

Pengujian Daya Dukung Perkerasan Jalan dengan Dynamic Cone Penetrometer pada Penambangan Andesit PT Silva Andia Utama, Kecamatan Batujajar, Kabupaten Bandung Barat, Provinsi Jawa Barat

Bagus Prasetyo, Yuliadi *, Zaenal

Prodi Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik, Universitas Islam Bandung, Indonesia.

prasetiobagus2@gmail.com, yuliadi@unisba.ac.id, zaenal@unisba.ac.id

Abstract. PT Silva Andia Utama is a mining company specializing in andesite rock excavation, located in Giri Asih Village, Batujajar District, West Bandung Regency, West Java Province. The mining method used is an open-pit mining method of the Side Hill Quarry type, with rock fragmentation carried out through drilling and blasting. The fragmented material is loaded using a Hitachi 350H backhoe and transported by a Mitsubishi FN 527 ML truck to the crushing plant. Based on actual conditions, the road quality is suboptimal due to road subsidence and numerous undulations that pose risks to drivers, primarily caused by road instability. Therefore, road pavement improvements are necessary to enhance road quality. This study analyzes road pavement and soil bearing capacity by comparing the soil bearing capacity with the load exerted by the transport equipment. To determine the soil bearing capacity, a Dynamic Cone Penetrometer (DCP) test was conducted to obtain the field California Bearing Ratio (CBR) value, as stipulated by the Department of Public Works. The test results indicate that the bearing capacity for segment 1 is 6.84 kg/cm², segment 2 is 7.09 kg/cm², and segment 3 is 7.36 kg/cm², whereas the load exerted by the transport equipment is 9.43 kg/cm². As a result, road pavement reinforcement is required by adding class A crushed stone material with a thickness of 20 cm in each segment. Additionally, other materials such as soil need to be added, with thicknesses of 24 cm for segment 1, 26 cm for segment 2, and 28 cm for segment 3.

Keywords: *California Bearing Ratio, Soil Bearing Capacity, Road pavement.*

Abstrak. PT Silva Andia Utama merupakan perusahaan yang bergerak di bidang pertambangan dengan bahan galian batuan komoditi andesit yang berada di Desa Giri asih, Kecamatan Batujajar, Kabupaten Bandung Barat, Provinsi Jawa Barat. Metode penambangan yang digunakan adalah metoda tambang terbuka jenis Side Hill type Quarry dan proses pemberaian dilakukan menggunakan pemboran dan peledakan. Hasil dari pemberaian dimuat menggunakan Backhoe Hitachi 350h dan diangkut menggunakan Truk Mitsubishi Fn 527 ML yang akan diangkut ke *Crushing Plant*. Berdasarkan kondisi aktual kualitas jalan masih kurang maksimal dengan adanya penurunan jalan dan banyaknya gelombang yang dapat membahayakan pengemudi, karena tidak stabilnya jalan oleh sebab itu diperlukan perkerasan jalan untuk meningkatkan kualitas jalan. Metode yang digunakan pada penelitian ini dengan menganalisis perkerasan jalan dan daya dukung tanah, dengan membandingkan dari hasil daya dukung tanah dengan beban yang diberikan oleh alat angkut. Untuk memperoleh nilai daya dukung tanah dilakukan pengujian *Dynamic Cone Penetrometer* (DCP) untuk mendapatkan nilai *California Bearing Ratio* (CBR) lapangan. yang ditetapkan oleh Departemen Pekerjaan Umum. berdasarkan hasil pengujian menggunakan diperoleh nilai daya dukung untuk segmen 1 sebesar 6,84 kg/cm² segmen 2 sebesar 7,09 kg/cm² dan segmen 3 sebesar 7,36 kg/cm². Sedangkan nilai beban yang diberikan oleh alat angkut sebesar 9,43 kg/cm². Oleh karena ini perkerasan jalan dibutuhkan dengan penambahan material batu pecah kelas A setiap segmen dengan ketebalan 20 cm. Selanjutnya material lain berupa soil dengan ketebalan pada segmen 1 sebesar 24, cm segmen 2 sebesar 26 cm, segmen 3 sebesar 28 cm.

