



Analisis Nilai California Bearing Ratio (CBR) Terhadap Tebal Lapisan Jalan Tambang pada Pit Selatan PT. Bina Sarana Sukses Site PT. Baramulti Suksessarana

Sahrul Ramadhana^{1*}, Revia Oktaviani², Lucia Litha Respati³,

Agus Winarno⁴, Windhu Nugroho⁵

¹⁻⁵ Universitas Mulawarman, Indonesia

Korespondensi penulis : amnurhidayatullah@gmail.com

Abstract. Mining roads play an important role in supporting the smooth running of mining activities, especially in the process of transporting materials. The bearing capacity of the soil as a road subgrade greatly affects the stability and resistance of the road to heavy equipment loads. This study aims to analyze the effect of the plasticity index and compaction parameters on the California Bearing Ratio (CBR) value, as well as to determine the thickness of the road layer based on the laboratory CBR value. Testing was carried out at the South Pit of PT. Bina Sarana Sukses site PT. Baramulti Suksessarana with a field test method using the Dynamic Cone Penetrometer (DCP) and laboratory tests such as proctor tests, Atterberg limit tests, and CBR tests on various variations of clay and sand soil mixtures. The results showed that increasing the plasticity index decreased the CBR value, while increasing the maximum dry density and decreasing the optimum water content increased the CBR value. Based on the laboratory CBR value, recommendations were obtained for the appropriate road layer thickness to ensure optimal bearing capacity for heavy equipment passing through the research area.

Keywords: Mining Road, CBR, Plasticity Index, Compaction Parameters, Road Layer Thickness

Abstrak. Jalan tambang memegang peran penting dalam menunjang kelancaran aktivitas penambangan, terutama dalam proses pengangkutan material. Daya dukung tanah sebagai subgrade jalan sangat berpengaruh terhadap kestabilan dan ketahanan jalan terhadap beban alat berat. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh indeks plastisitas dan parameter kompaksi terhadap nilai California Bearing Ratio (CBR), serta menentukan ketebalan lapisan jalan berdasarkan nilai CBR laboratorium. Pengujian dilakukan di Pit Selatan PT. Bina Sarana Sukses site PT. Baramulti Suksessarana dengan metode uji lapangan menggunakan Dynamic Cone Penetrometer (DCP) dan uji laboratorium seperti proctor test, pengujian batas Atterberg, serta uji CBR pada berbagai variasi campuran tanah lempung dan pasir. Hasil penelitian menunjukkan bahwa peningkatan indeks plastisitas menurunkan nilai CBR, sedangkan peningkatan kepadatan kering maksimum dan penurunan kadar air optimum meningkatkan nilai CBR. Berdasarkan nilai CBR laboratorium, diperoleh rekomendasi tebal lapisan jalan yang sesuai untuk menjamin daya dukung optimal terhadap alat berat yang melintas di area penelitian.

Kata Kunci : Jalan Tambang, CBR, Indeks Plastisitas, Parameter Kompaksi, Tebal Lapisan Jalan

1. LATAR BELAKANG

Aktivitas penambangan memerlukan jalan tambang sebagai sarana infrastruktur yang vital di dalam lokasi penambangan untuk menunjang kelancaran penambangan terutama dalam kegiatan pengangkutan.

Jalan tambang sangat memegang peranan penting untuk mencapai target produksi. Selain ketersediaan jalan, keberlangsungan jalan tersebut juga sangat penting. Dalam artian bahwa jalan tersebut mampu menampung volume alat berat dan kekuatannya cukup memadai. Daya dukung tanah pada jalan sangat menentukan, berbagai standar menetapkan nilai daya dukung minimal bagi subgrade yang layak untuk dilalui alat berat ataupun diberi perkerasan di atasnya.

Problematika tanah harus mendapatkan perhatian utama. Hal ini disebabkan karena jalan tambang yang didominasi oleh material lempung mudah mengalami gelombang-gelombang yang lama kelamaan akan berlubang dan hancur.

Melihat kondisi yang demikian, perbaikan akan dilakukan dengan mencampurkan material lempung terhadap pasir sehingga dapat meningkatkan daya dukung yang mampu menahan alat berat saat dilewati maka di perlukannya parameter daya dukung tanah. Parameter tersebut dipengaruhi oleh nilai *California Bearing Ratio* (CBR).

Oleh karena itu, perlu adanya suatu analisis terhadap kondisi jalan tambang. Baik itu pada tebal jalan maupun pada penggunaan campuran material jalannya yang disesuaikan dengan alat berat yang akan melintasi jalan tersebut.

2. KAJIAN TEORITIS

Pengertian Tanah

Menurut Das (1995), tanah didefinisikan sebagai material yang terdiri dari agregat (butiran) mineral-mineral padat yang tidak tersementasi (terikat secara kimia) satu sama lain dan dari bahan-bahan organik yang telah melapuk (yang berpartikel padat) disertai dengan zat cair dan gas yang mengisi ruang-ruang kosong diantara partikel-partikel padat tersebut.

Pengertian Jalan

Menurut Undang-undang KepMen ESDM No 1827K/30/MEM/2018, 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.

Perkerasan Jalan

Menurut Sukirman (2010), perkerasan jalan adalah suatu konstruksi yang dibangun diatas tanah dasar dengan maksud untuk dapat menahan beban lalu-lintas atau kendaraan serta tanah terhadap perubahan cuaca yang terjadi. Ditinjau dari cara penyebaran tegangan akibat beban kendaraan ke tanah dasar, konstruksi perkerasan jalan dapat dibedakan menjadi dua yaitu perkerasan lentur (*flexible pavement*) dan perkerasan kaku (*rigid pavement*).

Timbunan

Menurut Srihandayani (2021) timbunan adalah material yang digunakan untuk mengisi kembali galian atau untuk mencapai elevasi *subgrade* yang telah direncanakan.

Berdasarkan fungsinya, timbunan dapat dibedakan menjadi 2, yaitu:

- Tanggul (*Embankment*), adalah material yang dipadatkan dengan fungsi untuk menaikkan elevasi agar elevasi akhir (seperti jalan raya atau jalan rel) lebih tinggi dibanding dengan

elevasi sekitar atau sebagai pembatas.

