

PENGARUH KANDUNGAN MINERAL PADA TANAH PASIR TERHADAP NILAI CBR TANAH (THE EFFECT OF MINERAL CONTENT ON SAND SOIL TOWARD CBR VALUE)

Adam Dwi Rahmanto¹⁾, Sri Wulandari²⁾

^{1),2)}Universitas Gunadarma

^{1),2)}Jl. Margonda Raya No.100, Pondok Cina, Kecamatan Beji, Kota Depok, Jawa Barat 16424

e-mail: ¹⁾adam.d.rahmanto@gmail.com, ²⁾swulanb@yahoo.com

Diterima: 13 Februari 2020; direvisi: 15 Juni 2020; disetujui: 23 Juni 2020.

ABSTRAK

Nilai CBR merupakan salah satu parameter penting dalam suatu perencanaan perkerasan jalan. Sementara itu, nilai CBR suatu material sangat beragam dan belum tentu material timbunan dengan nilai CBR yang memenuhi spesifikasi tersedia dengan mudah dan cepat. Oleh karena itu hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi referensi dalam menentukan pasir mana yang harus digunakan sebagai fondasi jalan jika kandungan mineral diketahui. Penelitian ini dilakukan dengan mengambil 3 sampel pasir dari 3 lokasi berbeda (Depok, Indramayu, dan Tangerang). Sampel-sampel ini diuji untuk menentukan sifat fisik, sifat mekanik dan kandungan mineralnya. Berdasarkan hasil uji analisis gradasi butiran, terlihat pengaruh antara persentase lempung dan lanau dengan nilai CBR tiap sampel pasir. Semakin sedikit kandungan lempung dan lanau pada sampel pasir, semakin kecil nilai CBRnya. Sedangkan berdasarkan hasil pengujian difraksi sinar-x, dapat disimpulkan bahwa mineral SiO_2 dan Fe_2O_3 dominan dapat berpotensi meningkatkan nilai CBR. Ini konsisten dengan tingkat kekerasan Mohs mineral ini, karena tingkat kekerasan dua mineral adalah yang tertinggi di antara mineral lain yang terkandung dalam tiga sampel. Jadi, dapat juga disimpulkan bahwa jika pasir mengandung mineral dengan tingkat kekerasan Mohs yang tinggi, semakin besar nilai CBR pasir yang diperoleh.

Kata Kunci: penyelidikan tanah, pasir, CBR, kandungan mineral, difraksi sinar-x

ABSTRACT

Value of CBR is important in the planning of road pavement. Meanwhile, the CBR value of a material is very diverse and not necessarily the landfill material with a CBR value that meets specifications available easily and quickly. Therefore results of this study are expected to be a reference in determining which sand should be used for a road foundation if mineral content is known. This study was conducted by taking 3 sand samples from 3 different locations (Depok, Indramayu, and Tangerang). These samples were tested to determine physical properties, mechanical properties and mineral content. Based on the results of the particle size distribution analysis, we can see the effect between the percentage of clay and silt with the CBR value of each sand sample. The less the clay and the silt content in the sand sample, the smaller the CBR value obtained. While based on the results of x-ray diffraction testing, it can be concluded that the dominant SiO_2 and Fe_2O_3 minerals can be approved to increase the CBR value. This is consistent with the level of Mohs hardness of these minerals, because the level of hardness of two minerals is the highest among other minerals contained in all samples. So, it can also be concluded that if a sand contains minerals with a high level of Mohs hardness, the greater CBR value of sand can be obtained.

Keywords: soil investigation, sand, CBR, mineral content, x-ray diffraction.

PENDAHULUAN

Pasir merupakan butir-butir batu yang halus. Pasir umumnya digunakan sebagai dasar fondasi, terutama pada fondasi jalan. Kekuatan struktur suatu perkerasan jalan sangat bergantung pada daya dukung tanah dalam kepadatan maksimum (Lengkong et al. 2013). Daya dukung tanah dapat diperkirakan dengan mempergunakan hasil pemeriksaan CBR (Sukirman 1992). Jika tidak memenuhi kriteria, maka perlu dilakukan penggantian material tanah dasar dengan material timbunan yang memberikan nilai $CBR > 6\%$. Pengujian CBR adalah pengujian untuk memperoleh perbandingan antara beban yang dibutuhkan untuk mencapai hasil penetrasi tertentu di dalam sampel tanah pada kondisi kadar air dan berat volume tertentu terhadap beban standar yang dibutuhkan untuk mencapai penetrasi standar (Bowles 1989)

Pasir mengandung berbagai mineral dengan kandungannya yang bervariasi. Karakteristik suatu pasir tentunya dipengaruhi oleh karakteristik mineral bahan penyusunnya. Bila suatu material yang terkandung pada pasir memiliki tingkat kekerasan yang tinggi, maka secara teori pasir tersebut akan memiliki daya dukung yang tinggi pula.