Kata Kunci: *California Bearing Ratio, Daya Dukung Tanah, Perkerasan Jalan.*

A. Pendahuluan

Jalan tambang menurut Keputusan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM) Nomor 1827 K/30/MEM/2018 Tahun 2018 tentang Pedoman Pelaksanaan Kaidah Teknik Pertambangan yang Baik, mengatur berbagai aspek terkait infrastruktur jalan yang digunakan untuk kegiatan pertambangan, termasuk spesifikasi teknis, keamanan dan keselamatan, dampak lingkungan, pemeliharaan, serta pengawasan dan evaluasi. Jalan Pertambangan adalah jalan khusus yang diperuntukkan untuk kegiatan pertambangan dan berada di area pertambangan atau area proyek yang terdiri atas jalan penunjang dan jalan tambang.

PT Silva Andia Utama merupakan perusahaan yang bergerak dibidang pertambangan bahan galian batuan dengan komoditi andesit yang berada di Desa Giri asih, Kecamatan Batujajar, Kabupaten Bandung Barat, Provinsi Jawa Barat. Metode penambangan yang digunakan adalah *Side Hill Type Quarry* dan proses pemberaian dilakukan menggunakan pemboran dan peledakan. Hasil dari pemberaian di muat menggunakan backhoe Hitachi 350h dan diangkut menggunakan Truck Mitsubishi Fn 527 ML yang akan diangkut ke crushing plant. Jalan tambang pada PT Silva Andia Utama yang mengalami *subsidence* merupakan suatu pertanda bahwa jalan tersebut sudah tidak dapat menopang beban di atasnya dan jika dibiarkan terus - menerus akan merusak struktur jalan dan membuat jalan menjadi bergelombang. Sehingga dibutuhkan kajian lebih lanjut untuk membuat umur jalan tambang dapat mencapai umur rencana (Riyanto et al., 2019). Jalan tambang pada umumnya dilakukan pengujian nilai CBR dengan menggunakan alat *Dynamic Cone Penetrometer*. alat yang dapat digunakan dalam penentuan nilai CBR yang telah dijelaskan pada ASTM D6951/D6951M – 09 mengenai “*Standard Test Method For Use Of The Dynamic Cone Penetrometer in Shallow Pavement Application*” Jalan tambang pada PT Silva Andia Utama mengalami penurunan yang di sebabkan oleh kekuatan jalan lebih kecil dari beban yang di terima hal tersebut terjadi karena alat angkut yang melebihi kapasitas dan banyak nya ritase juga mempengaruhi terhadap kekuatan daya dukung tanah. Dari pengamatan tersebut maka akan dilakukannya analisis untuk mengevaluasi kondisi jalan tambang untuk menentukan standardisasi dari setiap tebal lapisan pondasi dan lapisan perkerasan jalan sehingga mendapatkan komposisi jalan yang optimal dan meningkatkan produktivitas alat angkut.

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, maka perumusan masalah dalam penelitian ini berpengaruh terhadap kekuatan jalan untuk menopang beban yang diberikan oleh alat angkut. Selanjutnya, tujuan dalam penelitian ini diuraikan dalam pokok-pokok sbb.

1. Untuk mengetahui nilai daya dukung tanah;
2. Untuk mengetahui beban yang diberikan oleh alat angkut
3. Untuk Mengetahui Tebal lapisan perkerasan yang dibutuhkan.