- Timbunan (*Fill*), adalah material yang dipadatkan dengan fungsi untuk mengisi kembali galian atau agar elevasi akhir sama dengan elevasi sekitar.

3. METODE PENELITIAN

Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan PT. Bina Sarana Sukses *site* PT. Baramulti Suksessarana, Kabupaten Kutai Kertanegara, Provinsi Kalimantan Timur. Lokasi tambang dilakukan terletak di Batuah Km 30, Kecamatan Loa Janan, Kabupaten Kutai Kartanegara, Provinsi Kalimantan Timur dan secara geografis terletak pada garis meridian ($00^{\circ}44'35''$) LS dan garis bujur ($117^{\circ}02'10''$) BT.

Untuk mencapai lokasi PT. Bina Sarana Sukses *site* PT. Baramulti Suksessarana dapat menempuh dengan menggunakan kendaraan roda dua dari Universitas Mulawarman dengan akses jalan darat menempuh jarak ± 50 km dengan lama perjalanan ± 1 jam 30 menit. Sedangkan menggunakan kendaraan roda empat dari Universitas Mukawarman dengan akses jalan darat menempuh jarak ± 50 km dengan lama perjalanan ± 2 jam.

Adapun penelitian ini dilakukan pada lokasi jalan utama PIT Selatan PT. Bina Sarana Sukses *site* PT. Baramulti Suksessarana yang berfungsi sebagai jalan penghubung lokasi *front* penambangan menuju disposal yang dimana jalan tersebut dilapisi lempung.

Adapun alat angkut terbesar yang melewati jalan yaitu Komatsu HD 785-7 dengan berat muatan 366000 lbs dan distribusi berat pada bagian *Front Axle* sebesar 31.5 % dan *Rear Axle* sebesar 68.6 %. Adapun aktivitas alat angkut lain selain HD 785-7 yaitu truck tambang LCMG CMT106, truck angkut batubara Hino FM 260 dan alat *support* penambangan lainnya.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian Calofornia Bearing Ratio (CBR)

Pengujian CBR bertujuan untuk mendapatkan nilai daya dukung material yang akan digunakan dalam menentukan perencanaan ketebalan struktur lapisan jalan tambang. Pengujian CBR dilakukan dengan 2 kondisi, yaitu kondisi tidak rendaman (*Unsoaked*) dan kondisi rendaman (*Soaked*).

CBR Unsoaked

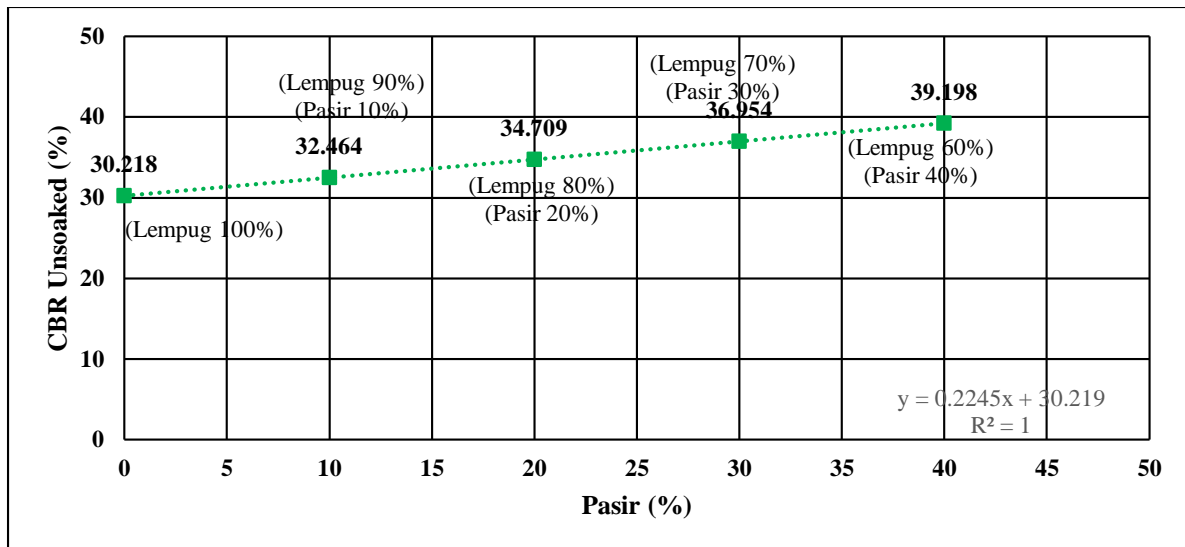
CBR Unsoaked merupakan pengujian CBR yang mensimulasikan keadaan normal dilapangan, sampel CBR akan langsung diuji (menggunakan alat pengujian CBR laboratorium) setelah dipadatkan. Pada pengujian ini sampel yang digunakan campuran material lempung

dengan pasir. Setelah melakukan uji CBR *Unsoaked* didapatkan data pada lampiran G dengan menggunakan (rumus 2.19 dan 2.20). Adapun hasil pengujian dapat dilihat pada tabel 4.7 berikut ini:

Tabel 1. Nilai CBR Unsoaked

CBR Unsoaked Seam O				
No	Sampel	CBR 0.1"	CBR 0.2"	Rata – rata
		(%)	(%)	(%)
1	Lempung 100%	31.996	33.306	32.651
2	Lempung 90 % + Pasir 10 %	33.680	34.428	34.054
3	Lempung 80 % + Pasir 20 %	36.487	36.300	36.393
4	Lempung 70 % + Pasir 30 %	39.284	38.919	39.106
CBR Unsoaked Seam L				
No	Sampel	CBR 0.1"	CBR 0.2"	Rata – rata
		(%)	(%)	(%)
1	Lempung 100%	29.751	30.683	30.218
2	Lempung 90 % + Pasir 10 %	31.996	32.932	32.464
3	Lempung 80 % + Pasir 20 %	34.241	35.177	34.709
4	Lempung 70 % + Pasir 30 %	36.487	37.422	36.954

Berdasarkan tabel 1. nilai CBR yang paling baik yaitu Seam O dibandingkan dengan Seam L, terlihat bahwa seiring bertambah persentase campuran pasir maka akan meningkatkan nilai CBR kedua Seam. Penambahan persentase pasir terhadap lempung dapat meningkatkan nilai CBR tanah karena butiran pasir dan tanah akan menjadi stabil karena pasir memiliki sifat *interlocking* atau penguncian antar partikel. Hal itu disebabkan penambahan pasir dapat memperoleh gradas lebih bervariasi sehingga sifat-sifat teknis tanah menjadi lebih baik.



