

Pengaruh Penambahan CaCO_3 terhadap Parameter Kuat Geser Pasir Pantai

Baskoro Tri Julianto^{1*}, Fathur Ramadhan¹, Muhammad Fauzan¹ and Heriansyah Putra¹

¹ Departemen Teknik Sipil dan Lingkungan, IPB University, Bogor, 16680 Indonesia,
*penulis koresponden: 220701baskoro@apps.ipb.ac.id

Abstrak: Tanah pasir merupakan salah satu jenis tanah yang memiliki sifat mekanik yang baik. Namun, tanah pasir dapat menjadi mimpi buruk bila dalam kondisi jenuh serta terbebani secara siklik terus-menerus. Kondisi seperti ini dapat memicu terjadinya potensi likuefaksi. Upaya penambahan bahan aditif sebagai upaya perbaikan tanah banyak dilakukan untuk meminimalkan dampak dari potensi likuefaksi tersebut. Penelitian ini melakukan upaya peningkatan kuat geser pasir pantai dengan menambahkan CaCO_3 Teknis sebagai upaya perbaikan dan stabilisasi tanah. Pasir pantai yang digunakan merupakan pasir dengan gradasi buruk yang dapat dibuktikan dari nilai Koefisien Derajat Keseragaman (Cc) sebesar 0,90 dan nilai Koefisien Kelengkungan (Cu) sebesar 4,00. Selain itu, dilakukan juga pengujian sifat fisis lain berupa pemeriksaan kadar air, pemeriksaan berat isi kering, pemeriksaan berat isi basah, pemeriksaan berat jenis butir, pemeriksaan angka pori serta pemeriksaan porositas. Sampel diberi perlakuan berupa penambahan CaCO_3 dengan konsentrasi sebanyak 10% dan 20%. Hasil pengujian laboratorium yang telah dilakukan menunjukkan peningkatan nilai parameter kuat geser tanah yang disajikan dalam bentuk model persamaan linear serta memperlihatkan perubahan nilai parameter kuat geser pasir berupa sudut geser dalam dan kohesi secara berturut-turut dengan nilai sebesar 25,82% dan 25,00% untuk sampel dengan konsentrasi CaCO_3 sebesar 10% serta 54,43% dan 250,00% untuk sampel dengan konsentrasi CaCO_3 sebesar 20%.

Kata kunci: Tanah Pasir, Likuefaksi, Bahan Aditif, CaCO_3 Teknis, Kuat Geser Tanah

Diterima: 30 Oktober 2023
Disetujui: 29 Desember 2023

Sitasi:
Julianto et al. Pengaruh Penambahan CaCO_3 terhadap Parameter Kuat Geser Pasir Pantai. *J. Teknik Sipil dan Lingkungan*. 2023; 08 (3): 233-239.,
<https://doi.org/10.29244/8.3.233-239>

1. Pendahuluan

Pada hakikatnya, tanah pasir memiliki sifat mekanis yang cukup baik dengan catatan dalam kondisi terpadatkan dan tidak jenuh air. Nyatanya, tidak semua tanah pasir memiliki kondisi yang cukup ideal. Tanah pasir yang berada pada daerah pantai selalu tergenangi air yang membuatnya selalu pada kondisi jenuh. Bahkan pada beberapa kasus tanah pasir yang berada pada kawasan pantai dapat berpotensi mengalami likuefaksi apabila menerima beban siklik secara terus menerus. Penelitian yang dilakukan oleh Hakam *et al.* (2013) berupaya melakukan penyelidikan potensi likuefaksi yang terjadi di sekitar aliran sungai maupun tepi pantai akibat terjadinya gempa Padang pada 30 September 2009. Hasil yang didapatkan ditemukannya potensi terjadinya likuefaksi yang cukup besar pada kedalaman 4 m hingga 8 m [1]. Pada penelitian lain yang dilakukan oleh Ariefin *et al.* (2022) menemukan kemungkinan potensi likuefaksi pada pantai selatan Pacitan apabila terbebani beban gempa sebesar 5,5 SR [2]. Nurbani *et al.* (2020) juga melakukan analisis

potensi likuefaksi akibat gempa bumi yang terjadi di wilayah Labuan, Lombok, Nusa Tenggara Barat pada 5 Agustus 2018 dengan skala magnitudo M7,0. Hasil yang didapatkan menyatakan bahwa potensi likuefaksi terjadi pada rata-rata kedalaman 5,5 m – 19,5 m [3].

