

Pengaruh Substitusi Pasir Pada Tanah Organik Terhadap Kuat Tekan dan Kuat Geser

Rizky Dwi Putra¹⁾

Iswan²⁾

Lusmeilia Afriani²⁾

Abstract

Physical properties of organic soils have a very high water content and low carrying capacity. One method to increase the carrying capacity of the soil is by adding or mixing with materials that have a high carrying capacity. By adding sand on the sample in this study is expected to increase the carrying capacity of organic soils of compressive strength and strong shear. The study was conducted in the laboratory of Soil Mechanics Faculty of Engineering, University of Lampung, by making a sample of the results of compaction standard, then the samples are given the addition of sand to the percentage increments of 5%, 10%, 15%, and 20% for the comparison of the compressive strength (q_u), shear angle (ϕ), and the value of cohesion (c) after the addition of sand.

Results of testing the compressive strength and shear strength showed soil behavior in a state of the sample with the addition of sand up to 20% has an increased q_u and ϕ , but a decline in the value of soil cohesion. The more increasing mix of sand in the soil samples, the values of cohesion / coherence on the ground will be more decreased, but the sand has good gradation and strong grain will be able to withstand the load that works vertically or horizontally.

Keywords: Organic Soil, Compressive strength and Shear strength, Friction Angle, and Cohesion.

Abstrak

Tanah organik menimbulkan banyak kendala bagi konstruksi yang akan dibangun di atasnya dan pada umumnya diakibatkan oleh sifat fisik tanah organik yang mempunyai kandungan air yang sangat tinggi dan daya dukung rendah. Sifat fisik suatu material akan sangat berpengaruh terhadap sifat mekanik material itu pula, begitu juga yang terjadi pada tanah organik. Sifat mekanik tanah organik sangatlah rendah, contohnya nilai kuat tekan dan kuat gesernya. Salah satu metode untuk meningkatkan daya dukung tanah adalah dengan menambah atau mencampur dengan material yang memiliki nilai daya dukung yang tinggi. Dengan menambahkan pasir pada sampel dalam penelitian ini diharapkan dapat meningkatkan daya dukung tanah organik terhadap kuat tekan dan kuat gesernya.

Penelitian dilakukan di laboratorium Mekanika Tanah Fakultas Teknik Universitas Lampung dengan cara membuat sampel dari hasil pemadatan standar, kemudian sampel diberikan penambahan pasir dengan persentase penambahan sebesar 5%, 10%, 15%, dan 20% untuk melihat perbandingan nilai kuat tekan (q_u), sudut geser (ϕ), dan nilai kohesi (c) setelah dilakukan penambahan pasir.

Hasil pengujian kuat tekan dan kuat geser menunjukkan perilaku tanah dalam keadaan sampel dengan penambahan pasir hingga 20% mengalami peningkatan q_u dan ϕ , namun terjadi penurunan nilai kohesi tanah. Semakin bertambahnya campuran pasir pada sampel tanah, maka nilai kohesi/lekatan pada tanah akan semakin berkurang, namun pasir yang memiliki gradasi yang baik dan butiran yang kuat akan mampu menahan beban yang bekerja secara vertikal maupun horizontal.

Kata kunci : Tanah Organik, Kuat Tekan, Kuat Geser, Sudut Geser, dan Kohesi.

¹⁾ Mahasiswa pada Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Lampung.

²⁾ Staf pengajar pada Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Lampung. Jalan. Prof. Sumantri Brojonegoro 1. Gedong Meneng Bandar Lampung.

1. PENDAHULUAN

Dalam pembangunan konstruksi sipil, tanah tidak akan lepas kaitannya dalam pekerjaan Teknik Sipil, dimana tanah merupakan material yang sangat berpengaruh pada berbagai macam pekerjaan konstruksi ataupun sebagai tempat diletakkannya struktur. Dalam hal ini, tanah berfungsi sebagai penahan beban akibat konstruksi di atas tanah yang harus bisa memikul seluruh beban bangunan dan beban lainnya yang turut diperhitungkan, kemudian dapat meneruskannya ke dalam tanah sampai ke lapisan atau kedalaman tertentu. Sehingga kuat atau tidaknya bangunan/ konstruksi itu juga dipengaruhi oleh kondisi tanah yang ada. Salah satu tanah yang biasa ditemukan pada suatu konstruksi yaitu jenis tanah organik/ gambut.