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh antara kadar mineral dalam pasir dengan daya dukungnya yang dinyatakan dalam nilai CBR. Jika diketahui kadar mineral di suatu lokasi, maka dapat diketahui apakah pasir tersebut memiliki daya dukung yang baik atau tidak. Sehingga penelitian ini diharapkan berguna dalam hal penentuan material pasir dari daerah mana yang baik jika digunakan sebagai fondasi jalan ataupun fondasi lainnya.

KAJIAN PUSTAKA

Saniah (2014) menyatakan bahwa pasir dapat diklasifikasikan secara fisik ataupun kandungan mineral penyusunnya. Klasifikasi berdasarkan sifat fisik pasir dapat dibedakan berdasarkan bentuk, ukuran, warna dan densitas pasir. Klasifikasi juga dapat dilakukan dengan melihat perbedaan dari material kimiawi penyusun pasir. Uji kandungan mineral pada pasir sudah banyak dilakukan. Contohnya dengan

menggunakan uji *X-Ray Diffraction* (XRD) dan *X-Ray Fluorescence* (XRF).

Pasir sebagian besar terdiri dari mineral quartz dan feldspar (Das 1995). Pasir di Indonesia umumnya mengandung mineral Silika, Besi, dan Kalsium. Namun kadar mineralnya pasti bervariasi antara suatu lokasi dengan lokasi yang lain. Umumnya pula kandungan mineral di suatu daerah akan sama baik jenis dan persentasenya. Namun belum ada data spesifik mengenai kandungan mineral pada pasir daerah tertentu lengkap dengan persentasenya. Saniah (2014) mengungkapkan bahwa kandungan mineral Logam berat pada pasir dapat menggambarkan daerah asal karena tipe bebatuan yang berbeda memiliki kandungan mineral logam berat yang berbeda.

HIPOTESIS

Semakin besar nilai kekerasan Mohs suatu mineral (Fe_2O_3 dan SiO_2) yang terkandung pada pasir, semakin besar pula nilai CBR pasir tersebut.