Berbagai upaya perbaikan guna meningkatkan tegangan tanah telah sering dilakukan, diantaranya upaya peningkatan tegangan tanah dengan menambahkan bahan aditif yang dapat mengikat antar butir partikel tanah dan dapat melakukan reaksi sementasi. Salah satu penelitian yang dilakukan adalah suatu studi yang dilakukan oleh Loebis *et al.* (2022) dimana pada penelitian tersebut dilakukan perbaikan tanah pasir menggunakan metode *calcite precipitation* dengan biokatalisator berupa bubuk kedelai sebagai bahan *biogrouting* pada tanah terlikuefaksi. Hasil penelitian tersebut berupa prediksi nilai UCS yang menunjukkan kenaikan nilai prediksi seiring bertambahnya konsentrasi bubuk kedelai yang digunakan [4]. Selain itu, terdapat juga penelitian yang dilakukan oleh Nurdin *et al.* (2017) dimana dilakukan penambahan bakteri penghasil eksopolisakarida pada sampel tanah pasir dengan harapan dapat menambah stabilitas tanah dengan mereduksi nilai permeabilitas dan meningkatkan kekuatan gesernya. Ditambahkan dua jenis bakteri yaitu *Bacillus subtilis* dan *Pseudomonas sp* yang hasilnya menunjukkan peningkatan kuat geser tanah pasir sesuai urutan bakteri berturut-turut sebesar 13,64% dan 18,18% [5]. Muntohar *et al.* (2011) juga melakukan upaya peningkatan kuat geser tanah pasir dengan menggunakan kapur serta abu sekam padi. Kekuatan geser dilakukan pengujian menggunakan metode uji triaksial uu yang memperlihatkan peningkatan kuat geser tanah pasir [6]. Ketiga penelitian di atas menunjukkan keberhasilan dalam upaya meningkatkan nilai kekuatan geser tanah pasir, namun dapat dilihat bahan aditif yang ditambahkan bukanlah bahan yang mudah dibuat dan pengujian kuat geser yang dilakukan menggunakan metode yang cukup sulit. Maka dari itu, penelitian ini dilakukan untuk memberikan gambaran peningkatan kekuatan geser tanah pasir pantai dengan memanfaatkan CaCO_3 teknis yang sudah diproduksi secara massal dengan harapan bahwa metode sederhana dalam memperlakukan tanah pasir dapat memberikan peningkatan kekuatan yang cukup baik juga seperti penelitian-penelitian terdahulu.

2. Metodologi

2.1. Metode Penelitian

Penelitian ini diawali dengan studi literatur dari beberapa sumber berupa buku serta publikasi ilmiah. Setelah itu, dilakukan persiapan serta kalibrasi alat uji geser langsung serta persiapan bahan untuk membuat benda uji berupa pasir, CaCO_3 Teknis serta air. Tanah pasir yang digunakan dilakukan pengujian sifat fisis berupa Pemeriksaan kadar air, berat isi, berat jenis, angka pori, porositas serta analisis saringan yang menghasilkan nilai koefisien derajat keseragaman serta koefisien kelengkungan. Setelah dilakukan pengujian sifat fisisnya, bahan-bahan tadi akan dicampurkan menjadi satu lalu dicetak pada cetakan yang sudah disediakan. Benda uji yang telah dilakukan pencetakan akan diuji kekuatan gesernya menggunakan alat uji geser langsung untuk mendapatkan parameter kekuatan geser utamanya nilai kohesi serta sudut geser dalam. Data yang didapatkan akan diolah serta dibandingkan hasilnya dari masing-masing varian benda uji.

