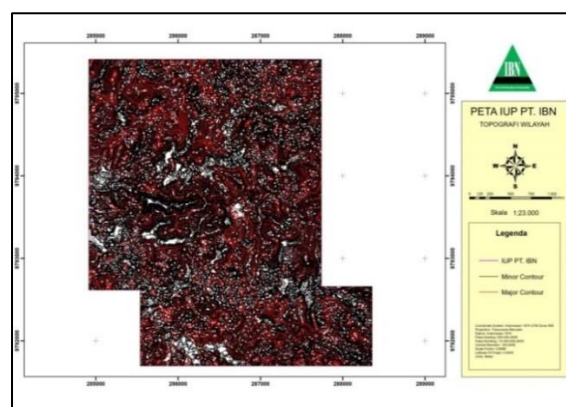
serta konfigurasi permukaan tanah. Untuk menentukan elevasi dari titik-titik yang posisinya tidak pas di atas garis kontur, dapat dilakukan interpolasi antara dua garis kontur yang berada di kedua sisi titik tersebut. Bidang acuan yang umumnya digunakan pada penentuan elevasi ini adalah rata-rata bidang permukaan laut.



Gambar-3. Peta Geologi Regional PT Inti Bara Nusalima

Peta topografi atau peta kontur adalah peta yang merepresentasikan sebagian bentuk alami permukaan bumi dalam garis-garis kontur. Garis kontur pada peta ini dihasilkan dari pengolahan interpolasi linier titik-titik elevasi yang berdekatan. Interpolasi linier merupakan fungsi matematika yang mengestimasi nilai dari data yang tidak tersedia dengan menggunakan pendekatan dua data-data terdekat yang tersedia. Pada fungsi ini, diasumsikan bahwa atribut dari setiap data bersifat kontinu dan saling berhubungan satu sama lain.

Garis kontur dapat dibentuk menggunakan data pemetaan terestris. Akurasi yang dihasilkan tinggi, namun pengukuran terestris membutuhkan tenaga, waktu, dan biaya yang besar. Semakin luas area yang dipetakan dan semakin rapat jarak titik yang diambil, maka semakin banyak jumlah titik yang harus diukur, yang tentunya akan berdampak pada keakurasian data. Selain kerapatan, persebaran titik ketinggian pengukuran juga harus diperhatikan dalam pengukuran terestris agar kesalahan interpolasi kontur dapat diminimalisir. PT. Inti Bara Nusalima memiliki kontur wilayah yang beragam (Gambar-4). Peta situasi tambang merupakan salah satu jenis peta yang dapat menggambarkan kondisi dan situasi tambang. Peta situasi tambang pada PT. Inti Bara Nusalima (Gambar-5).



Gambar-4. Peta Geologi Regional PT Inti Bara Nusalima



Gambar-5. Peta Situasi Tambang PT Inti Bara Nusulima

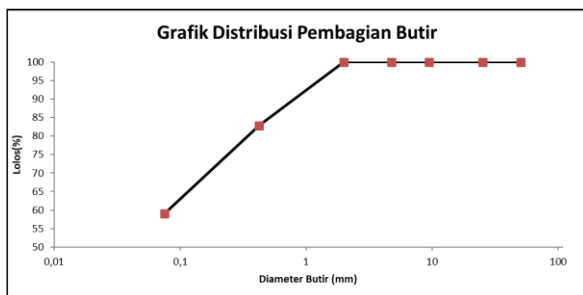
Segmen Jalan

Pembagian segmen pada jalan angkut di lokasi penelitian dilakukan untuk mendapatkan hasil yang lebih representatif dari keseluruhan panjang jalan yang akan diteliti. Hal ini juga dilakukan guna mengetahui kemungkinan perbedaan material jalan yang digunakan pada jalan angkut di lokasi penelitian.

Pembagian titik sampel dilakukan berdasarkan pada pembagian jarak keseluruhan dengan jumlah titik sampel yang akan diambil, dimana jarak keseluruhan sepanjang 4.442,8 m dibagi 10 titik sampel sehingga diperoleh jarak setiap titik sampel 500m. Selanjutnya untuk lebih memfokuskan hasil uji, maka jumlah sampel material yang di ambil untuk diuji di laboratorium maupun uji DCP dibuat sebanyak 1 titik. Jalan yang diteliti merupakan jalan yang sering digunakan dalam kegiatan penambangan.

Hasil Analisis Uji Laboratorium

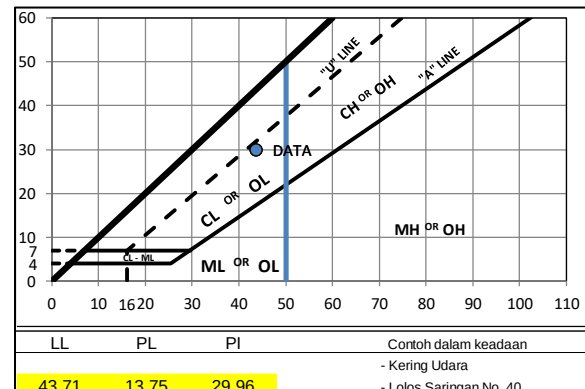
Sampel material yang telah didapatkan selanjutnya di uji di laboratorium dengan uji analisis ukuran butir dan uji *atterberg*. Untuk mengetahui material termasuk material berbutir kasar atau halus dilakukan uji analisis ukuran butir. Setelah dilakukan uji analisis ukuran butir, selanjutnya dilakukan uji *Atterberg* untuk mengetahui jenis material tanah berdasarkan batas cair, batas plastis dan indeks plastisitas material. Hasil kedua pengujian ini digunakan dalam pengklasifikasian tanah menurut AASHTO. Hasil uji analisis ukuran butir dan hasil uji *atterberg* untuk semua material dapat dilihat pada gambar-6.