B. Metode

Metodologi penelitian yang dilakukan dalam menganalisis daya dukung tanah dibutuhkan Data primer dengan cara pengukuran dilapangan seperti pengambilan data komposisi jalan, lebar jalan, panjang segmen jalan dan data DCP berupa kedalaman penetrasi dan banyaknya tumbukan. Data sekunder sebagai data penunjang seperti peta topografi, peta geologi, spesifikasi alat, penentuan material, dan curah hujan yang berkaitan dengan lokasi penelitian

C. Hasil Penelitian dan Pembahasan Daya Dukung Tanah

Penentuan daya dukung tanah pada penelitian ini didasarkan pada pengujian California bearing ratio (CBR) lapangan dengan menggunakan pengujian dynamic cone penetrometer (DCP). Alasan digunakannya pengujian DCP ini dilakukan untuk memperoleh nilai CBR lapangan secara cepat dan efisien, sehingga hasilnya dapat langsung di analisa dan diaplikasikan. Selain itu, untuk mengevaluasi lapisan permukaan jalan yang cenderung heterogen akan sulit jika menggunakan CBR laboratorium, sehingga penggunaan CBR lapangan lebih efektif untuk digunakan. Pengujian DCP dilakukan pada lapisan permukaan jalan angkut pada saat itu, dalam hal ini lapisan jalan yang dievaluasi adalah lapisan permukaan yang nantinya akan digunakan sebagai peletakan lapisan perkerasan. Berdasarkan hasil pengujian diperoleh nilai CBR pada segmen 1 sebesar 15,37%, segmen 2 sebesar 17,58% dan segmen 3 sebesar 20,28%. Kondisi permukaan jalan angkut, segmen 3 merupakan jalan yang telah lama dibuat

serta minim terjadinya kerusakan jalan seperti undulasi (amblesan), berbeda dengan segmen 1 dan 2 merupakan jalan yang lebih baru dibuat dengan banyak dijumpai adanya undulasi yang cukup parah. Selaras dengan nilai CBR segmen diatas dimana CBR pada segmen 3 lebih tinggi dibandingkan dengan segmen 1 dan 2, hal ini di karena jalan yang lebih lama cenderung akan lebih padat dibandingkan dengan jalan baru. Hal tersebut yang menyebabkan adanya perbedaan nilai yang signifikan. Nilai CBR akan berkorelasi dengan nilai daya dukung tanah (DDT), semakin tinggi nilai CBR maka daya dukung tanah pada jalan pengangkutan akan semakin tinggi juga. Nilai daya dukung tanah yang tinggi tentu akan mencirikan kekuatan jalan yang baik dalam menopang beban di atasnya, sebaliknya apabila nilai daya dukung tanah semakin kecil maka kekuatan material jalan dalam menopang beban di atasnya akan semakin buruk, hal ini yang menyebabkan terjadinya kerusakan jalan seperti timbulnya penurunan permukaan jalan, dan undulasi. Kriteria daya dukung tanah perlu dikomparasi kan dengan total beban kendaraan yang bekerja pada permukaan jalan (ground pressure). Berdasarkan hasil perhitungan diperoleh nilai daya dukung tanah pada segmen 1 sebesar 5,85 kg/cm², segmen 2 sebesar 7,40 kg/cm², dan seg Dengan nilai ground pressure sebesar 9,43 kg/cm² menandakan bahwa kekuatan daya dukung jalan berada dibawah total beban yang diterimanya. Hal ini selaras dengan hasil perhitungan CBR minimum yang diperoleh sebesar 27,31% menandakan nilai CBR segmen pada jalan pengangkutan masih berada dibawah nilai minimum. Jika hal ini dibiarkan maka lama kelamaan jalan akan mengalami kerusakan, ditambah apabila terjadi hujan akan memperburuk kondisi jalan. Oleh sebab itu, dibutuhkan perbaikan daya dukung jalan dengan cara menambah lapisan per kerasan untuk meningkatkan nilai daya dukung tanah pada jalan tersebut.