Gambar 1. Grafik Hubungan Persentase Pasir dengan CBR Unsoaked

Berdasarkan hasil plotting dapat disimpulkan bahwa setiap penambahan 1 % pasir, CBR Unsoaked bertambah sebesar 0.2245 %. Maka pada campuran 40 % pasir didapatkan nilai CBR *Unsoaked* sebesar 39.198 %. Adapun nilai R^2 sebesar 1 menunjukkan bahwa korelasi yang sempurna.

CBR Soaked

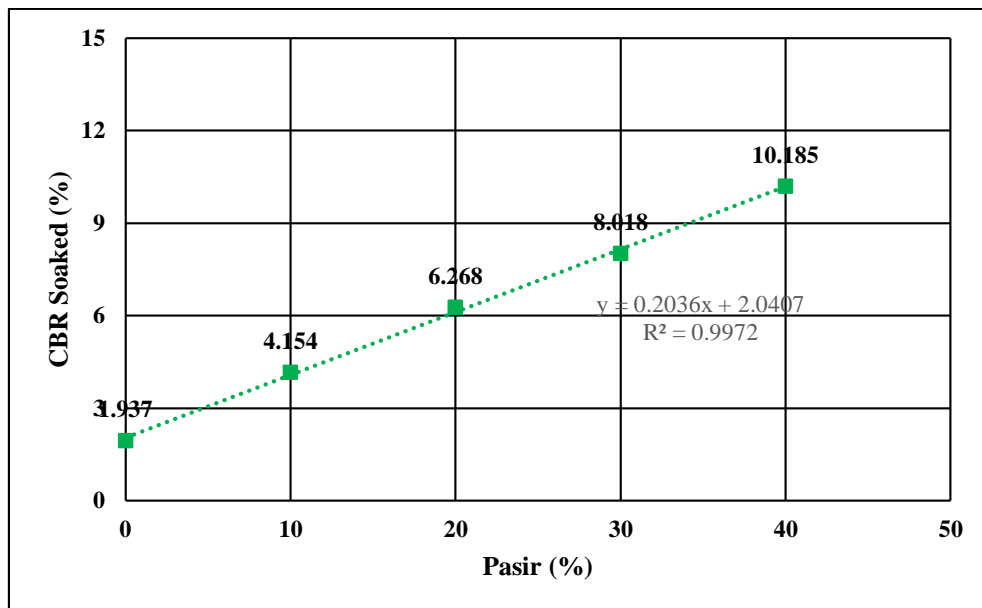
CBR *Soaked* merupakan pengujian yang mengasumsikan keadaan terburuk dilapangan, sampel CBR akan direndam didalam bak perendaman selama 4 hari (96 jam) sebelum pengujian. Pada pengujian ini sampel yang digunakan campuran material lempung dengan pasir. Setelah melakukan uji CBR *Soaked* didapatkan data pada lampiran G dengan menggunakan (rumus 2.19 dan 2.20). Adapun hasil pengujian dapat dilihat pada tabel 2 berikut ini:

Tabel 2. Nilai CBR Saoked

CBR Soaked Seam O				
No	Sampel	CBR 0.1"	CBR 0.2"	Rata – rata
		(%)	(%)	(%)
1	Lempung 100%	1.067	1.516	1.291
2	Lempung 90 % + Pasir 10 %	3.274	4.678	3.976
3	Lempung 80 % + Pasir 20 %	4.846	6.886	5.866
4	Lempung 70 % + Pasir 30 %	6.100	8.850	7.475
CBR Soaked Seam L				
No	Sampel	CBR 0.1"	CBR 0.2"	Rata – rata

		(%)	(%)	(%)
1	Lempung 100%	1.851	2.021	1.937
2	Lempung 90 % + Pasir 10 %	3.593	4.715	4.154
3	Lempung 80 % + Pasir 20 %	5.613	6.923	6.268
4	Lempung 70 % + Pasir 30 %	7.241	8.794	8.018

Berdasarkan tabel 2. terlihat bahwa seiring bertambah persentase campuran pasir maka akan meningkatkan nilai CBR masing-masing Seam. Perendaman selama 4 hari mengakibatkan material lempung menjadi jenuh. Hal ini terjadi karena air mengisi semua pori-pori yang ada pada lempung sedangkan dengan adanya pasir dapat mengurangi hal tersebut.

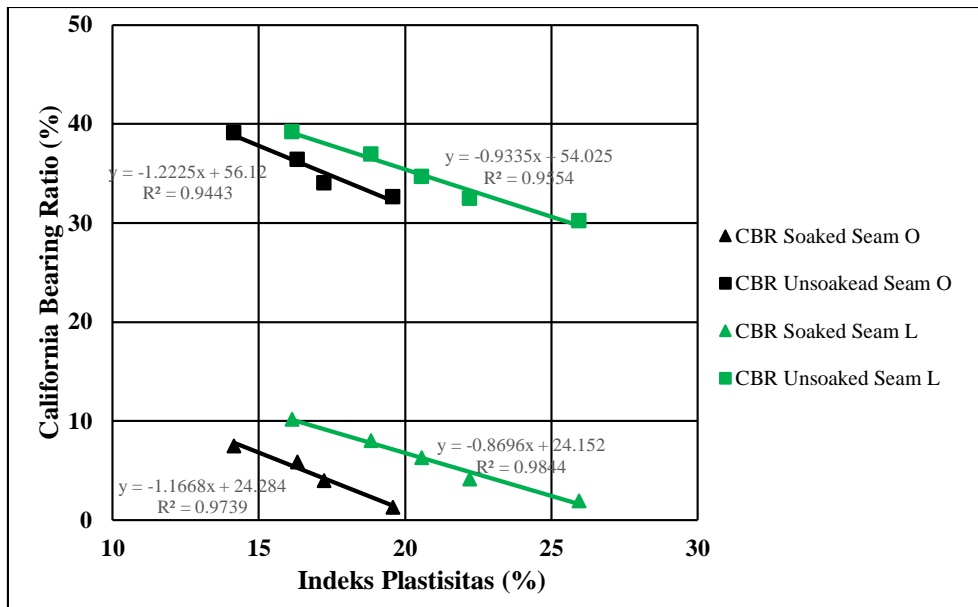


Gambar 2. Grafik Hubungan Persentase Pasir dengan CBR Soaked

Berdasarkan hasil plotting dapat disimpulkan bahwa setiap penambahan 1 % pasir, CBR *Soaked* bertambah sebesar 0.2036 %. Maka pada campuran 40 % pasir didapatkan nilai CBR *Soaked* sebesar 10.185 %.