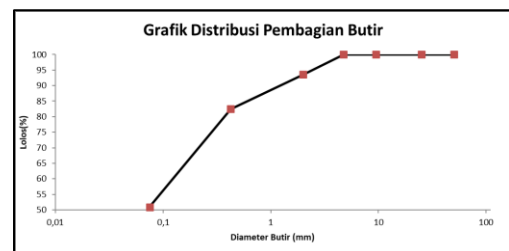
Gambar-6. Grafik Analisa Saringan Titik 1

Berdasarkan hasil uji analisis ukuran butir pada material titik 1, didapatkan material lolos saringan nomor 200 sebesar 59%. Menurut AASHTO, material pada titik ini termasuk dalam material berbutir halus. Dari hasil uji *atterberg* pada titik 1 didapatkan bahwa material ini merupakan tanah pada klasifikasi kelompok A-7-6 dengan nilai batas cair 43,71 dan indeks plastisitas sebesar 29,96

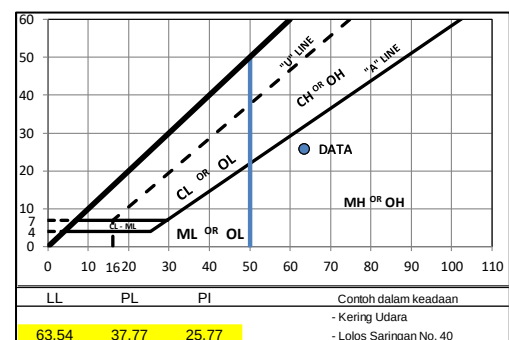
yang termasuk tanah dengan bahan pendukung utama berlempung. Sedangkan menurut USCS dalam ASTM D 2487, titik 1 memiliki klasifikasi tanah kelompok CL dengan jenis tanah *sandy lean clay*. Dari hasil klasifikasi AASTHO dan USCS ini, material pada titik 1 tidak dapat dijadikan *subgrade* karena jenis material ini dapat menyimpan air yang dapat menimbulkan masalah pada musim hujan.



Gambar-7. Grafik Uji Atterberg Titik 1



Gambar-8. Grafik Analisa Saringan Titik 2

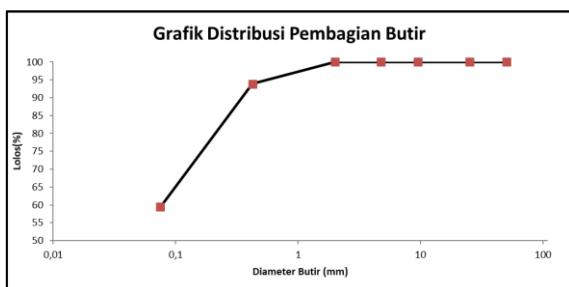


Gambar-9. Grafik Uji Atterberg Titik 2

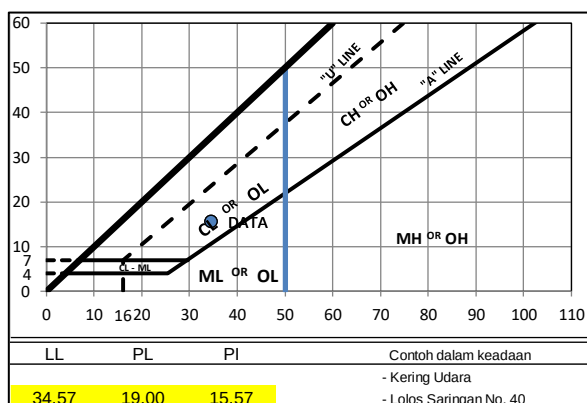
Berdasarkan hasil uji analisis ukuran butir pada material titik 2, didapatkan material lolos saringan nomor 200 sebesar 51%. Menurut AASHTO, material pada titik ini termasuk dalam material berbutir halus. Dari hasil uji *atterberg* pada titik 2 didapatkan bahwa material ini merupakan tanah pada klasifikasi kelompok A-7-6 dengan nilai batas cair 63,54 dan indeks plastisitas sebesar 25,77 yang termasuk tanah dengan bahan pendukung utama berlempung. Sedangkan menurut USCS dalam ASTM D 2487, titik 2 memiliki klasifikasi tanah kelompok MH dengan jenis tanah *sandy elastic silt*. Dari hasil klasifikasi AASTHO dan USCS ini, material pada titik 2 tidak dapat dijadikan *subgrade* karena jenis material ini dapat menyimpan air yang dapat menimbulkan masalah pada musim hujan.

Berdasarkan hasil uji analisis ukuran butir pada material titik 3, didapatkan material lolos saringan nomor 200 sebesar 59,46%. Menurut AASHTO, material pada titik

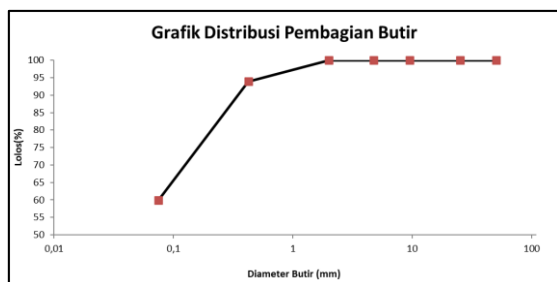
ini termasuk dalam material berbutir halus. Dari hasil uji *atterberg* pada titik 3 didapatkan bahwa material ini merupakan tanah pada klasifikasi kelompok A-6 dengan nilai batas cair 34,57 dan indeks plastisitas sebesar 15,57 yang termasuk tanah dengan bahan pendukung utama berlempung. Sedangkan menurut USCS dalam ASTM D 2487, titik 3 memiliki klasifikasi tanah kelompok CL dengan jenis tanah *sandy lean clay*. Dari hasil klasifikasi AASTHO dan USCS ini, material pada titik 3 tidak dapat dijadikan *subgrade* karena jenis material ini dapat menyimpan air yang dapat menimbulkan masalah pada musim hujan.