2.2. Bahan dan Perlakuan Benda Uji

Benda uji dibuat dengan menggunakan tiga bahan yaitu pasir pantai yang didapatkan dari Bursa Ikan Hias, Laladon, Kabupaten Bogor, CaCO_3 Teknis serta air suling. Benda uji dibuat menjadi tiga jenis benda uji, yaitu benda uji dengan konsentrasi CaCO_3 sebesar 0% dari volume total benda uji, benda uji dengan konsentrasi CaCO_3 sebesar 10% dari volume total benda uji dan benda uji dengan konsentrasi CaCO_3 sebesar 20% dari volume total benda uji. Kombinasi konsentrasi tersebut dipilih dengan harapan dapat terlihat perubahan tegangan geser tanah yang signifikan. Benda uji akan dicetak pada wadah dengan konsentrasi air masing-masing sebesar 22% dari volume total benda uji dan didiamkan

(perawatan benda uji) selama kurang lebih 8 jam agar CaCO₃ dapat bereaksi dengan air dan membentuk reaksi sementasi. Khusus benda uji dengan konsentrasi CaCO₃ sebesar 0% hanya dilakukan pencampuran butir tanah pasir dengan air sebanyak 22% dan langsung dituangkan ke alat uji geser langsung. Total volume satu benda uji adalah 63,54 cm³ yang dibentuk menjadi 18 benda uji dimana 6 benda uji untuk masing-masing dengan konsentrasi CaCO₃ sebesar 0%, 10% dan 20% yang akan diujikan menggunakan alat geser langsung dengan pembebanan normal sebesar 0,5 kg, 1,0 kg dan 1,5 kg per dua sampel. Secara ringkas, detail benda uji yang digunakan tersaji pada **Tabel 1**. Adapun foto sampel yang digunakan pada pengujian ditampilkan pada Gambar 1.

Tabel 1. Detail Benda Uji

Variasi Benda Uji	Jumlah Sampel Per Beban Normal			Komposisi per Benda Uji (g)			Lama Perawatan
	0,5 kg	1,0 kg	1,5 kg	Pasir	Air	CaCO ₃	
CaCO ₃ 0%	2	2	2	64,88	13,98	0,00	Tidak Dilakukan Perawatan
CaCO ₃ 10%	2	2	2	56,56	13,98	17,22	8 Jam
CaCO ₃ 20%	2	2	2	48,25	13,98	34,44	8 Jam

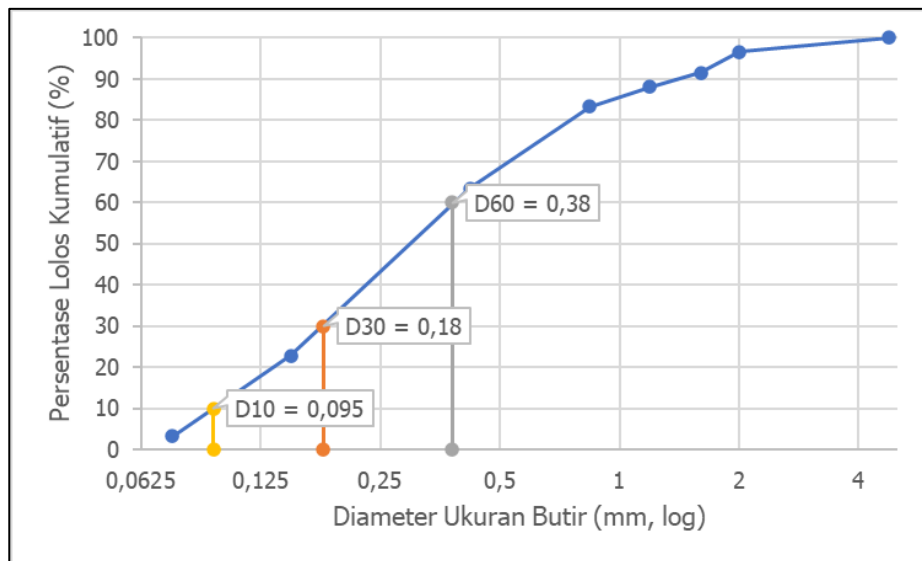


Gambar 1. Benda uji yang sedang dicetak dan dirawat

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Pengujian Sifat Fisis Tanah Pasir