METODOLOGI

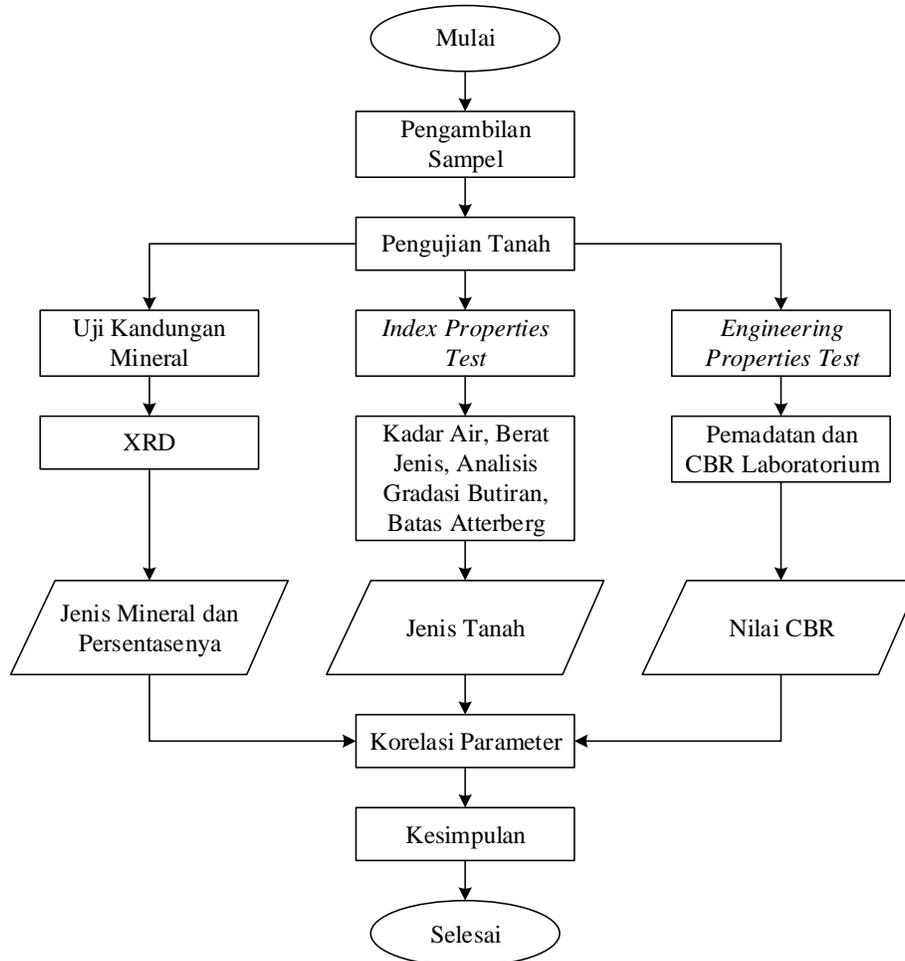
Kandungan mineral umumnya dipengaruhi oleh batuan sumber pembentuk pasir. Oleh karena itu sampel pengujian pada penelitian ini diambil dari beberapa lokasi berbeda. Lokasi terpilih pertama adalah pasir sungai Ciliwung yang berlokasi di Cimanggis, Depok dan memiliki titik koordinat $6^{\circ}22'10.3''S$ $106^{\circ}50'19.0''E$. Lokasi kedua yaitu pasir pantai Tirtamaya, Indramayu yang berkoordinat $6^{\circ}24'30.3''S$ $108^{\circ}25'36.3''E$. Sedangkan lokasi ketiga diambil dari pasir Pantai Tanjung Pasir, Tangerang yang terletak di koordinat $6^{\circ}00'48.9''S$ $106^{\circ}40'47.1''E$. Selanjutnya untuk mempermudah penyebutan nama sampel, diberi kode sampel sesuai keterangan berikut:

1. Sampel ADR-01: Sampel pasir yang berasal dari tepi Sungai Ciliwung, Depok
2. Sampel ADR-02: Sampel pasir yang berasal dari Pantai Tirtamaya, Indramayu
3. Sampel ADR-03: Sampel pasir yang berasal dari Pantai Tanjung Pasir, Tangerang

Penelitian ini fokus tentang pengaruh kandungan mineral pada pasir terhadap daya dukung tanahnya yang dinyatakan dengan nilai CBR. Gambar 1 menjelaskan Tahap-tahap

penelitian. Tahap awal penelitian yaitu mengidentifikasi permasalahan yang akan diambil. Selanjutnya mencari landasan teori dan referensi penulisan yang digunakan untuk menyelesaikan permasalahan serta dilanjutkan dengan mengumpulkan data. Pengumpulan data dilakukan melalui pengambilan sampel tanah pasir yang kemudian dilakukan pengujian di

laboratorium. Pengujian tersebut bertujuan untuk mengidentifikasi seluruh sampel baik dari sisi sifat fisis, sifat mekanis, maupun kandungan mineralnya. Tahap berikutnya yaitu menganalisa data hasil pengujian di laboratorium berdasarkan landasan teori yang ada, lalu membuat kesimpulan untuk menjawab permasalahan utama.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

Uji Kandungan Mineral

Pasir dan kerikil merupakan agregat yang berasal dari mineral yang belum mengalami perubahan (Terzaghi dan Peck 1987). Sementara itu, terdapat sifat optik yang berbeda terkait masing-masing mineral sehingga memungkinkan identifikasi mineral dapat dilakukan (Kerr 1959). Atas dasar tersebut, sampel pasir pada penelitian

ini diidentifikasi kandungan mineralnya melalui uji XRD. Uji XRD dilakukan di Laboratorium Pusat Sains dan Teknologi Bahan Maju (PSTBM), Badan Tenaga Nuklir Nasional (BATAN), Serpong, Banten. Tahapan kerja XRD terdiri dari empat tahap, yaitu produksi, difraksi, deteksi, dan interpretasi (Rahman 2008). Data keluaran uji XRD berupa difraktogram, yaitu grafik berupa

spektrum yang menyatakan hubungan antara intensitas pada sumbu-Y dengan 2θ (*diffraction angle*) pada sumbu-X (Munasir dkk. 2012).