Seperti material teknik lainnya, tanah organik mengalami penyusutan volume jika menderita tekanan merata di sekelilingnya. Apabila menerima tegangan geser, tanah akan mengalami distorsi dan apabila distorsi yang terjadi cukup besar maka partikel-partikelnya akan terpeleket satu sama lain dan tanah akan dikatakan gagal dalam geser. Dalam arah vertikal semua jenis tanah daya dukung terhadap tegangan tarik sangat kecil atau bahkan tidak mampu sama sekali, unsur-unsur tarikan jarang sekali terjadi dalam geser. Parameter kuat geser tanah diperlukan untuk analisa-analisa daya dukung tanah (*bearing capacity*), tegangan tanah terhadap dinding penahan (*earth pressure*) dan kestabilan lereng (*slope stability*).

Uji kuat geser tanah untuk menentukan kuat geser tanah dan susut geser dalam tanah. Sedangkan kuat tekan (*Unconfined Compression Test*) merupakan cara yang dilakukan di laboratorium untuk menghitung kekuatan geser tanah. Uji kuat ini mengukur seberapa kuat tanah menerima kuat tekan yang diberikan sampai tanah tersebut terpisah dari butiran-butirannya juga mengukur regangan tanah akibat tekanan tersebut.

Tegangan-regangan bergantung pada sifat tanah bila diberi beban, artinya dalam hitungan tegangan didalam tanah, tanah dianggap bersifat homogen, elastis, isotropis dan terdapat hubungan linier antara tegangan dan regangan. Apabila kebanyakan bahan teknik terdapat hubungan antara tegangan dan regangan untuk setiap peningkatan tegangan terjadi peningkatan regangan yang sebanding sebelum batas tegangan tercapai. Jika tegangan mencapai nilai batas, hubungan regangan tidak lagi proposional dengan tegangan. Permasalahan yang akan dikaji penelitian ini adalah bagaimana pengaruh penambahan pasir terhadap nilai kuat tekan dan kuat geser pada tanah organik.

Penelitian dilakukan di Laboratorium Mekanika Tanah Fakultas Teknik Universitas Lampung dengan lingkup pembahasan dan masalah yang akan dianalisis dibatasi oleh sampel tanah yang diuji menggunakan material tanah organik, pengujian karakteristik tanah (kadar serat, kadar abu, dan kadar organik), pengujian sifat fisik tanah, dan pengujian sifat mekanik tanah berupa uji kuat tekan dan uji kuat geser dengan penambahan material bergradasi kasar (pasir).

Dengan mengetahui sifat fisik tanah organik Kec. Jabung Lampung Timur, besarnya kuat tekan dan kuat geser pada tanah organik yang disubstitusi material pasir, hubungan kuat tekan dengan sudut geser pada tanah organik yang disubstitusi material pasir, dan hubungan kuat tekan dengan kohesi pada tanah organik yang disubstitusi material pasir, merupakan bagian dari tujuan penelitian ini.

2. METODE PENELITIAN

Sampel tanah yang diuji menggunakan material tanah organik yang disubstitusi dengan material pasir dengan persentase pencampuran pasir sebanyak 5%, 10%, 15%, dan 20%. Pencampuran material pasir pada pengujian ini diharapkan akan menambah nilai sifat

mekanik tanah organik yaitu nilai kuat tekan dan kuat gesernya. Sampel tanah yang digunakan dari daerah Rawa Sragi, Lampung Timur, titik koordinat lintang ($-5^{\circ} 71' 84,26''$) dan bujur ($105^{\circ} 39' 10,73''$). Sedangkan pasir yang digunakan sebagai bahan campuran pada penelitian ini yaitu pasir dari daerah Gunung Sugih.

Pelaksanaan pengujian dilakukan dalam 3 bagian pengujian yaitu pengujian sifat fisik, kuat tekan dan kuat geser. Pengujian tersebut dilakukan di laboratorium Mekanika Tanah Fakultas Teknik, Universitas Lampung.

Hasil data yang diperoleh dan didapatkan dari penelitian yang dilakukan diolah, kemudian hasil dari penelitian ditampilkan dalam bentuk tabel dan dibuat grafik.