Hubungan Antara Nilai Plastisitas Terhadap Nilai *Calofirnia Bearing Ratio* (CBR)

Berdasarkan hasil pengujian *Aterrberg Limit* dan *California Bearing Ratio* (CBR) pada laboratorium dapat dilakukan pengelompokan nilai IP dan CBR rata-rata. Hubungan antara nilai Indeks Plastisitas dan nilai CBR seperti pada gambar 4.6 berikut ini:

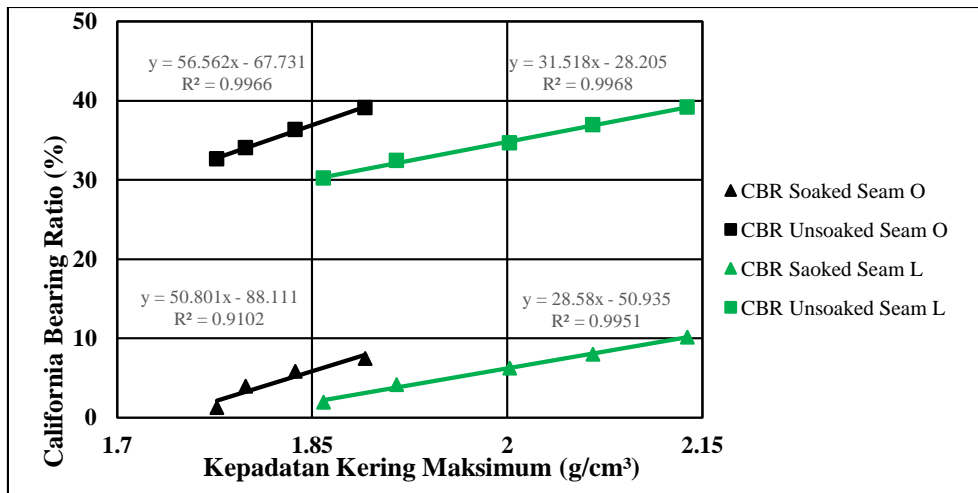


Gambar 3. Grafik Hubungan Nilai IP Terhadap CBR

Dari hasil pengujian pada gambar 3. menunjukkan bahwa adanya peningkatan nilai CBR dengan bertambahnya campuran pasir baik pada pengujian CBR *Unsoaked* dan CBR *Soaked*. Adapun peningkatan nilai CBR berbanding terbalik dengan nilai indeks plastisitas. Semakin banyak pasir yang tercampur dengan lempung maka indeks plastisitasnya akan menurun. Berdasarkan hasil plotting grafik dapat disimpulkan setiap kenaikan 1% plastisitas akan menurunkan 1.2225% CBR *Unsoaked* dan 1.1668% CBR *Soaked* pada Seam O, 0.9335% CBR *Unsoaked* dan 0.8696% *Soaked* pada Seam L. Hal ini dikarenakan semakin kecil nilai plastisitas maka kemampuan untuk menahan beban akan menjadi sangat baik. Semakin besar nilai plastisitas maka akan semakin tidak kondusif terhadap keamanan dan daya dukung karena sifat tanahnya yang plastis.

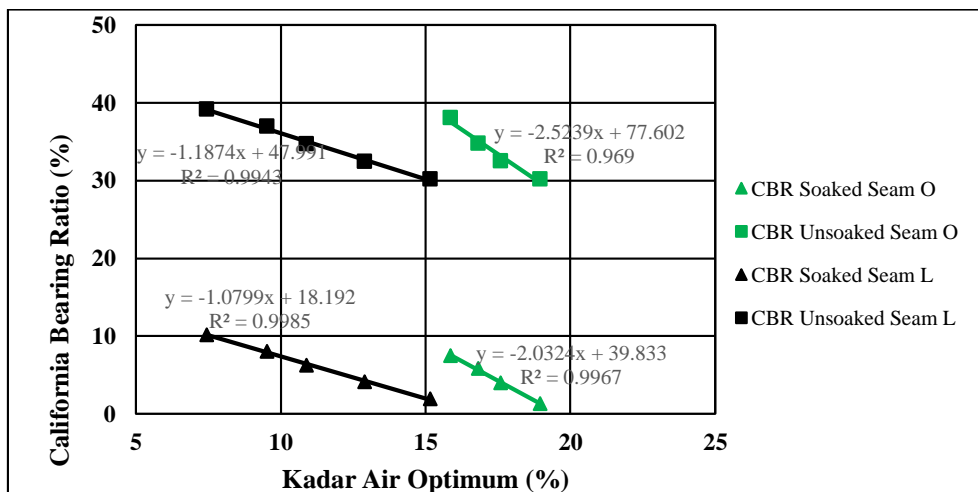
Hubungan Antara Nilai Parameter Kompaksi *Proctor Test* Material Terhadap Nilai *California Bearing Ratio* (CBR)

Setelah melakukan pengujian *Proctor Test* dan *California Bearing Ratio* (CBR) pada laboratorium diperoleh hubungan antara nilai kompaksi yang terdiri dari nilai kepadatan kering maksimum dan nilai kadar air optimum terhadap nilai CBR seperti pada gambar 4 dan gambar 3 berikut ini:



Gambar 4. Grafik Hubungan Kepadatan Kering Maksimum Terhadap Nilai CBR

Dari hasil pengujian pada gambar 4. menunjukkan bahwa adanya hubungan antara nilai kepadatan kering maksimum yang semakin meningkat maka nilai CBR akan ikut meningkat dan membuat daya dukung semakin baik. Berdasarkan hasil plotting pada grafik dapat disimpulkan setiap kenaikan 1 gram/cm³ kepadatan kering akan meningkatkan 56.563% CBR *Unsoaked* dan 8.01% CBR *Soaked* pada Seam O, 31.51% CBR *Unsoaked* dan 5.59% CBR *Soaked* pada Seam L. Hal ini terjadi karena material yang dipadatkan memiliki butiran yang tersusun rapat sehingga ikatan antar butiran menjadi lebih kuat. Akibatnya, daya dukung material akan meningkat, memungkinkan material tersebut untuk menopang beban dengan lebih efektif dan meminimalkan deformasi saat menerima tekanan.