Grafik tersebut digunakan untuk menentukan fasa (kristal) apa saja yang terdapat dalam benda uji. Identifikasi fasa didasarkan pada pencocokan data posisi-posisi puncak difraksi terukur dengan basis data fasa-fasa yang telah dikompilasi. Umumnya, *database* untuk sebuah fasa berisi informasi mengenai:

1. Nama fasa (termasuk nama khas fasa tersebut, misal nama mineralnya),
2. Sifat fisik dan kristalografi (cara memperoleh material tersebut, densitasnya, grup ruang dan sebagainya),
3. Posisi puncak dan intensitas relatif untuk panjang gelombang radiasi tertentu.

Identifikasi dilakukan dengan langkah pencarian (posisi puncak) dan pencocokan (terhadap fasa pada *database*), hingga identifikasi fasa ini dinamakan dengan langkah cari-dan-cocokkan (*search-match*, disingkat S/M). S/M dapat dilakukan dengan cara manual maupun cara berbasis komputer. Pada penelitian ini akan dilakukan S/M dengan bantuan program Match! 2.0. Program tersebut berfungsi mencocokkan spektrum hasil uji XRD dengan *database* referensi spektrum mineral yang telah diketahui sebelumnya. *Database* referensi yang digunakan berasal dari *International Year of Crystallography (IUCr) journals, Crystallography Open Database (COD)*, dan *American Mineralogist Crystal Structure Database (AMCSD)*. Seluruh *database* referensi tersebut memiliki total data lebih dari 94,000 entri dan disediakan secara gratis sebagai *default database* pada program Match! 2.

Selain itu, karakter mineral juga dapat dilihat dari skala kekerasan Mohs. Skala kekerasan Mohs merupakan skala yang digunakan untuk mengukur kekerasan suatu mineral dengan membandingkannya dengan mineral lain.

Uji Index dan Engineering Properties

Uji *index properties* dan *engineering properties* dilakukan di Laboratorium Teknik Sipil Universitas Gunadarma. *Index Properties* (Sifat Fisis Tanah) menunjukkan sifat-sifat tanah yang mengindikasikan jenis dan kondisi tanah, serta

memberikan hubungan terhadap sifat-sifat mekanis seperti kekuatan dan pemampatan. Sementara itu *Engineering Properties* (Sifat Mekanis Tanah) menunjukkan sifat-sifat tertentu pada saat tanah memperoleh pembebanan.

Tabel 1. Skala Kekerasan Mohs berbagai Mineral

Mineral	Kekerasan Mohs
SiO ₂	7
Fe ₂ O ₃	6
Fe ₃ O ₄	5,5
FeTiO ₃	5
CaCO ₃	3
SO ₃	2

Sumber : Reade International Corp.