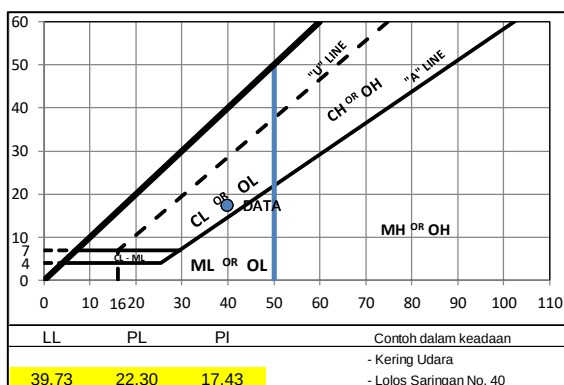
Gambar-10. Grafik Analisa Saringan Titik 3



Gambar-11. Grafik Uji Atterberg Titik 3

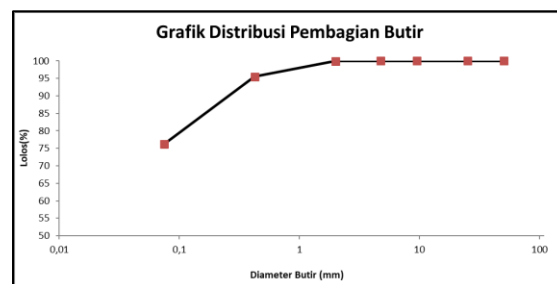


Gambar-12. Grafik Analisa Saringan Titik 4

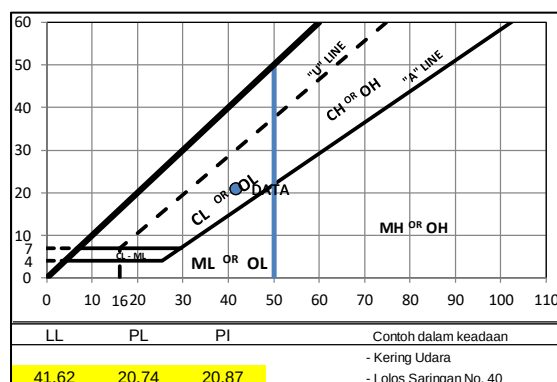


Gambar-13. Grafik Uji Atterberg Titik 4

Berdasarkan hasil uji analisis ukuran butir pada material titik 4, didapatkan material lolos saringan nomor 200 sebesar 59,92%. Menurut AASHTO, material pada titik ini termasuk dalam material berbutir halus. Dari hasil uji *atterberg* pada titik 4 didapatkan bahwa material ini merupakan tanah pada klasifikasi kelompok A-6 dengan nilai batas cair 39,73 dan indeks plastisitas sebesar 17,43 yang termasuk tanah dengan bahan pendukung utama berlempung. Sedangkan menurut USCS dalam ASTM D 2487, titik 4 memiliki klasifikasi tanah kelompok CL dengan jenis tanah *sandy lean clay*. Dari hasil klasifikasi AASTHO dan USCS ini, material pada titik 4 tidak dapat dijadikan *subgrade* karena jenis material ini dapat menyimpan air yang dapat menimbulkan masalah pada musim hujan.



Gambar-14. Grafik Analisa Saringan Titik 5

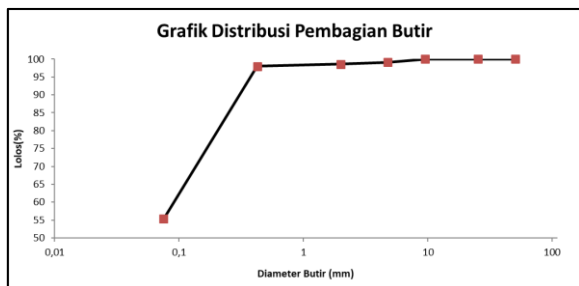


Gambar-15. Grafik Uji Atterberg Titik 5

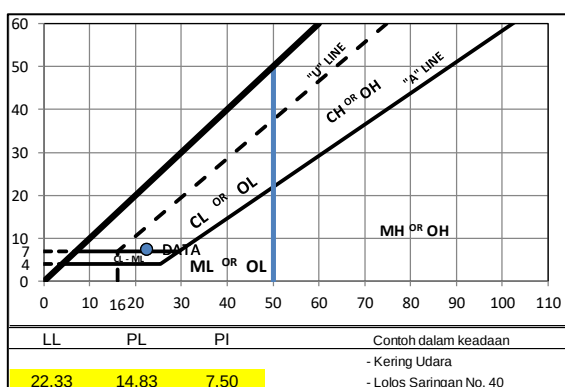
Berdasarkan hasil uji analisis ukuran butir pada material titik 5, didapatkan material lolos saringan nomor 200 sebesar 76,28%. Menurut AASHTO, material pada titik ini termasuk dalam material berbutir halus. Dari hasil uji *atterberg* pada titik 5 didapatkan bahwa material ini merupakan tanah pada klasifikasi kelompok A-7-6 dengan nilai batas cair 41,62 dan indeks plastisitas sebesar 20,87 yang termasuk tanah dengan bahan pendukung utama berlempung. Sedangkan menurut USCS dalam ASTM D 2487, titik 5 memiliki klasifikasi tanah kelompok CL dengan jenis tanah *sandy lean clay*. Dari hasil klasifikasi AASTHO dan USCS ini, material pada titik 5 tidak dapat dijadikan *subgrade* karena jenis material ini dapat menyimpan air yang dapat menimbulkan masalah pada musim hujan.

Berdasarkan hasil uji analisis ukuran butir pada material titik 6, didapatkan material lolos saringan nomor 200 sebesar 55,32%. Menurut AASHTO, material pada titik ini termasuk dalam material berbutir halus. Dari hasil uji *atterberg* pada titik 6 didapatkan bahwa material ini merupakan tanah pada klasifikasi kelompok A-4 dengan nilai batas cair 22,33 dan indeks plastisitas sebesar 7,50 yang termasuk tanah dengan bahan pendukung utama

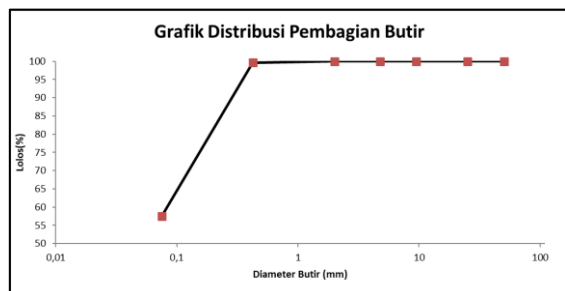
berlempung. Sedangkan menurut USCS dalam ASTM D 2487, titik 6 memiliki klasifikasi tanah kelompok CL dengan jenis tanah *sandy lean clay*. Dari hasil klasifikasi AASTHO dan USCS ini, material pada titik 6 tidak dapat dijadikan *subgrade* karena jenis material ini dapat menyimpan air yang dapat menimbulkan masalah pada musim hujan.