Tanah pantai dilakukan pengujian analisis saringan dengan mengurutkan saringan No.4, No.10, No.16, No.20, No.30, No.50, No.100 dan No.200. Pada analisis saringan tersebut didapatkan nilai Koefisien Derajat Keseragaman (Cu) sebesar 4 dan nilai Koefisien Kelengkungan (Cc) sebesar 0,898 yang menandakan bahwa pasir yang digunakan bergradasi buruk (*Poor Sand*). Selain itu didapatkan 3,223% bagian dari pasir pantai yang diuji lolos saringan No.200 yang menandakan terdapat sejumlah tanah lempung di dalamnya. Grafik gradasi uji saringan dapat dilihat pada **Gambar 2**.



Gambar 2. Grafik Gradasi Saringan

Selain uji saringan, pada pasir pantai yang digunakan juga dilakukan pengujian sifat fisis lain meliputi pengujian kadar air, berat isi, berat jenis butiran, angka pori serta porositas. Kerapatan relatif ditetapkan sebesar 50%. Rekapitulasi pengujian sifat fisis pasir pantai dapat dilihat pada **Tabel 2**.

Tabel 2. Rekapitulasi Pengujian Sifat Fisis Pasir Pantai

Deskripsi	Simbol	Satuan	Nilai	Catatan
Kadar Air	wc	%	1,21	
Berat Isi Kering	γ_{dry}	gr/cm ³	1,31	
Berat Isi Basah	γ_{wet}	gr/cm ³	1,45	
Berat Jenis	Gs	-	2,41	
Kerapatan Relatif (Ditetapkan)	Dr	%	50,00	
Angka Pori	e	-	0,59	
Porositas	n	-	0,37	
Koef. Derajat Keseragaman	Cu	-	4,00	<i>Poor Sand (SP)</i>
Koef. Kelengkungan	Cc	-	0,90	

3.2. Hasil Pengujian Kuat Geser Langsung

Pengujian masing-masing jenis benda uji dilakukan enam kali dengan masing-masing pengujian dilakukan dua kali per beban normal. Nilai yang diambil merupakan rata-rata dari kedua pengujian per beban normal. Masing-masing hasil pengujian disajikan pada grafik dengan menampilkan persamaan regresi linear. Sebagai kontrol, dilakukan hitungan manual berdasarkan persamaan regresi linear yang dihasilkan. Persamaan linear yang dimaksud dapat dilihat pada **Persamaan 1**.