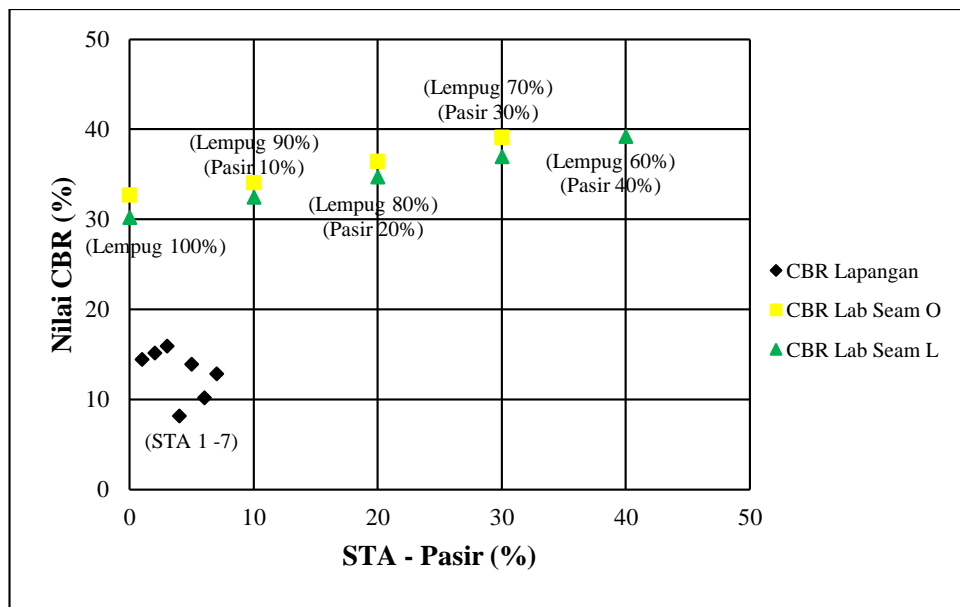
Gambar 5. Grafik Hubungan Kadar Air Optimum Terhadap Nilai CBR

Dari hasil pengujian pada gambar 5. menunjukkan bahwa adanya hubungan antara nilai kadar air optimum terhadap nilai CBR, peningkatan nilai CBR seiring turunnya nilai kadar air optimum. Berdasarkan hasil plotting pada grafik dapat disimpulkan setiap kenaikan 1% kadar air akan menurunkan 1.1736% CBR *Unsoaked* dan 1.07% CBR *Soaked* pada Seam O, 2.5239%

CBR *Unsoaked* dan 2.0056% CBR *Soaked* pada Seam L. Kadar air sangat mempengaruhi nilai CBR, saat kadar air meningkat akan mengakibatkan penurunan daya dukung. Hal ini berakibat langsung pada penurunan nilai CBR, karena daya dukung material lebih rendah disaat kadar air nya berlebihan. Stabilitas material jalan sangat bergantung pada kadar air yang optimal untuk menjaga ikatan partikel tetap kuat.

Perbandingan Nilai CBR Lapangan dengan CBR Laboratorium

Berdasarkan hasil pengujian *Dynamic Cone Penetrometer* (DCP) pada lapangan dengan mengolah data mendapatkan nilai *California Bearing Ratio* (CBR) dan pengujian *California Bearing Ratio* (CBR) laboratorium maka didapatkan perbandingan nilai CBR lapangan dengan CBR laboratorium seperti pada gambar 6 sebagai berikut:



Gambar 6. Grafik Perbandingan Nilai CBR lapangan dengan CBR Laboratorium

Berdasarkan gambar 6. menunjukkan bahwa perbandingan nilai CBR lapangan dengan CBR Laboratorium memiliki perbedaan yang sangat signifikan. Nilai CBR lapangan sangat rendah dibandingkan dengan nilai CBR laboratorium. Perbedaan nilai CBR lapangan dengan CBR laboratorium disebabkan oleh perbedaan kondisi uji dan material yang digunakan. Nilai CBR lapangan menunjukkan kekuatan tanah asli di lapangan tanpa modifikasi kompaksi, nilai ini lebih rendah karena dipengaruhi beberapa faktor seperti kadar air, kepadatan, dan distribusi material yang tidak merata. Sebaliknya nilai CBR laboratorium Seam O dan Seam L menunjukkan nilai CBR yang tinggi. Hal ini karena dilakukan pengujian pemadatan tanah sehingga kepadatan merata, dan adanya penambahan persentase pasir sehingga memiliki nilai CBR yang tinggi. Perbedaan ini menunjukkan bahwa nilai CBR laboratorium

mempresentasikan kekuatan maksimum sampel, sedangkan CBR lapangan menggambarkan nilai CBR asli di lapangan.