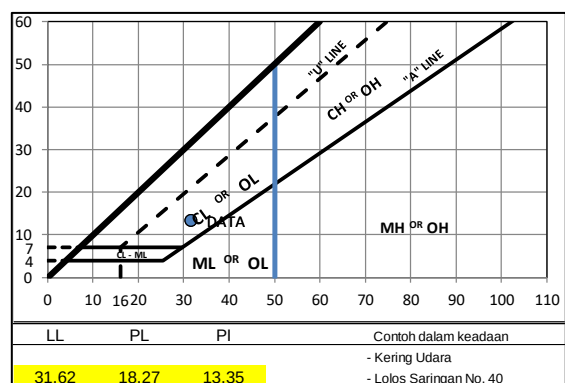
Gambar-16. Grafik Analisa Saringan Titik 6



Gambar-17. Grafik Uji Atterberg Titik 6



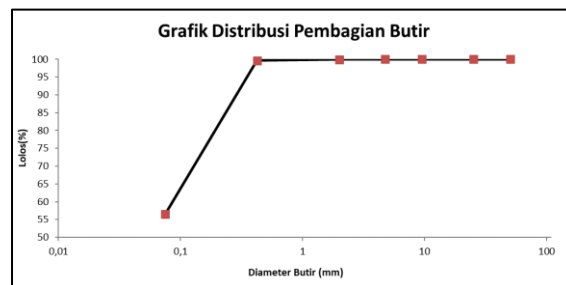
Gambar-18. Grafik Analisa Saringan Titik 7



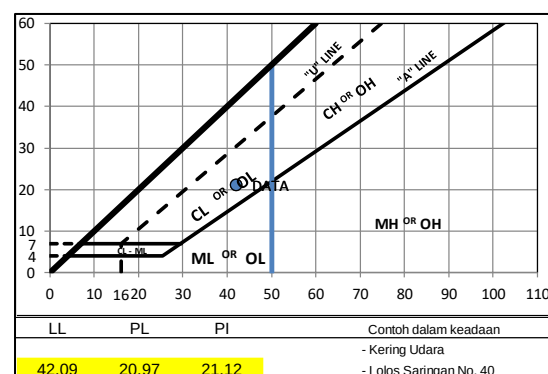
Gambar-19. Grafik Uji Atterberg Titik 7

Berdasarkan hasil uji analisis ukuran butir pada material titik 7, didapatkan material lolos saringan nomor 200 sebesar 57,50%. Menurut AASTHO, material pada titik ini termasuk dalam material berbutir halus. Dari hasil uji

atterberg pada titik 7 didapatkan bahwa material ini merupakan tanah pada klasifikasi kelompok A-6 dengan nilai batas cair 31,62 dan indeks plastisitas sebesar 13,35 yang termasuk tanah dengan bahan pendukung utama berlempung. Sedangkan menurut USCS dalam ASTM D 2487, titik 7 memiliki klasifikasi tanah kelompok CL dengan jenis tanah *sandy lean clay*. Dari hasil klasifikasi AASTHO dan USCS ini, material pada titik 7 tidak dapat dijadikan *subgrade* karena jenis material ini dapat menyimpan air yang dapat menimbulkan masalah pada musim hujan.



Gambar-20. Grafik Analisa Saringan Titik 8

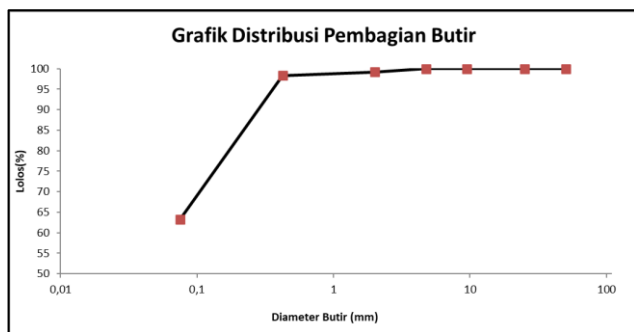


Gambar-21. Grafik Uji Atterberg Titik 8

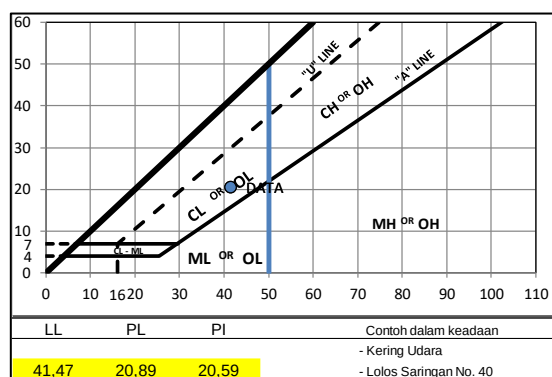
Berdasarkan hasil uji analisis ukuran butir pada material titik 8, didapatkan material lolos saringan nomor 200 sebesar 56,53%. Menurut AASTHO, material pada titik ini termasuk dalam material berbutir halus. Dari hasil uji *atterberg* pada titik 8 didapatkan bahwa material ini merupakan tanah pada klasifikasi kelompok A-7-6 dengan nilai batas cair 42,09 dan indeks plastisitas sebesar 21,12 yang termasuk tanah dengan bahan pendukung utama berlempung. Sedangkan menurut USCS dalam ASTM D 2487, titik 8 memiliki klasifikasi tanah kelompok CL dengan jenis tanah *sandy lean clay*. Dari hasil klasifikasi AASTHO dan USCS ini, material pada titik 8 tidak dapat dijadikan *subgrade* karena jenis material ini dapat menyimpan air yang dapat menimbulkan masalah pada musim hujan.

Berdasarkan hasil uji analisis ukuran butir pada material titik 9, didapatkan material lolos saringan nomor 200 sebesar 63,22%. Menurut AASTHO, material pada titik ini termasuk dalam material berbutir halus. Dari hasil uji *atterberg* pada titik 9 didapatkan bahwa material ini merupakan tanah pada klasifikasi kelompok A-7-6 dengan nilai batas cair 41,47 dan indeks plastisitas sebesar 20,59 yang termasuk tanah dengan bahan pendukung utama berlempung. Sedangkan menurut USCS dalam ASTM D 2487, titik 9 memiliki klasifikasi tanah kelompok CL dengan jenis tanah *sandy lean clay*. Dari hasil klasifikasi AASTHO dan USCS ini, material pada titik 9 tidak dapat

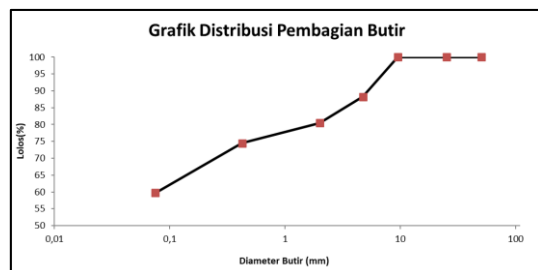
dijadikan *subgrade* karena jenis material ini dapat menyimpan air yang dapat menimbulkan masalah pada musim hujan.