Pengujian Dynamic Cone Penetrometer

Pengujian menggunakan *Dynamic Cone Penetrometer* menghasilkan data berupa kedalaman penetrasi dan banyaknya pukulan. Berdasarkan kondisinya, jalan dibagi menjadi tiga segmen diantaranya segmen 1 jalan yang telah lama dibuat, segmen 2 jalan yang baru dibuka dan segmen 3 dari persimpangan kedua jalan tersebut menuju tempat pengolahan, dengan jumlah titik pengujian pada segmen 1 sebanyak 14 titik pengujian, segmen 2 sebanyak 11 titik pengujian dan segmen 3 sebanyak 10 titik pengujian sehingga akan terdapat perbedaan dari ketiga segmen tersebut. Spesifikasi alat yang digunakan berupa DCP dengan berat hammer 8 kg, konus dengan sudut 60° dengan panjang ruler 100 cm. Pengujian dilakukan pada lapisan permukaan jalan secara random sampling dimana setiap pengujian dilakukan 1 kali tumbukan untuk satu kali pembacaan penetrasi, pengujian dihentikan ketika kedalaman penetrasi tidak berubah secara signifikan.

California Bearing Ratio (CBR)

Nilai DCP selanjutnya akan diolah untuk memperoleh nilai California Bearing Ratio (CBR). Nilai CBR akan berkaitan dengan tingkat kepadatan material penyusun lapisan pondasi jalan. Semakin besar nilai CBR maka material penyusun jalan akan semakin padat. Penentuan nilai CBR dapat diperoleh dengan menggunakan persamaan empiris yang bergantung terhadap besaran sudut konus yang digunakan. Sudut konus yang digunakan adalah 60° sehingga untuk memperoleh nilai CBR dengan hasil 31,66%, 27,94% dan 133,96% dengan titik pengujian pada segmen 2. Kondisi lapisan tanah secara vertikal bisa saja memiliki karakteristik yang berbeda, hal ini menyebabkan nilai CBR pada setiap kedalaman tertentu berbeda pula. Sehingga untuk memperoleh nilai CBR yang mewakili dalam satu titik pengujian sehingga diperoleh nilai CBR untuk titik pengujian 1 pada segmen 2 sebesar 17,34%.

Tabel 1. California Bearing Ratio (CBR)

SEGMENT	TITIK DCP	CBR AKTUAL	CBR RATA"	CBR MAX	CBR MIN	CBR SEGMENT	DDT
1	1	16,80	29,81	56,88	10,96	15,37	6,837955
	2	32,61					
	3	20,73					
	4	52,01					
	5	23,58					
	6	43,55					
	7	19,49					
	8	36,44					
	9	10,96					
	10	45,41					
	11	56,88					
	12	29,11					
	13	13,94					
	14	15,86					
2	1	17,34	28,93	49,03	12,92	17,58	7,092149
	2	27,92					
	3	16,71					
	4	34,09					
	5	27,12					
	6	42,44					
	7	25,02					
	8	44,48					
	9	49,03					
	10	12,92					
	11	21,20					
3	1	12,22	33,80	55,23	12,22	20,28	7,362427
	2	35,78					
	3	15,24					
	4	55,23					
	5	39,66					
	6	27,28					
	7	39,94					
	8	51,13					
	9	36,01					
	10	25,52					

Sumber: Data Penelitian yang Sudah Diolah, 2024.

Dari tabel diatas Kriteria daya dukung tanah perlu dikomparasi kan dengan total beban kendaraan yang bekerja pada permukaan jalan (*ground pressure*). Berdasarkan hasil perhitungan diperoleh nilai daya dukung tanah pada segmen 1 sebesar 5,85 kg/cm², segmen 2 sebesar 7,40 kg/cm², dan segmen 3 sebesar 7,36 kg/cm² Dengan nilai *ground pressure* sebesar 9,43 kg/cm² menandakan bahwa kekuatan daya dukung jalan berada dibawah total beban yang diterimanya.