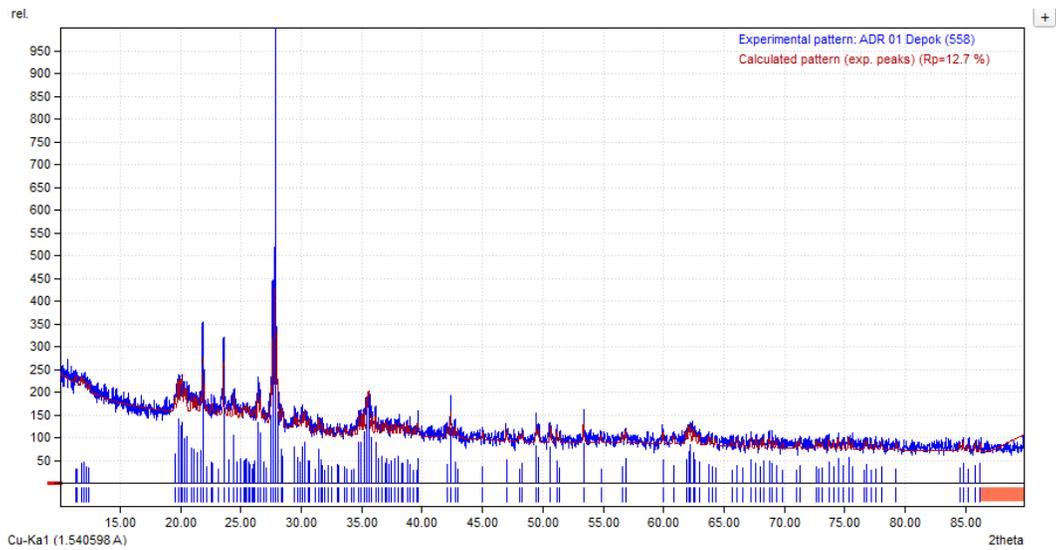
HASIL DAN ANALISIS

Karakterisasi Mineral

Karakterisasi mineral dilakukan untuk mengetahui jenis mineral dan persentasenya. Grafik berupa spektrum yang merupakan keluaran dari uji XRD dapat dilihat pada Gambar 2 sampai dengan Gambar 4.

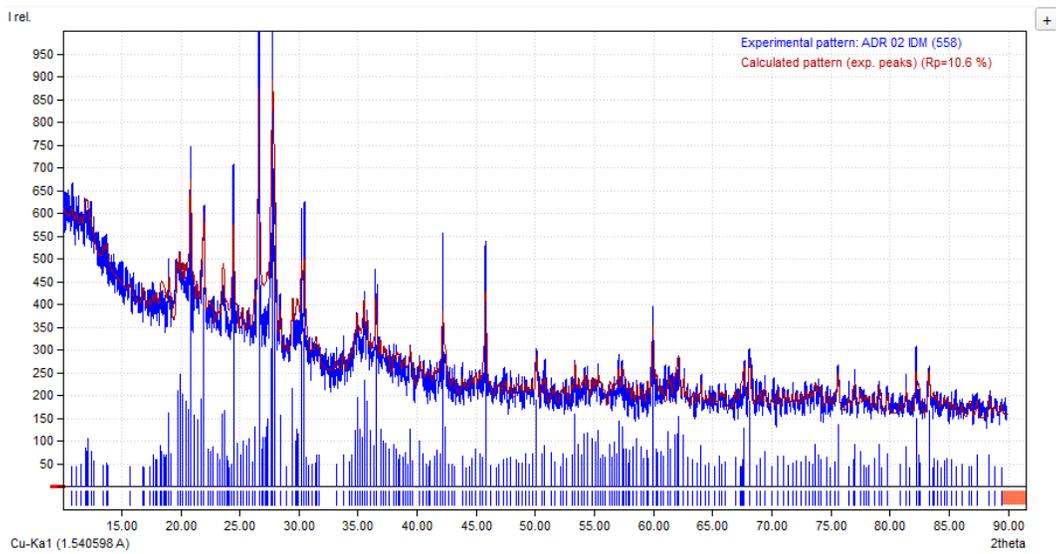
Ketiga gambar tersebut menunjukkan pola difraksi yang berhasil ditangkap pada saat sampel dipapar sinar-X. Sampel dipapar sinar-X dengan sumber radiasi Cu dan dalam rentang sudut 5° sampai dengan 90° sehingga terjadi difraksi dengan pola tertentu yang ditunjukkan pada difraktogram. Proses karakterisasi mineral dilanjutkan dengan melakukan analisis kuantitatif dengan cara pencocokan puncak difraksi (*search match*). Pencocokan puncak difraksi ini membutuhkan bantuan program Match! 2.0 dengan spektrum hasil uji XRD sebagai data inputnya. Berdasarkan hasil *search match*, dapat teridentifikasi kandungan mineral ketiga sampel pasir dan persentasenya.

Sampel ADR-01 diperoleh memiliki kandungan mineral yang terdiri dari 36,9% SiO₂; 28,5% SO₃; 11,6% CaCO₃; 9,3% Fe₃O₄; 8,4% Fe₂O₃; 5,3% FeTiO₃. Sampel ADR-02 diperoleh memiliki kandungan mineral yang terdiri dari 47,1% SiO₂; 24,0% SO₃; 18,9% Fe₂O₃; 10,0% Fe₃O₄. Sampel ADR-03 diperoleh memiliki kandungan mineral yang terdiri dari 43,7% Fe₂O₃; 26,0% SiO₂; 16,9% SO₃; 13,3% Fe₃O₄.