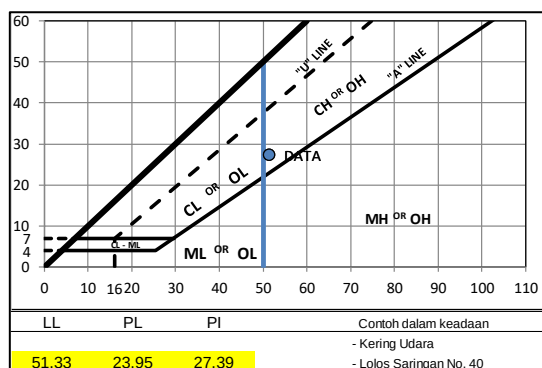
Gambar-22. Grafik Analisa Saringan Titik 9



Gambar-23. Grafik Uji Atterberg Titik 9



Gambar-24. Grafik Analisa Saringan Titik 10



Gambar-25. Grafik Uji Atterberg Titik 10

Berdasarkan hasil uji analisis ukuran butir pada material titik 10, didapatkan material lolos saringan nomor 200 sebesar 59,72%. Menurut AASHTO, material pada titik ini termasuk dalam material berbutir halus. Dari hasil uji *atterberg* pada titik 10 didapatkan bahwa material ini merupakan tanah pada klasifikasi kelompok A-7-5 dengan nilai batas cair 51,33 dan indeks plastisitas sebesar 27,39 yang termasuk tanah dengan bahan pendukung utama berlempung. Sedangkan menurut USCS dalam ASTM D

2487, titik 10 memiliki klasifikasi tanah kelompok CH dengan jenis tanah *sandy fat clay*. Dari hasil klasifikasi AASTHO dan USCS ini, material pada titik 10 tidak dapat dijadikan *subgrade* karena jenis material ini dapat menyimpan air yang dapat menimbulkan masalah pada musim hujan.

Berdasarkan hasil uji diatas, dapat dilihat bahwa persentase lolos yang didapatkan beragam untuk masing-masing titik. Menurut *Unified Classification*, material dengan persentase lolos lebih dari 50% pada saringan nomor 200 adalah tanah berbutir halus, sedangkan jika persentase tertahan lebih dari 50% adalah tanah berbutir kasar. Dari hasil yang didapatkan, material pada titik 1 sampai titik 10 merupakan tanah berbutir halus dengan material yang lolos saringan nomor 200 sebesar 51% sampai 76,28%. Sedangkan menurut AASHTO, material yang lolos pada saringan nomor 200 minimal 36% merupakan material berbutir halus. Nilai persen material yang lolos saringan nomor 200 paling rendah adalah 51 yang berarti material-material yang telah diuji di laboratorium termasuk klasifikasi kelompok A-4 sampai dengan A-7-6.

Berdasarkan hasil uji *atterberg* yang telah di dapatkan pada semua material, disimpulkan bahwa material pada titik 6 merupakan material yang termasuk dalam klasifikasi kelompok A-4, material pada titik 3,4 dan 7 merupakan material yang termasuk dalam klasifikasi kelompok A-6, material pada titik 10 merupakan material yang termasuk dalam klasifikasi kelompok A-7-5, sedangkan material pada titik 1,2,5,8 dan 9 merupakan material yang termasuk klasifikasi kelompok A-7-6.

Dari hasil analisis ukuran butir dan uji *atterberg* pada masing-masing material, dapat disimpulkan bahwa material-material yang diuji merupakan material yang termasuk dalam kelompok klasifikasi A-4, A-6, dan A-7. Menurut AASHTO, klasifikasi kelompok ini merupakan material yang tergolong sedang sampai buruk untuk dijadikan sebagai tanah dasar jalan. Material yang termasuk klasifikasi kelompok A-4 merupakan material dengan jenis bahan utama tanah berlanau, sedangkan material dengan klasifikasi kelompok A-6 dan A-7 merupakan material dengan jenis bahan utama tanah berlempung. Kedua jenis tanah ini merupakan jenis tanah yang memiliki permeabilitas yang rendah, sehingga kadar air sangat mempengaruhi jenis tanah ini. Dari hasil yang didapatkan, berdasarkan standar AASHTO maka semakin besar kadar air yang diterima oleh tanah jenis ini, maka semakin buruk material untuk dijadikan tanah dasar karena permeabilitas dari material yang rendah akan sulit untuk meloloskan air yang akan menyebabkan permukaan jalan licin dan terjadinya genangan air jika tidak memperhatikan geometri dan drainase pada jalan.

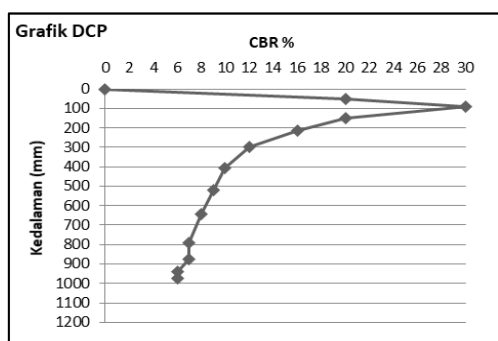
Nilai indeks plastisitas yang didapatkan yaitu terendah 7,50 pada material titik 6 dan tertinggi 29,96 pada material titik 1. Berdasarkan tabel nilai indeks plastisitas dengan macam tanah bahwa material dengan indeks plastisitas <7 adalah tanah yang berplastisitas rendah, material dengan indeks plastisitas 7-17 adalah tanah berplastisitas sedang, dan tanah dengan indeks plastisitas >17 adalah tanah berplastisitas tinggi. Dengan demikian, material pada titik 6 merupakan material dengan plastisitas rendah, material pada titik 3,4 dan 7 merupakan material dengan plastisitas sedang, sedangkan material pada titik 1,2,5,8,9 dan 10 adalah material dengan plastisitas

tinggi. Semakin tinggi indeks plastisitas suatu material, maka semakin tinggi potensial pengembangan dari material tersebut. Potensi pengembangan yang tinggi menyebabkan material mempunyai sifat perubahan volume yang besar. Sifat inilah yang dapat menyebabkan terjadinya amblesan pada tanah.