Hal ini selaras dengan hasil perhitungan CBR minimum yang diperoleh sebesar 27,31% menandakan nilai CBR segmen pada jalan pengangkutan masih berada dibawah nilai minimum. Jika hal ini dibiarkan maka lama kelamaan jalan akan mengalami kerusakan, ditambah apabila terjadi hujan akan memperburuk kondisi jalan. Oleh sebab itu, dibutuhkan perbaikan daya dukung jalan dengan cara menambah lapisan per kerasan untuk meningkatkan nilai daya dukung tanah pada jalan tersebut.

Perkerasan Jalan

Dalam metode ini tebal per kerasan jalan dipengaruhi oleh lalu lintas, faktor regional, dan indeks permukaan yang pada akhirnya akan menentukan indeks tebal per kerasan yang dibutuhkan.

1. Lalu Lintas

Pada jalan pengangkutan didominasi oleh truck 2 as dengan sumbu tunggal pada roda depan, dan sumbu ganda pada roda belakang. Berat kendaraan beserta muatan diperoleh dari hasil penimbangan, berat total kendaraan untuk alat angkut Mitsubishi sebesar 26,493 ton. Berat kendaraan akan digunakan dalam menentukan ekuivalen sumbu kendaraan, hal ini dilakukan untuk mengekivalenkan beban kendaraan berdasarkan beban sumbu tunggal sebesar 6,23 ton, sehingga kendaraan dengan konfigurasi sumbu yang berbeda juga dapat dikalkulasikan untuk memperkirakan beban yang diberikannya.

Kondisi lalu lintas didasarkan pada ritase kendaraan dengan data yang diperoleh dari hasil pencatatan pada pos penimbangan, dengan rata-rata ritase dari tanggal 16 April hingga 30 April sebesar 78 kendaraan. Jumlah kendaraan akan digunakan dalam penentuan lintas harian rata-rata (LHR). Nilai ekuivalen sumbu kendaraan (E), serta nilai lintas harian rata-rata (LHR) akan digunakan dalam penentuan lintas ekuivalen rencana (LER). Nilai ekuivalen sumbu kendaraan (E) diperoleh sebesar 3,46 nilai tersebut memiliki arti bahwa ketika satu alat angkut melintas jalan pengangkutan maka beban yang diberikan pada jalan akan sama dengan 3,46 kali kendaraan sumbu tunggal.

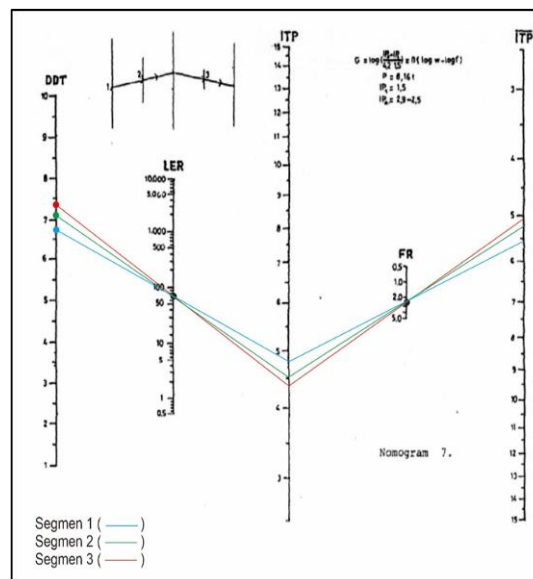
Nilai LER diperoleh sebesar 67,75 menggambarkan besarnya repitasi beban yang diterima oleh jalan selama umur rencana selama 5 tahun. Nilai LER tersebut memiliki arti bahwa selama umur rencana total beban kendaraan yang melintasi jalan pengangkutan akan sama dengan 67,75 kali beban kendaraan sumbu standar. Oleh sebab itu nilai LER ini akan berpengaruh terhadap tebal perkerasan yang digunakan. Semakin besar LER artinya kendaraan dengan berat tertentu dalam melintasi jalan akan semakin tinggi, sehingga tebal perkerasan pun akan semakin tinggi untuk mengatasi beban yang melintasi jalan tersebut.