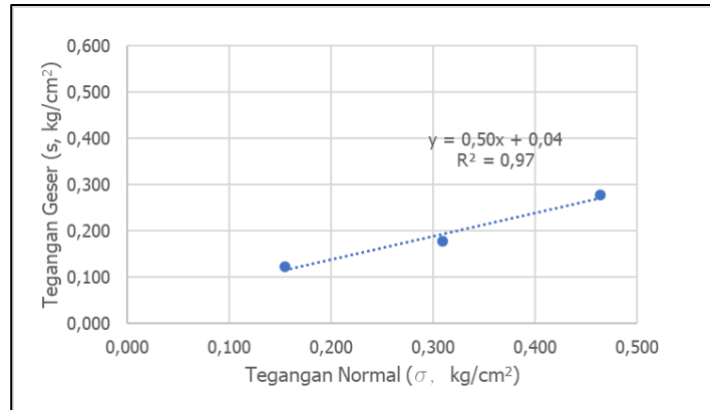
$$y = ax + b \tag{1}$$

dengan,

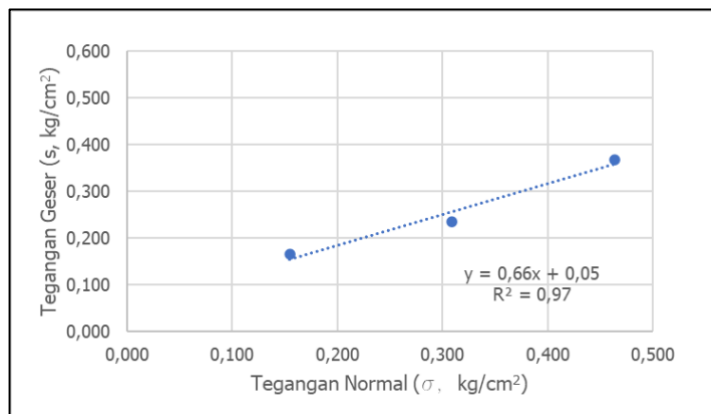
- y = Variabel dependen yang menyatakan nilai tegangan geser pada tegangan normal sama dengan x
- x = Variabel independen regresi linear berupa titik tegangan normal
- a = Gradien grafik persamaan linear (nilai sudut geser dalam merupakan tan a)

b = Besaran titik potong sumbu ordinat berupa nilai kohesi (c) [7][8].

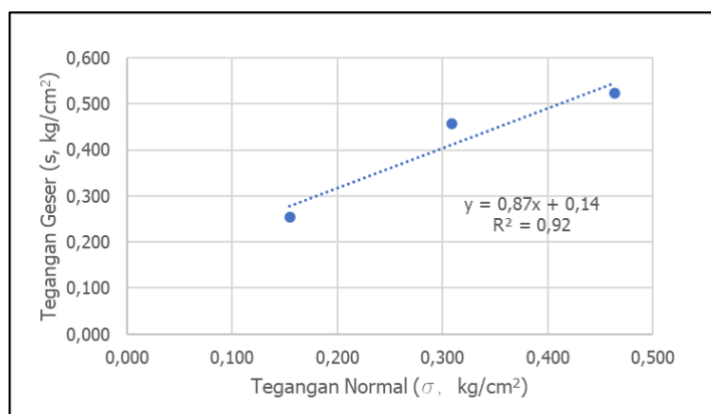
Grafik hubungan antara tegangan normal dan tegangan geser dapat dilihat pada **Gambar 3 - 5**.



Gambar 3. Grafik Hubungan Antara Tegangan Normal dengan Tegangan Geser dengan Konsentrasi CaCO₃ sebesar 0%



Gambar 4. Grafik Hubungan Antara Tegangan Normal dengan Tegangan Geser dengan Konsentrasi CaCO₃ sebesar 10%



Gambar 5. Grafik Hubungan Antara Tegangan Normal dengan Tegangan Geser dengan Konsentrasi CaCO₃ sebesar 20%

Pada **Gambar 3**, **Gambar 4** dan **Gambar 5** ditampilkan grafik hubungan tegangan normal dan tegangan geser tanah dengan konsentrasi CaCO₃ yang berbeda-beda dengan dot berwarna biru menunjukkan nilai tegangan geser berdasarkan pengujian. Dapat dilihat nilai gradien semakin besar seiring meningkatnya kadar CaCO₃. Hal ini menandakan grafik menjadi semakin curam dan pengaruhnya terhadap variabel independen berupa tegangan normal semakin jelas terlihat. Seiring dengan itu, nilai perpotongan yang mewakili nilai kohesi juga semakin tinggi, hal ini menjelaskan bahwa konsentrasi CaCO₃ yang ditambahkan pada sampel memengaruhi nilai kelekatan antar partikel tanah. Selain itu, nilai R² yang ditampilkan mendekati satu yang menandakan bahwa model persamaan regresi linear serta data memiliki kecocokan. Dari persamaan regresi linear yang dihasilkan, dapat diketahui nilai kohesi serta sudut geser dalam. Nilai kohesi (c) serta sudut gesek dalam (ϕ) yang dimaksud tersaji pada **Tabel 3**.