Berdasarkan hasil uji atterberg yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan bahwa material pada titik 6 merupakan material yang paling baik pada jalan angkut ini.

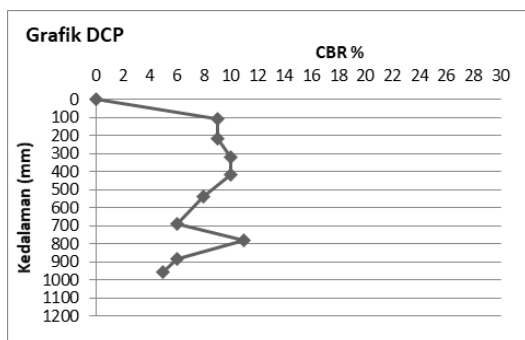
California Bearing Ratio (CBR)

Setelah diketahui tingkatan umum material sebagai tanah dasar dengan analisis ukuran butir dan uji atterberg dengan standar AASHTO, maka selanjutnya dilakukan analisis terhadap nilai CBR dari setiap material yang telah di dapatkan dengan pengujian *Dynamic Cone Penetrometer* (DCP). Pengujian DCP di lapangan dilakukan sebanyak 10 titik, sesuai dengan pembagian sampel pada titik jalan. Hasil pengujian nilai CBR masing-masing titik dapat dilihat di bawah ini.



Gambar-26. Hasil Uji DCP Titik 1

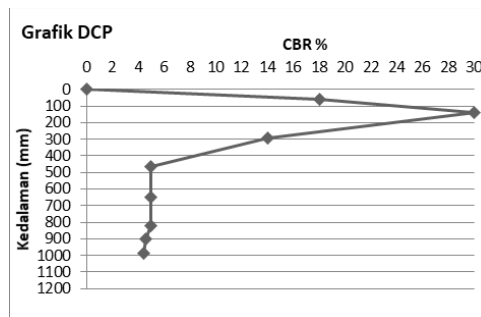
Hasil uji DCP pada titik 1 menunjukkan bahwa terdapat variasi pada nilai CBR terhadap kedalaman penetrasi alat. Dari gambar diatas terdapat nilai CBR paling tinggi sebesar 30% pada kedalaman 92mm. Hal ini menunjukkan terdapat perbedaan material pada kedalaman tertentu pada jalan angkut. Hal ini disebabkan karena material yang dijadikan timbunan tanah jalan angkut merupakan tanah hasil bongkaran sekitar tanpa adanya penelitian. Nilai CBR rata-rata pada titik 1 sebesar 11% dengan nilai DCP indeks sebesar 19,1.



Gambar-27. Hasil Uji DCP Titik 2

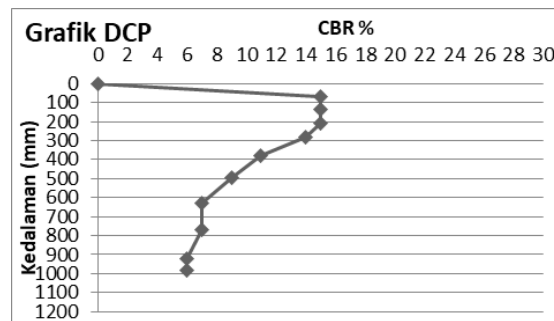
Hasil uji DCP pada titik 2 menunjukkan bahwa terdapat variasi pada nilai CBR terhadap kedalaman penetrasi alat. Dari gambar diatas terdapat nilai CBR paling tinggi sebesar 10% pada kedalaman 319mm dan 419mm. Hal ini menunjukkan terdapat perbedaan material pada kedalaman tertentu pada jalan angkut. Hal ini disebabkan

karena material yang dijadikan timbunan tanah jalan angkut merupakan tanah hasil bongkaran sekitar tanpa adanya penelitian. Nilai CBR rata-rata pada titik 2 sebesar 8% dengan nilai DCP indeks sebesar 23,9.



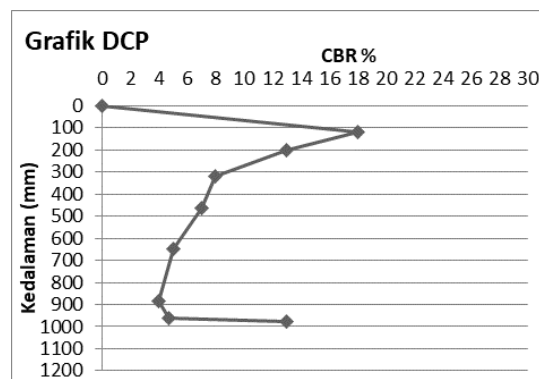
Gambar-28. Hasil Uji DCP Titik 3

Hasil uji DCP pada titik 3 menunjukkan bahwa terdapat variasi pada nilai CBR terhadap kedalaman penetrasi alat. Dari gambar diatas terdapat nilai CBR paling tinggi sebesar 30% pada kedalaman 138mm. Hal ini menunjukkan terdapat perbedaan material pada kedalaman tertentu pada jalan angkut. Hal ini disebabkan karena material yang dijadikan timbunan tanah jalan angkut merupakan tanah hasil bongkaran sekitar tanpa adanya penelitian. Nilai CBR rata-rata pada titik 3 sebesar 9% dengan nilai DCP indeks sebesar 22,4.



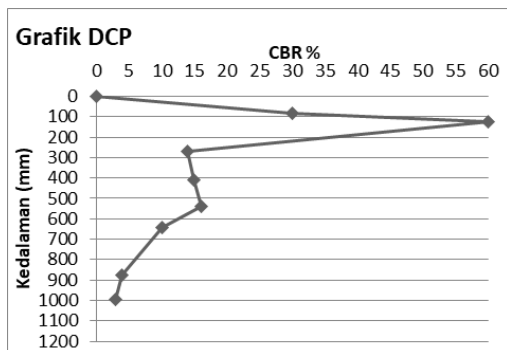
Gambar-29. Hasil Uji DCP Titik 4

Hasil uji DCP pada titik 4 menunjukkan bahwa terdapat variasi pada nilai CBR terhadap kedalaman penetrasi alat. Dari gambar diatas terdapat nilai CBR paling tinggi sebesar 15% pada kedalaman 70mm, 138mm dan 210mm. Hal ini menunjukkan terdapat perbedaan material pada kedalaman tertentu pada jalan angkut. Hal ini disebabkan karena material yang dijadikan timbunan tanah jalan angkut merupakan tanah hasil bongkaran sekitar tanpa adanya penelitian. Nilai CBR rata-rata pada titik 4 sebesar 10% dengan nilai DCP indeks sebesar 20,9.