2. Faktor Regional

Kondisi regional meliputi ke landaian jalan, presentasi jumlah kendaraan berat, dan iklim yang dinyatakan dengan suatu angka. Nilai FR akan berpengaruh terhadap ketebalan perkerasan, semakin tinggi nilai FR maka lapisan perkerasan pun akan semakin tebal. Ke landaian jalan akan berpengaruh terhadap proses pengikisan pada permukaan jalan, semakin miring jalan maka pengikisan akan semakin intensif sehingga ketebalan perkerasan pun harus semakin tinggi. Persentase kendaraan berat juga berpengaruh, semakin tinggi presentasi kendaraan maka semakin tinggi juga beban yang melintas sehingga tebal perkerasan pun semakin tinggi juga. Terakhir kondisi iklim berkaitan dengan curah hujan, hujan berdampak dalam memperburuk kondisi jalan semakin tinggi curah hujan maka kebutuhan tebal perkerasan pun semakin tinggi guna mengatasi kerusakan tersebut. Faktor regional pada jalan pengangkutan berdasarkan hasil pembobotan diperoleh angka sebesar 1,5.

Faktor regional, lintas ekivalen rencana (LER), dan nilai daya dukung tanah (DDT) akan digunakan dalam penentuan indeks tebal perkerasan (ITP). Diperoleh nilai ITP pada segmen 1 sebesar 5,2, segmen 2 sebesar 5,4 dan segmen 3 sebesar 5,6. Permukaan jalan yang telah diuji DCP diasumsikan sebagai tanah dasar yang akan digunakan sebagai peletakan lapisan perkerasan yang terdiri dari lapisan pondasi bawah (*subbase course*) dan lapisan pondasi atas (*base course*). Untuk jalan tambang sendiri lapisan pondasi atas diasumsikan digunakan

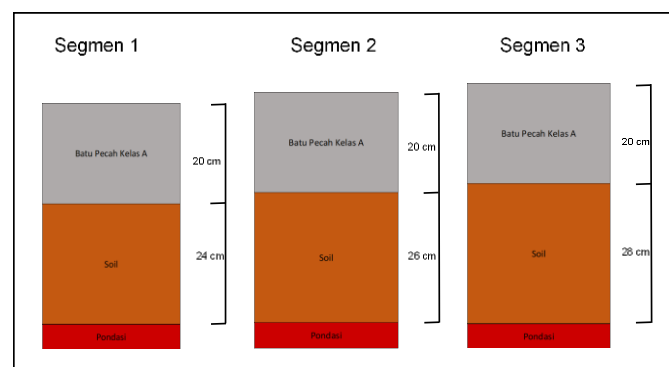
sebagai lapisan permukaan (*surface course*) hal ini berbeda dalam bidang sipil dimana lapisan permukaan yang umumnya digunakan berupa aspal. Material yang digunakan untuk lapisan pondasi bawah adalah tanah (*soil*) dengan koefisien relatif bahan sebesar 0.10, sedangkan lapisan pondasi atas sebagai lapisan permukaan jalan menggunakan batu pecah kelas A dengan koefisien relatif bahan sebesar 0,14. Penentuan Indeks Tebal Perkerasan dapat dilihat pada Gambar 1 Sebagai berikut.