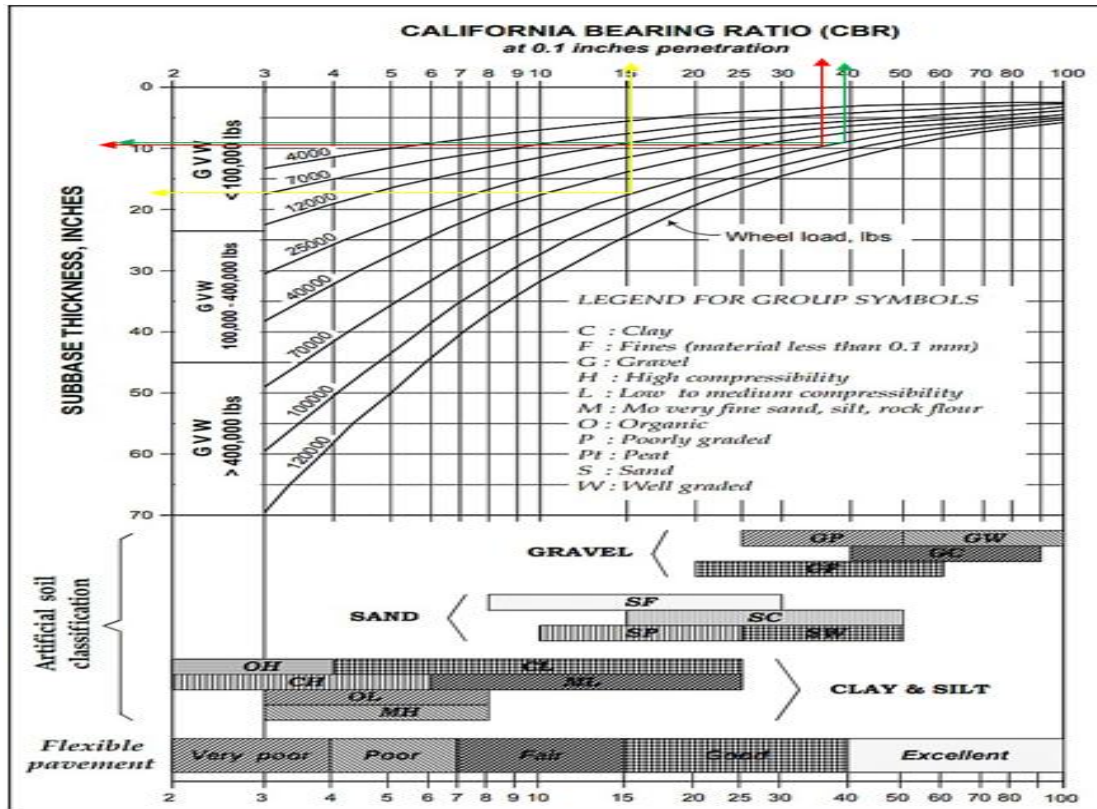
Perencanaan Struktur Tebal Lapisan Jalan Berdasarkan Nilai CBR Laboratorium

Material yang digunakan untuk perencanaan lapisan struktur jalan dilakukan berdasarkan nilai CBR *Unsoaked* pada pengujian laboratorium dari material variasi campuran lempung dengan pasir. Karena CBR *Unsoaked* lebih bagus daripada CBR *Soaked* yang dimana sampel direndam selama 4 hari, material menjadi jenuh dan tidak bisa dipadatkan.

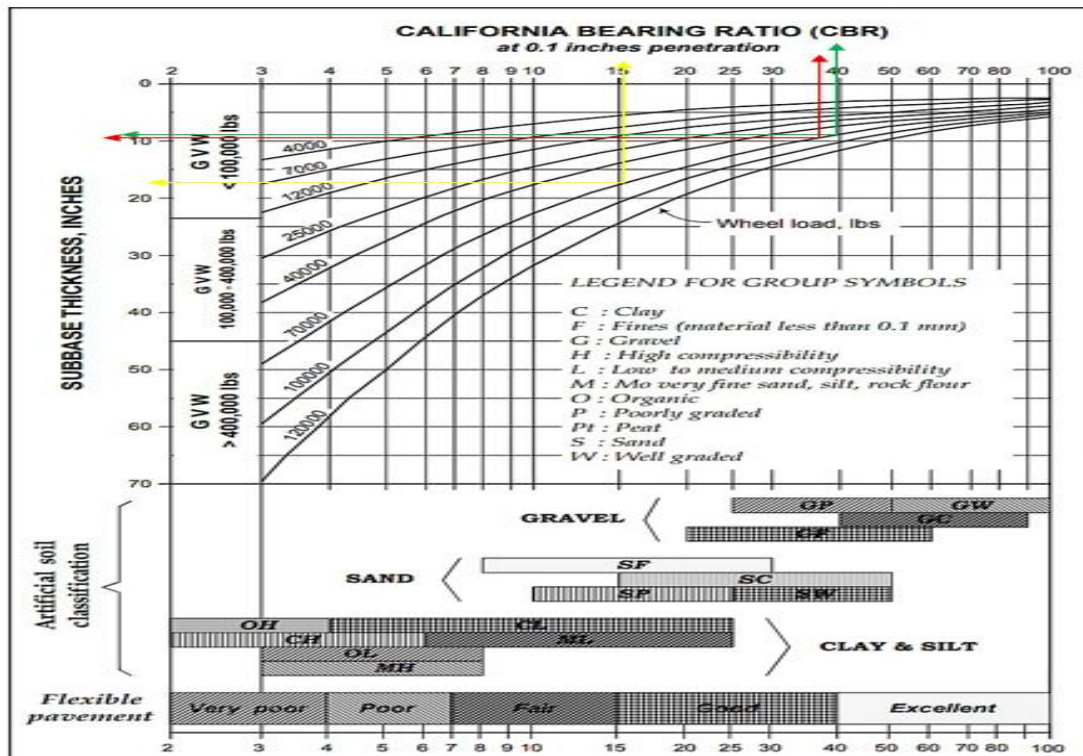
Dalam perencanaan lapisan struktur jalan, salah satu aspek utama yang menjadi acuan untuk menentukan ketebalan lapisan adalah daya dukung tanah dasar. Daya dukung ini mempengaruhi kemampuan tanah untuk menahan beban yang diberikan oleh alat berat yang melintasi jalan. Dalam perencanaan ini diasumsikan nilai CBR tanah dasar yang digunakan adalah hasil DCP yang diperoleh di lapangan sebesar 15.89 %.

Pada campuran (lempung 70% - pasir 30%) Seam O dapat digunakan sebagai material penyusun untuk struktur lapisan pondasi (*base coarse*) dikarenakan hasil uji CBR *Unsoaked* memiliki nilai 39.106 %, sedangkan pada Seam L campuran (lempung 60% - pasir 40%). Dimana lapisan pondasi sangat penting dalam menyebarkan beban roda kendaraan ke tanah dasar sehingga diperlukan nilai CBR yang sangat baik. Sedangkan pada campuran (lempung 80% - pasir 20%) Seam O digunakan sebagai material penyusun struktur lapisan permukaan (*surface coarse*) hal ini dikarenakan hasil uji CBR *Unsoaked* sebesar 36.393 %, sedangkan pada seam L campuran (lempung 70% - pasir 30%). Telah cukup memenuhi standar daya dukung jalan tambang yaitu minimal nilai CBR 36 %.