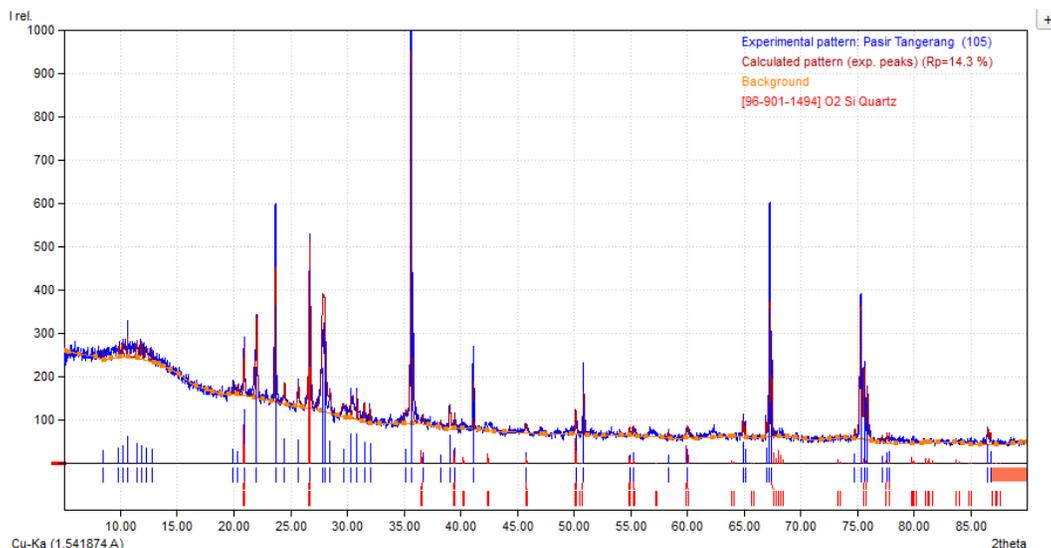
Sumber : Hasil Analisis

Gambar 2. Spektrum Hasil Uji XRD Sampel ADR-01



Sumber : Hasil Analisis

Gambar 3. Spektrum Hasil Uji XRD Sampel ADR-02



Sumber : Hasil Analisis

Gambar 4. Spektrum Hasil Uji XRD Sampel ADR-03

Index dan Engineering Properties

Index Properties Test yang dilakukan meliputi Uji Kadar Air, Uji Berat Jenis, dan Analisis Gradasi Butiran, sedangkan *Engineering Properties Test* yang dilakukan meliputi Uji

Pemadatan dan Uji CBR Laboratorium. Berdasarkan pengujian yang dilakukan di laboratorium teknik sipil Universitas Gunadarma, diperoleh hasil analisis gradasi butiran sesuai tabel berikut.