Gambar 1. Penentuan ITP dengan Menggunakan Nomogram 7

Untuk menentukan tebal lapisan perkerasan yang dibutuhkan dalam perkerasan jalan maka perlu ditentukan terlebih dahulu material yang akan digunakan. Adapun material yang digunakan telah di tentukan oleh perusahaan dengan menggunakan Batu Pecah kelas A yang berasal dari quarry PT Silva Andia Utama. Lapisan permukaan jalan saat ini diasumsikan sebagai tanah dasar yang akan digunakan sebagai peletakan lapisan perkerasan. Pada kasus ini Penyusun merencanakan penggunaan material tanah (*soil*) sebagai lapisan pondasi bawah dan batu pecah kelas A sebagai lapisan pondasi atas sesuai dengan permintaan dari perusahaan. Penggunaan material tanah sebagai lapisan pondasi bawah bertujuan untuk mereduksi penggunaan batu pecah, sehingga penggunaan batu pecah tidak akan terlalu banyak namun masih mampu memberikan kekuatan yang sama.

Lapisan pondasi atas dengan batu pecah kelas A direncanakan dengan tebal 20 cm. Nilai koefisien kekuatan relatif bahan untuk batu pecah kelas A sebesar 0,14 dan untuk tanah sebesar 0,10. Sehingga diperoleh tebal lapisan perkerasan yang dibutuhkan masing-masing segmen dengan hasil tebal lapisan perkerasan untuk tanah segmen 1 sebesar 24 cm, segmen 2 sebesar 26 cm, dan untuk segmen 3 sebesar 28 cm.



Gambar 2. Penampang Lapisan Perkerasan Jalan

D. Kesimpulan

Berdasarkan pembahasan dalam penelitian ini, peneliti menyimpulkan beberapa hasil penelitian sebagai berikut:

1. Nilai CBR segmen 1 sebesar 15,37%, segmen 2 sebesar 17,58%, dan segmen 3 sebesar 20,28, Nilai daya dukung tanah segmen 1 sebesar 6,84 kg/cm²., segmen 2 sebesar 7,09 kg/cm². dan segmen 3 sebesar 7,36 kg/cm².
2. Berdasarkan hasil perhitungan dan analisis dari berat kendaraan alat angkut dengan berat total 26,49 ton dengan beban yang diberikan oleh setiap rodanya sebesar 4967(lb) maka beban yang akan diterima terhadap permukaan tanah sebesar 9,43 kg/cm².
3. Berdasarkan hasil perhitungan dan analisis untuk tebal perkerangan jalan tambang dengan material batu pecah kelas A setiap segmen memiliki rekomendasi ketebalannya sebesar 20 cm, dan untuk material soil segmen 1 sebesar 24 cm, segmen 2 sebesar 26 cm, dan segmen 3 sebesar 28 cm. berdasarkan ketebalan tersebut maka material yang dibutuhkan untuk batu pecah kelas A 1.190,136 M³ dan untuk material soil 1.528,053 M³.

Ucapan Terimakasih

Dari penelitian ini, penulis banyak mengucapkan terimakasih yang telah membantu menyelesaikan penelitian ini kepada:

1. Keluarga Tersayang
Penyusun mempersembahkan kepada mamah dan ayah selaku kedua orang tua, adik dan keluarga besar yang sudah sangat memberikan support baik moral dan moril dalam penyusunan penelitian ini terhadap penyusun yang akhirnya dapat menyelesaikan penelitian ini dengan baik.
2. Keluarga Teknik Pertambangan Angkatan 2019 Penelitian ini juga penyusun persembahkan terhadap keluarga tambang 2019 yang sudah memberikan dukungan yang lebih terhadap penyusun, serta memberikan kenangan yang indah terhadap penyusun untuk menyelesaikan pengerjaan penelitian ini.
3. Dosen Program Studi Teknik Pertambangan Unisba Penyusun mempersembahkan penelitian ini untuk dosen-dosen Unisba yang sangat penyusun banggakan yaitu Bapak Ir. Yuliadi, S.T., M.T., IPM selaku pembimbing, Bapak Iswandaru, S.T., M.T., Ibu Elfida Moralista, S.Si., M.T., Bapak Ir. Zaenal, M.T., Bapak Noor Fauzi Isnarno, S.Si., M.T., Bapak Dr., Ir. Yunus Ashari, M.T., dan Bapak Ir. Dono Guntoro, S.T., M.T., yang senantiasa memberikan arahan serta ilmu pengetahuan, dan semangat terhadap penyusun untuk menyelesaikan perkuliahan dan penelitian ini.