Ketebalan lapisan jalan ditentukan berdasarkan beban maksimum dari alat angkut terbesar yang melintas. Dengan distribusi beban yang tepat, setiap lapisan dirancang untuk mendukung dan menyebarkan tekanan dan menjaga kestabilan jalan. Adapun beban maksimum alat angkut Komatsu HD 785-7, diketahui distribusi beban maksimum terdapat pada roda belakang yang digunakan sebagai beban tersebar yaitu sebesar 62.677.5 lbs. Dengan menggunakan data distribusi beban maksimum roda dan data nilai CBR, dapat diketahui ketebalan struktur lapisan jalan angkut dengan cara plotting data ke kurva CBR gambar pada 7 dan 8 sebagai berikut:



Gambar 7 Grafik Perencanaan Tebal Perkerasan Jalan Seam O

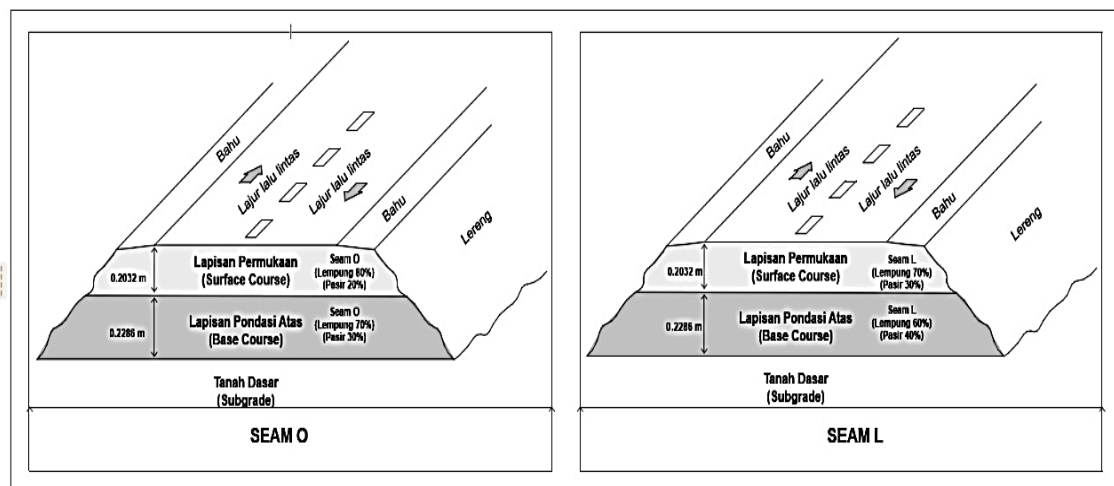


Gambar 8 Grafik Perencanaan Tebal Perkerasan Jalan Seam L

Berdasarkan hasil plotting pada grafik, ketebalan masing-masing lapisan struktur jalan pada tabel 3 dan gambar 9 sebagai berikut:

Tabel 3 Nilai Tebal Struktur Jalan Tambang Berdasarkan Nilai CBR

Nilai Tebal Struktur Jalan Tambang Seam O				
Lapisan	CBR (%)	Material	Ketebalan (Inchi)	Ketebalan (Meter)
Surface Coarse	36.393	Seam O (Lempung 80% – Pasir 20%)	9	0.2286
Base Coarse	39.106	Seam O (Lempung 70% – Pasir 30%)	8	0.2032
Subgrade	15.890	Material DCP Lapangan	-	-
Nilai Tebal Struktur Jalan Tambang Seam L				
Lapisan	CBR (%)	Material	Ketebalan (Inchi)	Ketebalan (Meter)
Surface Coarse	36.954	Seam L (Lempung 70% – Pasir 30%)	9	0.2286
Base Coarse	39.198	Seam L (Lempung 60% – Pasir 40%)	8	0.2032
Subgrade	15.890	Material DCP Lapangan	-	-



Gambar 9 Perencanaan Struktur Tebal Lapisan Jalan Berdasarkan Seam

Mempertimbangkan ketersediaan pasir di lapangan yang terbatas, Seam O dapat direkomendasikan sebagai pilihan yang lebih baik. Walaupun nilai CBR Seam O lebih kecil dibandingkan Seam L, tetapi komposisi pasir Seam O lebih sedikit. Oleh karena itu, Seam O menjadi opsi yang lebih efektif untuk kondisi tersebut.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Setelah melakukan pengujian dan pengolahan data pada pengujian kali ini diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

- Hasil uji *Atterberg Limit* dan *California Bearing Ratio* (CBR) laboratorium menunjukkan bahwa penurunan Indeks Plastisitas (IP) disertai dengan peningkatan nilai CBR. Setiap kenaikan 1% IP akan menurunkan 1.2225% CBR *Unsoaked* dan 1.1668% CBR *Soaked* pada seam O, sedangkan pada seam L akan menurunkan 0.9335% CBR *Unsoaked* dan 0.8696% CBR *Soaked*.
- Hasil uji *Proctor* dan *California Bearing Ratio* (CBR) laboratorium menunjukan bahwa ketika kepadatan kering meningkat maka nilai CBR juga meningkat. Setiap kenaikan 1 gr/cm³ kepadatan kering akan meningkatkan 56.562% CBR *Unsoaked* dan 50.801% CBR *Soaked* pada seam O, sedangkan pada seam L akan meningkatkan 31.518% CBR *Unsoaked* dan 28.58% CBR *Soaked*. Apabila kadar air meningkat maka nilai CBR menurun. Setiap kenaikan 1% kadar air akan menurunkan 2.5239% CBR *Unsoaked* dan 2.0324% CBR *Soaked* pada seam O, sedangkan pada seam L akan menurunkan 1.1874% CBR *Unsoaked* dan 1.0799% CBR *Soaked*.
- Rekomendasi perencanaan struktur lapisan jalan tambang untuk *base coarse* setebal 0.1778 m menggunakan sampel (lempung 70% : pasir 30%) seam O dengan nilai CBR 39.106%, *surface coarse* setebal 0.2286 m menggunakan sampel (lempung 80 : pasir 20%) seam O dengan nilai CBR 36.393%.