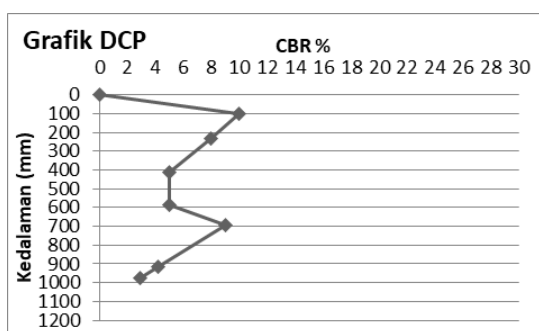
Gambar-30. Hasil Uji DCP Titik 5

Hasil uji DCP pada titik 5 menunjukkan bahwa terdapat variasi pada nilai CBR terhadap kedalaman penetrasi alat. Dari gambar diatas terdapat nilai CBR paling tinggi sebesar 18% pada kedalaman 118mm. Hal ini menunjukkan terdapat perbedaan material pada kedalaman tertentu pada jalan angkut. Hal ini disebabkan karena material yang dijadikan timbunan tanah jalan angkut merupakan tanah hasil bongkaran sekitar tanpa adanya penelitian. Nilai CBR rata-rata pada titik 5 sebesar 8% dengan nilai DCP indeks sebesar 25,7.



Gambar-31. Hasil Uji DCP Titik 6

Hasil uji DCP pada titik 6 menunjukkan bahwa terdapat variasi pada nilai CBR terhadap kedalaman penetrasi alat. Dari gambar diatas terdapat nilai CBR paling tinggi sebesar 60% pada kedalaman 122mm. Hal ini menunjukkan terdapat perbedaan material pada kedalaman tertentu pada jalan angkut. Hal ini disebabkan karena material yang dijadikan timbunan tanah jalan angkut merupakan tanah hasil bongkaran sekitar tanpa adanya penelitian. Nilai CBR rata-rata pada titik 6 sebesar 13% dengan nilai DCP indeks sebesar 16,02.

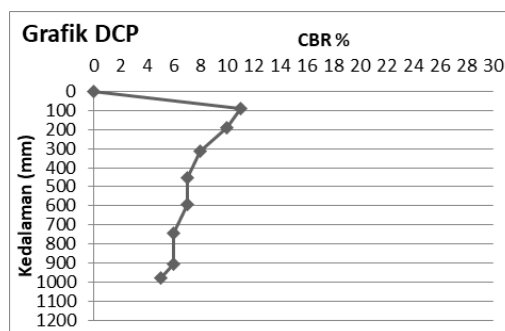


Gambar-32. Hasil Uji DCP Titik 7

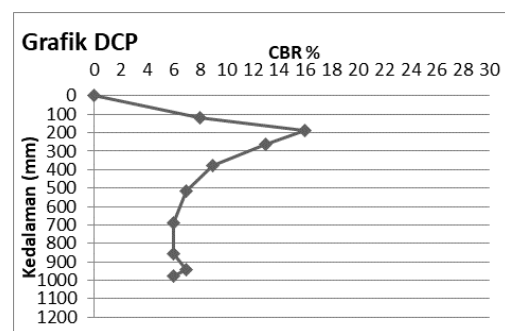
Hasil uji DCP pada titik 7 menunjukkan bahwa terdapat variasi pada nilai CBR terhadap kedalaman penetrasi alat. Dari gambar diatas terdapat nilai CBR paling tinggi sebesar 10% pada kedalaman 102mm. Hal ini menunjukkan terdapat perbedaan material pada kedalaman tertentu pada jalan angkut. Hal ini disebabkan karena material yang dijadikan timbunan tanah jalan angkut merupakan tanah hasil bongkaran sekitar tanpa adanya penelitian. Nilai CBR rata-rata pada titik 7 sebesar 6% dengan nilai DCP indeks sebesar 31,45.

Hasil uji DCP pada titik 8 menunjukkan bahwa terdapat variasi pada nilai CBR terhadap kedalaman penetrasi alat. Dari gambar diatas terdapat nilai CBR paling tinggi sebesar 11% pada kedalaman 92mm. Hal ini menunjukkan terdapat perbedaan material pada kedalaman tertentu pada jalan angkut. Hal ini disebabkan karena material yang dijadikan timbunan tanah jalan angkut

merupakan tanah hasil bongkaran sekitar tanpa adanya penelitian. Nilai CBR rata-rata pada titik 8 sebesar 7% dengan nilai DCP indeks sebesar 26,5

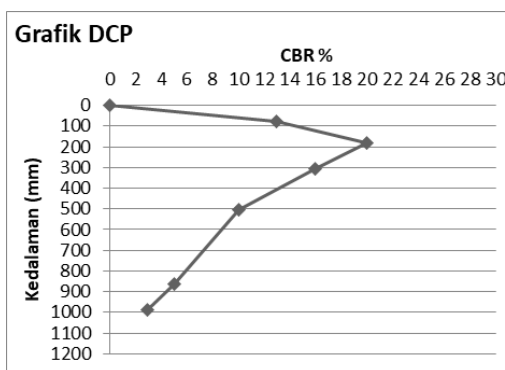


Gambar-33. Hasil Uji DCP Titik 8



Gambar-34. Hasil Uji DCP Titik 9

Hasil uji DCP pada titik 9 menunjukkan bahwa terdapat variasi pada nilai CBR terhadap kedalaman penetrasi alat. Dari gambar diatas terdapat nilai CBR paling tinggi sebesar 16% pada kedalaman 185mm. Hal ini menunjukkan terdapat perbedaan material pada kedalaman tertentu pada jalan angkut. Hal ini disebabkan karena material yang dijadikan timbunan tanah jalan angkut merupakan tanah hasil bongkaran sekitar tanpa adanya penelitian. Nilai CBR rata-rata pada titik 9 sebesar 8% dengan nilai DCP indeks sebesar 25.