Tabel 2. Hasil Analisis Gradasi Butiran

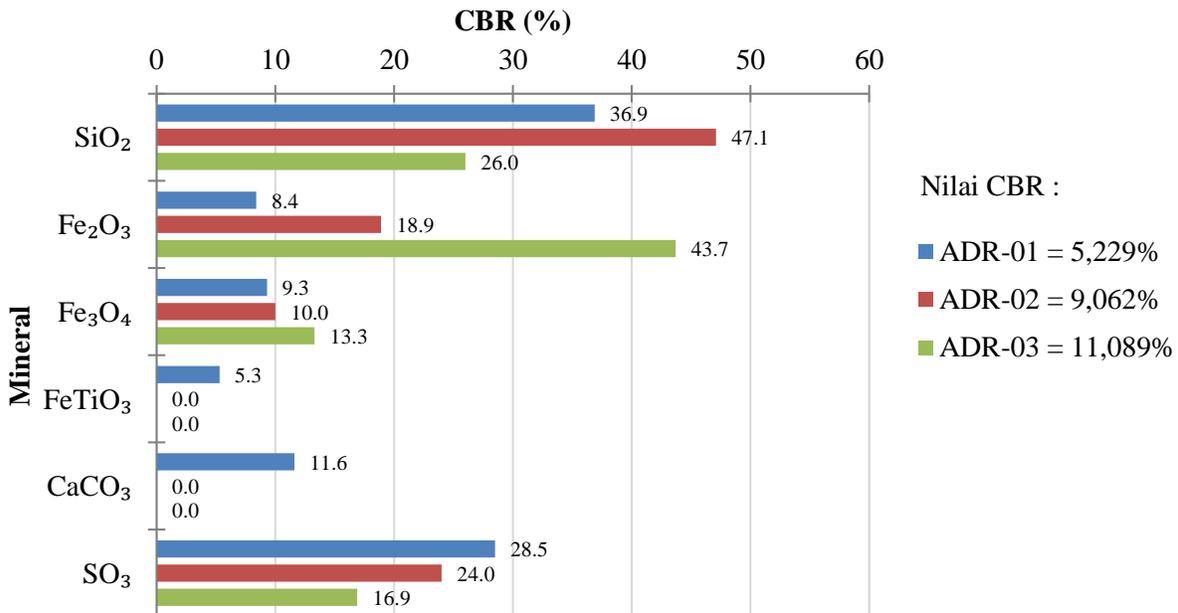
Jenis Tanah	Diameter (mm)	Sampel ADR-01 Persentase (%)	Sampel ADR-02 Persentase (%)	Sampel ADR-03 Persentase (%)
Partikel lebih dari 2 mm	> 2	1,624	2,675	0,017
Pasir kasar	2-0,42	7,132	7,924	21,447
Pasir halus	0,42-0,074	87,593	87,764	77,811
Lanau & lempung	< 0,074	3,651	1,637	0,725

Sumber : Hasil Analisis

Uji CBR Laboratorium dilakukan saat sampel memiliki kadar air optimum. Kadar air pada saat berat volume kering mencapai maksimum ($\gamma_{d,mak}$) disebut dengan kadar air optimum (Hardiyatmo 2002). Sementara itu, kadar air optimum dan berat isi kering maksimum diperoleh melalui uji pemadatan. Berdasarkan hasil uji *Engineering Properties* diperoleh nilai CBR untuk sampel ADR-01, ADR-02, dan ADR-03 berturut-turut sebesar 5,299%; 9,062%; dan 11,089%.

Analisis Pengaruh

Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan, parameter tanah yang dihasilkan dari uji sifat fisis dan sifat mekanis kemudian dikorelasikan dengan kandungan mineralnya. Tujuannya adalah untuk mengetahui pengaruh kandungan mineral terhadap nilai CBR suatu material tertentu. Korelasi tersebut diharapkan dapat membantu *engineer* di lapangan dalam hal penentuan material yang cocok digunakan pada lapisan fondasi bangunan atau jalan. Berikut rekapitulasi hasil pengujian yang telah dilakukan.



Sumber : Hasil analisis

Gambar 5. Rekapitulasi hasil pengujian CBR dan kandungan mineral

PEMBAHASAN

Berdasarkan gambar 5, terlihat bahwa semakin besar kandungan mineral SiO₂ atau Fe₂O₃ pada sampel pasir, semakin besar pula nilai CBRnya. Jika melihat tabel 1, hal tersebut selaras dengan tingkat kekerasan Mohs yang dimiliki oleh kedua mineral tersebut. Tingkat kekerasan mineral SiO₂ dan Fe₂O₃ merupakan yang tertinggi di antara mineral lain yang terkandung pada ketiga sampel. Semakin besar kandungan mineral dengan skala kekerasan Mohs yang tinggi pada sampel pasir, semakin besar nilai CBRnya.

Parameter lainnya yang teridentifikasi mempengaruhi nilai CBR sampel adalah kandungan lempung dan lanau. Berdasarkan tabel 2, kandungan lempung dan lanau pada sampel berturut-turut 3,651%; 1,637%; dan 0,725%. Nilai tersebut berbanding terbalik dengan nilai CBRnya. Semakin sedikit kandungan lempung dan lanau pada sampel pasir, semakin besar nilai CBRnya.

Berdasarkan lokasi pengambilan sampel, sampel yang diambil dari pantai memiliki nilai CBR yang lebih besar dibanding sampel yang diambil dari sungai. Hal ini menunjukkan pasir

pantai lebih baik dari pasir sungai jika ditinjau dari nilai CBRnya.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Berdasarkan uji *index properties* yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa ketiga sampel uji merupakan pasir halus. Hal tersebut dapat dilihat dari hasil uji analisis ukuran butir tanah pada semua sampel didominasi dengan pasir halus (>50%) yang memiliki diameter 0,42 - 0,074 mm.