Saran

Adapun saran yang dapat diambil pada penelitian ini, sebagai berikut:

- Sebaiknya untuk penelitian selanjutnya dapat digunakan persentase campuran pasir yang lebih banyak.
- Sebaiknya untuk penelitian selanjutnya daya dukung material bisa dilihat berdasarkan parameter kekuatan sudut geser dan kuat geser tanah.
- Sebaiknya untuk penelitian selanjutnya digunakan material campuran lain selain pasir seperti kapur, semen, dan kerikil.

DAFTAR REFERENSI

- Arif, I. (2016). *Geoteknik tambang*. Gramedia.
- Badan Standar Nasional Indonesia. (2008). *Metode pengujian analisis ukuran butir* (SNI 1734:2012). BSN.
- Badan Standar Nasional Indonesia. (2008). *Metode pengujian batas cair tanah dengan alat Casagrande* (SNI 1967:2008). BSN.
- Badan Standar Nasional Indonesia. (2008). *Metode pengujian batas plastis tanah dan indeks plastis* (SNI 1966:2008). BSN.
- Badan Standar Nasional Indonesia. (2008). *Metode pengujian berat jenis tanah* (SNI 1964:2008). BSN.
- Badan Standar Nasional Indonesia. (2008). *Metode pengujian CBR laboratorium* (SNI 1744:2012). BSN.
- Badan Standar Nasional Indonesia. (2008). *Metode pengujian CBR lapangan* (SNI 1738:2011). BSN.
- Badan Standar Nasional Indonesia. (2008). *Metode pengujian kadar air tanah* (SNI 1965:2008). BSN.
- Badan Standar Nasional Indonesia. (2008). *Metode pengujian kepadatan tanah* (SNI 1743:2008). BSN.
- Budi, G. (2011). *Pengujian tanah di laboratorium*. Yogyakarta.
- Das, B. M. (1995). *Mekanika tanah: Prinsip-prinsip rekayasa geoteknik*. Erlangga.
- Fhadillah, R. M., Winarno, A., & Oktaviani, R. (2023). Analisis penggunaan campuran material batupasir dengan batulempung untuk material perkerasan jalan tambang di PT Belengkong Mineral Resources Site Insani Baraperkasa Kabupaten Kutai Kartanegara, Kalimantan Timur. *Jurnal Riset Teknik Pertambangan*, 18(1), 1–10.
- Hardiyatmo, H. C. (2002). *Mekanika tanah I*. Gadjah Mada University Press.
- Helmi, Aprianto, & Vivi. (2020). Korelasi nilai California Bearing Ratio (CBR) lapangan dengan menggunakan alat Dynamic Cone Penetrometer (DCP) dan California Bearing Ratio (CBR) mekanis. *Jurnal Teknik Sipil Universitas Tanjungpura*, 1–10.
- Ilham, Ali, A., & Arif. (2022). Evaluasi jalan tambang pada tambang batubara di PT. Lamindo Intermultikon. *Jurnal Teknik*, 1(1), 1–10.
- Joetra, T., & Anaperta, Y. M. (2018). Evaluasi material dan daya dukung tanah untuk base coarse jalan tambang di PT Kalimantan Prima Persada Site Mining Asam-Asam (MASS). *Bina Tambang*, 3(4), 1714–1728.
- Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat. (2018). *Spesifikasi umum revisi 3*. Direktorat Jenderal Bina Marga.

- Maharani, A., & Sapto, B. W. (2018). Perbandingan perkerasan kaku dan perkerasan lentur (Studi kasus ruas jalan raya Pantai Prigi – Popoh Kab. Tulungagung). *Ge-STRAM: Jurnal Perencanaan dan Rekayasa Sipil*, 1(2), 89–94. <https://doi.org/10.25139/jprs.v1i2.1202>
- Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia. (2018). *Keputusan Menteri ESDM Nomor 1827 K/30/MEM/2018*. *Jurnal Energi*, 4(1), 88–100.
- Mulyono, T. (2005). *Mekanika tanah 1*. Penerbit Teknik Sipil.
- Permatasari, S. (2018). Analisis kepadatan tanah dengan menggunakan alat DCP (Dynamic Cone Penetrometer) di Desa Sungai Loban Kabupaten Tanah Bumbu. *Jurnal Politeknik Negeri Banjarmasin*, 1(2), 50–60.
- Rita, E. (2017). *Konstruksi jalan angkut*. Penerbit Teknik Tambang.
- Simatupang, S. (2016). Perilaku tanah lempung dengan cara stabilisasi campuran pasir terhadap kepadatan maksimum (γ_d). *Jurnal Teknik Sipil*, 8(1), 20–28.
- Smith, M. J. (1982). *Mekanika tanah (Soil Mechanics)* (Edisi ke-4). Erlangga.
- Srihandayani, S., & Deni, I. M. (2020). Karakteristik tanah timbun sebagai pengganti subgrade di lahan gambut. *Jurnal Penelitian dan Kajian Teknik Sipil*, 7(1), 10–14.
- Suhendik, A., Oktaviani, R., & Trides, T. (2022). Studi perbaikan perkerasan lapis jalan tambang dengan nilai CBR dan DCP. *Jurnal Riset Teknik Pertambangan*, 75–83. <https://doi.org/10.29313/jrtp.v2i1.1019>
- Sukirman, S. (1999). *Perencanaan tebal struktur perkerasan lentur* (Vol. 53). Penerbit ITB.
- Sundary, & Andi. (2012). Hubungan nilai California Bearing Ratio dengan indeks plastisitas tanah Desa Neuheun Aceh Besar. *Jurnal Teknik Sipil Universitas Syiah Kuala*, 2(1), 15–25.
- Suwandhi, A. (2004). *Perencanaan jalan tambang*. Diklat Perencanaan Tambang Terbuka.
- Syafruddin. (2007). Hubungan teoritis antara berat isi kering dan kadar air. *Jurnal Mekanika Tanah*, 8(2), 142–150.
- Wesley, L. D. (2012). *Soil mechanics for sedimentary and residual soils*. John Wiley & Sons.
- Zaika, Y. (2019). *Mekanika tanah dasar*. Malang: Penerbit Teknik Sipil UM.