Tabel 3. Nilai Parameter Kuat Geser

Konsetrasi CaCO ₃	Parameter Kuat Geser		Peningkatan	
	ϕ (°)	c (kg/cm ²)	ϕ	c
0%	26,57	0,04	-	-
10%	33,42	0,05	25,82%	25,00%
20%	41,02	0,14	54,43%	250,00%

Tabel 3 menunjukkan terjadinya perubahan bersifat linear yang cukup signifikan dari pengaruh penambahan konsentrasi CaCO₃ ke dalam benda uji. Peningkatan nilai sudut geser dalam dan nilai kohesi berturut-turut pada konsentrasi CaCO₃ sebesar 10% dan 20% adalah sebesar 25,82%, 54,43% dan 25%, 250%. Penambahan CaCO₃ sebanyak 20% pada sampel menghasilkan kenaikan parameter kuat geser tanah paling besar. Hal ini menunjukkan bahwa semakin besar penambahan konsentrasi CaCO₃ pada sampel akan semakin membuat sampel pasir memiliki kekuatan geser yang baik.

4. Kesimpulan

Dari pembahasan yang telah dipaparkan sebelumnya, dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Pasir pantai yang digunakan memiliki gradasi buruk, ditunjukkan oleh nilai Cu sebesar 4 dan Cc sebesar 0,898. Selain itu, terdapat sebagian kecil butir tanah lempung dalam pasir tersebut. Pasir ini juga memiliki nilai kadar air sebesar 1,21%, berat isi kering 1,31 gr/cm³, berat isi basah 1,45 gr/cm³, berat jenis butir 2,41, Angka pori 0,59, serta porositas 0,37.
2. Terdapat peningkatan nilai kekuatan geser sampel yang ditandai perubahan parameter kuat geser berupa nilai sudut geser dalam serta nilai kohesi. Secara berturut-turut, peningkatan nilai parameter kuat geser tersebut adalah sebesar 25,82% dan 25,00% untuk sampel dengan konsentrasi CaCO₃ sebesar 10% serta 54,43% dan 250,00% untuk sampel dengan konsentrasi CaCO₃ sebesar 20%.

Daftar Pustaka

- [1] Hakam, A., Darjanto, H. (2013). "Penelusuran Potensi Likuifaksi Pantai Padang Berdasarkan Gradasi Butiran dan Tahanan Penetrasi Standar.", Jurnal Teknik Sipil : Jurnal Teoretis dan Terapan Bidang Rekayasa Sipil, Vol 20, No.1, Hal 33-38.
- [2] Ariefin, M.S., Abduh, M. (2022). "Analisis Potensi Likuifaksi di Pesisir Pantai Selatan Pacitan", Seminar Keinsinyuran Program Studi Profesi Insinyur Universitas Muhammadiyah Malang, Vol 2, No.1, Hal 157-162.

-
- [3] Nurbani, G., Yakin, Y.A. (2020). "Analisis Potensi Likuefaksi pada Tanah Pasir Akibat Gempa (Studi Kasus Mataram, Nusa Tenggara Barat)", *Rekaracana : Jurnal Teknik Sipil, Jurnal Online Institut Teknologi Nasional*, Vol.6, No.3, Hal 166-178.
- [4] Loebis, A.R., Putra, H. (2022). "Efektivitas Metode Calcite Precipitation dengan Biocatalyst Bubuk Kedelai sebagai Metode Biogrouting untuk Mencegah Likuefaksi Tanah Pasir", *Teras Jurnal*, Vol 12, No.1, Hal 23-34.
- [5] Nurdin, M., Purwana, Y.M., Setiawan, B. (2017). "Pengaruh Microbakteri *Bacillus Suptilus* dan *Psidomonas SP* terhadap Penurunan Permeabilitas dan Peningkatan Kuat Geser Tanah Pasir", *e-Jurnal Matriks Teknik Sipil*, Vol 5, No.3, Hal 1122-1129.
- [6] Muntohar, A., S. (2011). "Karakteristik Kuat Geser Tanah Pasir dengan Campuran Kapur dan Abu Sekam Padi", *Pertemuan Ilmiah Tahunan XIV Himpunan Ahli Teknik Tanah Indonesia (HATTI)*, Hal 413-417.
- [7] Sunggono, K.H. (1984). "Mekanika Tanah". Bandung: Penerbit Nova.
- [8] Sudjana. (2005). "Metoda Statistika". Bandung : Penerbit Tarsito.