Nilai CBR pada ketiga sampel bervariasi, untuk sampel ADR-01, ADR-02, dan ADR-03 berturut-turut bernilai 5,203%; 9,062%; dan 11,089%. Berdasarkan hasil uji karakterisasi mineral yang telah dilakukan, terlihat bahwa kandungan mineral tertentu teridentifikasi memiliki kaitan terhadap daya dukung pasir yang dinyatakan dalam CBR. Mineral yang dominan pada sampel dengan nilai CBR tertinggi yaitu Fe₂O₃ dan SiO₂, jika dilihat dari sifat mineral tersebut, tingkat kekerasan Mohs kedua mineral tersebut bernilai 6 dan 7. Lebih tinggi dari tingkat kekerasan Mohs mineral lainnya (< 6). Maka dapat

disimpulkan bahwa semakin besar tingkat kekerasan Mohs mineral bahan penyusun suatu tanah, maka semakin besar juga nilai CBRnya.

Pengaruh lain teridentifikasi pula dari hasil analisis gradasi butiran. Persentase kandungan lempung dan lanau tiap sampel, berbanding terbalik dengan nilai CBRnya. Maka dapat disimpulkan bahwa persentase lempung dan lanau mempengaruhi nilai CBR. Semakin kecil kandungan lempung dan lanau, semakin besar nilai CBRnya.

Saran

Disarankan untuk pengembangan penelitian selanjutnya dengan melakukan identifikasi kandungan mineral. Hal tersebut perlu dilakukan guna mengkonfirmasi korelasi antara jenis dan kuantitas mineral tertentu terhadap CBR.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih pada semua pihak yang telah membantu mewujudkan karya tulis ilmiah ini, khususnya kepada dosen pembimbing dari Universitas Gunadarma yang telah memberikan bimbingan dan dukungan, serta para dosen penguji yang telah memberikan banyak masukan dan saran.

DAFTAR PUSTAKA

- Bowles, E.J. 1989. *Sifat-sifat Fisis dan Geoteknis Tanah*. PT. Erlangga. Jakarta
- Das, B. M. 1995. *Mekanika Tanah (Prinsip-Prinsip Rekayasa Geoteknis) Jilid 1*, Erlangga, Jakarta.
- Hardiyatmo, H. C. 2002, *Mekanika Tanah 1*, Gadjah Mada University Press. Jakarta.
- Kerr, Paul F., 1959. *Optical Mineralogy*. McGraw-Hill Book Company Inc. New York.
- Lengkong, P. I. L., Monintja, S., Sompie, O.B.A., dan Sumampouw, J.E.R. 2013, *Hubungan Nilai CBR Laboratorium Dan DCP pada Tanah yang dipadatkan pada Ruas Jalan Wori–Likupang Kabupaten Minahasa Utara*. Universitas Sam Ratulangi. Manado
- Munasir, M., Triwikantoro, T., Zainuri, M., dan Darminto, D. 2012. *Uji XRD dan XRF pada Bahan Mineral (Batuan dan Pasir) sebagai Sumber Material Cerdas (CaCo₃ dan SiO₂)*. Universitas Negeri Surabaya.

- Rahman, Reza. 2008. *Pengaruh Proses Pengeringan, Anil, dan Hidrotermal terhadap Kristalinitas Nanopartikel TiO₂ Hasil Proses Sol-Gel*. Universitas Indonesia.
- Saniah, Purnawan, S., dan Karina, S., 2014. *Karakteristik dan kandungan mineral pasir pantai Lhok Mee, Beureunut dan Leungah, Kabupaten Aceh Besar*. Universitas Syiah Kuala. Banda Aceh.
- Sukirman, S. 1992. *Perkerasan Lentur Jalan Raya*. Penerbit Nova. Bandung.
- Sosrodarsono, Suyono dan Nakazawa, Kazoto. 2000. *Mekanika Tanah dan Teknik Pondasi. Cetakan Ketujuh*. Pradnya Paramita. Jakarta.
- Terzaghi, Karl dan Peck, Ralph B. 1987. *Mekanika Tanah Dalam Praktek Rekayasa Jilid 1*. Erlangga. Jakarta.