Gambar-35. Hasil Uji DCP Titik 10

Hasil uji DCP pada titik 10 menunjukkan bahwa terdapat variasi pada nilai CBR terhadap kedalaman penetrasi alat. Dari gambar diatas terdapat nilai CBR paling tinggi sebesar 20% pada kedalaman 180mm. Hal ini menunjukkan terdapat perbedaan material pada kedalaman tertentu pada jalan angkut. Hal ini disebabkan karena material yang dijadikan timbunan tanah jalan angkut merupakan tanah hasil bongkaran sekitar tanpa adanya penelitian. Nilai CBR rata-rata pada titik 10 sebesar 10% dengan nilai DCP indeks sebesar 21.

Berdasarkan hasil Uji DCP diperoleh nilai CBR yang beragam dengan nilai CBR tertinggi sebesar 13% pada titik 6 dan nilai CBR terendah sebesar 6% pada titik 7. Serta hasil uji ukuran butir dan *atterberg* berdasarkan klasifikasi AASHTO menyatakan bahwa material yang digunakan pada jalan angkut bervariasi dengan klasifikasi A-4, A-6 dan A-7 yang biasanya merupakan jenis tanah lanau dan lempung dengan tingkat umum sebagai tanah dasar sedang sampai buruk. Hal ini yang menyebabkan jika terjadi hujan, maka kegiatan *hauling* dihentikan. Jenis tanah lanau dan lempung membuat jalan menjadi licin karena permeabilitas tanah jenis ini sangat rendah sehingga dapat menyebabkan ban alat angkut tergelincir. Berdasarkan hal ini, maka diperlukan perawatan jalan yang baik agar material ini dapat bertahan lama sebagai jalan angkut.

KESIMPULAN

1. Berdasarkan analisis ukuran butir dan uji *atterberg* yang dilakukan, didapatkan klasifikasi material jalan angkut yang digunakan berdasarkan standar AASHTO termasuk pada kategori A-4, A-6 dan A-7. Tanah pada kategori A-4 merupakan tanah dengan jenis bahan pendukung utama berlanau dengan tingkat umum sebagai tanah dasar sedang sampai buruk, sedangkan untuk kategori A-6 dan A-7 merupakan tanah dengan jenis bahan pendukung utama berlempung dengan tingkat umum sebagai tanah dasar buruk.
2. Hasil pengujian Dynamic Cone Penetrometer (DCP) didapatkan nilai CBR yang bervariasi, yaitu antara 6% hingga 13%.
3. Berdasarkan hasil uji laboratorium, jenis material pada jalan angkut ke *stockpile* tidak layak untuk dijadikan *subgrade* jalan karena material jalan termasuk dalam klasifikasi material lanau hingga berlempung yang dapat menyimpan air sehingga membutuhkan penentuan geometri jalan yang tepat.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada berbagai pihak yang telah memberikan dukungan dan motivasi dalam penyelesaian artikel ilmiah ini. Terutama kepada PT. Inti Bara Nusalima yang telah mengizinkan penulis untuk melakukan penelitian di PT. Inti Bara Nusalima.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral. 2018. Harga Mineral dan Batubara Acuan. https://minerba.esdm.go.id/harga_acuan. diakses tanggal 28 Maret 2022, 2:35:51 pm.
- [2] P.R. da Silvera, R.L. Peroni, and A.T. Visser. 2016. *Practical Haul Road Design Methodology Application Based on Site Characterization*. 24th World Mining Congress Proceedings-Mining in a World of Innovation. Oct 18-21. 198-207.
- [3] Hustrulid, W. and Kuchta, M. (2006). *Open pit mine planning design*. Volume 1 Fundamentals, Taylor and Francis plc. 735 p., London.
- [4] Thompson, R.J. 2010. *Mine haul road design and management best practices for safe and cost-efficient truck haulage*. USA: Society for Mining, Metallurgy

- and Exploration Annual Meeting & Exhibit. Curtin Research Publications. pp. 1-10.
- [5] Rahman, M. A., Nurhakim, Riswan, Noure, A. B., Joetra, R. 2016. Analisa Kelayakan Jalan Angkut Tambang Berdasarkan Geometri Dan Material Perkerasan Jalan. *Jurnal Geosapta*, Vol. 2, No. 2. 113-115.
 - [6] Mustofa, A., Wicaksono, J. G., Nurhakim, Afriko, Melati, S. 2016. Perbaikan Jalan Angkut Tambang: Pengaruh Perubahan Struktur Lapis Jalan Terhadap Produktivitas Alat Angkut. *Jurnal Himasapta*, Vol. 1, No. 1. 1-10.
 - [6] Prisila I. L. L., Sartje, M. O. B. A., Sumampouw, J. E. R. 2013. Hubungan Nilai CBR Laboratorium Dan DCP Pada Tanah Yang Dipadatkan Pada Ruas Jalan Wori-Likupang Kabupaten Minahasa Utara. *Jurnal Sipil Statik*, Vol. 1, No. 5. 368-376.
 - [7] Aderinola, O. S, Oguntoyinbo, E., Quadri, A. I. 2017. Correlation of California Bearing Ratio Value of Clays with Soil Index and Compaction Characteristics. *International Journal of Scientific Research and Innovative Technology*, Vol. 4, No. 4. 12-22.
 - [8] Ridwansyah, N., Umran, S., Rahmat, S. 2018. Analisa Penggunaan Material Lapisan Tanah Penutup (Top Soil) Pada Galian Tambang Nikel Di Morombo Konawe Utara Sebagai Capping Layer Perkerasan Lentur Jalan Raya. *Jurnal Stabilita*, Vol. 6, No. 2. 41-45.
 - [9] Nur Khaerat Nur., dkk. 2021. *Perancangan Perkerasan Jalan*. Yayasan Kita Menulis. Medan.
 - [10] Pinard, M., Paige-Green, P., Hongve, J., Mukandila, E. 2021. A Proposed Framework for Optimised Utilisation of Materials for Low Volume Roads Using The Dynamic Cone Penetrometer. *Journal of Transportation Technologies*. Vol 11, Hal 14-16, 2021.