Daftar Pustaka

- Muhammad Ilham Naufal, Yuliadi, & Iswandaru. (2022). Pengaruh Penambahan Kapur terhadap Parameter Uji Kuat Geser Batulempung Menggunakan Direct Shear Test. *Jurnal Riset Teknik Pertambangan*, 1(2), 162–169. <https://doi.org/10.29313/jrtp.v1i2.540>
- Rafly Aditya Pratama, Solihin, & Yunus Ashari. (2024). Analisis Kinerja Crushing Plant untuk Mencapai Target Produksi Batu Andesit. *Jurnal Riset Teknik Pertambangan*, 103–108. <https://doi.org/10.29313/jrtp.v4i2.5030>
- Riyanto, T., Triantoro, A., Riswan, R., & Olla, Y. D. (2019). Evaluasi Jalan Tambang Berdasarkan Geometri Dan Daya Dukung Pada Lapisan Tanah Dasar Pit Tutupan Area Highwall. *Jurnal Himasapta*, 1(02), 50–56. <https://doi.org/10.20527/jhs.v1i02.921>
- Ruslan Loilatu, & Iswandaru. (2022). Analisis Kestabilan Lereng Andesit Menggunakan Metode FEM pada PT. X. *Jurnal Riset Teknik Pertambangan*, 15–23. <https://doi.org/10.29313/jrtp.v2i1.782>
- Anonym, ASTM D6951-09. 2009. Standard Test Method for Use of the Dynamic Cone Penetrometer in Shallow Pavement Applications. In *ASTM Standard*.

- Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika 2023, ”Curah Hujan Kabupaten Bandung Barat”
- Departemen Pekerjaan Umum, 2010, “Pemberlakuan Pedoman Cara Uji *California Bearing Ratio* (CBR) dengan *Dynamic Cone Penetrometer* (DCP)”. Jakarta: Menteri Pekerjaan Umum.
- Fadillah, M. I., Iswandaru, & Zaenal. 2022. "Pengujian Daya Dukung Perkerasan Jalan Tambang dengan Dynamic Cone Penetrometer (DCP) di PT Mitra Multi Sejahtera". *Bandung Conference Series: Mining Engineering*, 2(1), 95–103. <https://doi.org/10.29313/bcsme.v2i1.1465>
- Giroud, J. P., dan Han, J., 2004, “*Design Method for Geogrid-Reinforced Unpaved Roads. I: Development of Design Method*”, *J. Geotech Geoenviron Eng.*, 130(8), 775-786.
- Hadijah, Ida., dan Surya Putra, Dian Nafi., 2017, “Analisa Kerusakan Perkerasan Jalan Ditinjau Dari Daya Dukung Tanah dan Volume Lalu Lintas”, Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Metro Lampung, TAPAK Vol. 7 No 1.
- Lesayuti, Denny., 2011, “Korelasi Nilai California Bearing Ratio (CBR) dan Dynamic Cone Penetrometer (DCP) pada Tanah Ekspansif yang Distabilisasi dengan Pasir, Semen, dan Kapur”, Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia, Depok
- Sriharyani, L., & Oktami, D. 2016. "Kajian penggunaan dynamic cone penetrometer (DCP) untuk uji lapangan pada tanah dasar pekerjaan timbunan apron (studi kasus di Bandar Udara radin Inten II Lampung)". *Tapak*, 5(2), 89–97.
- Sukirman, Silvia., 1999, “Dasar-dasar Perencanaan Geometrik Jalan”, Penerbit Nova: Bandung.
- Sukirman, Silvia., 2010, “Perkerasan Lentur Jalan Raya”, Penerbit Nova: Bandung.