Adapun data yang dianalisis dari setiap pengujian adalah sebagai berikut :

1. Pengujian kadar air sampel tanah, diperoleh nilai kadar air tanah dalam persentase.
2. Pengujian sifat kimia tanah diperoleh nilai kadar serat, kadar abu, dan kadar organik tanah.
3. Pengujian berat jenis sampel tanah, diperoleh nilai (gs) berat jenis tanah.
4. Pengujian batas-batas Atterberg, diperoleh nilai batas cair (*liquid limit*), batas plastis (*plastic limit*), dan indeks plastisitas (*plastic indeks*) yang digunakan untuk mengklasifikasikan tanah dengan Sistem Klasifikasi *Unified*.
5. Pengujian analisis saringan (*sieve analysis*), diperoleh persentase pembagian ukuran butiran tanah, yang akan digunakan untuk mengklasifikasikan tanah dengan Sistem Klasifikasi *Unified*.
6. Pengujian pemadatan tanah standar, diperoleh nilai *Optimum Moisture Content* (OMC).
7. Pengujian geser langsung di laboratorium, diperoleh hubungan sudut geser dalam (\emptyset) dan nilai kohesi (c) dari suatu jenis tanah.
8. Pengujian kuat tekan bebas, diperoleh nilai q_u dari suatu tanah

3. HASIL PENELITIAN

3.1. Sifat Fisik

Sebelum melakukan penelitian sifat mekanik tanah perlu dilakukan pengujian sifat fisik tanah terlebih dahulu untuk memastikan jenis tanah yang digunakan dalam penelitian. Dari pengujian sifat fisik tanah yang telah dilakukan didapatkan hasil sebagai berikut.

Tabel 1. Hasil Pengujian Sifat Fisik.

No. Pengujian	Hasil Uji	Satuan
1 Kadar Air	186,82	%
2 Berat Volume	1,06	gr/cm ³
3 Berat Jenis	1,753	
4 Analisis Saringan		
a. Lolos Saringan no. 10	98,62	%
b. Lolos Saringan no. 40	78,09	%
c. Lolos Saringan no. 200	61,23	%
5 Batas-batas Atterberg		
a. Batas Cair (<i>Liquid Limit</i>)	108,1335	%
b. Batas Plastis (<i>Plastic Limit</i>)	31,46	%
c. Indeks Plastisitas (<i>Plasticity Index</i>)	76,6701	%

Pengujian kadar air tanah asli dilakukan sebanyak tiga sampel dengan jenis tanah yang sama. Dari hasil pengujian tersebut dapat diambil rata-rata kadar air pada tanah tersebut, sehingga dapat disimpulkan bahwa tanah yang berasal dari Desa Pasir Gedong, Kecamatan Jabung, Lampung Timur memiliki kadar air sebesar 186,82 %. Hasil tersebut menunjukkan bahwa tanah tersebut merupakan jenis tanah organik. Hal ini mengacu pada teori yang ada, Pradoto dan Munawir (1992) mengemukakan bahwa tanah yang mengandung kadar air (rerata) lebih besar dari 100% adalah jenis tanah organik. Nilai G_s dari tanah gambut adalah lebih besar dari 1,0. Menurut Endah (1997), dalam Buku Jurnal Geoteknik Volume III, nilai G_s rata-rata adalah 1.50 atau 1.60. Dan jika lebih besar dari 2,0 tanah gambut yang diteliti sudah tercampur dengan bahan anorganik. Nilai batas plastis (PL) tanah asli adalah sebesar 31,46%. Sedangkan hasil pengujian batas cair (LL) tanah asli yaitu sebesar 108,1335%. Serta nilai indeks plastisitas (PI) sebesar 76,6701%. Berdasarkan hasil uji sifat fisik yang telah dilakukan maka tanah termasuk dalam golongan tanah organik karena hasil uji kadar air didapatkan sebesar 201,05 %. Berdasarkan tabel sistem klasifikasi USCS ASTM D-2488 tanah tersebut dikategorikan ke dalam jenis tanah organik.

Setelah mengetahui jenis tanah yang digunakan pada penelitian merupakan jenis tanah organik, maka perlu juga dilakukan pengujian sifat kimia tanah organik tersebut seperti kadar organik, kadar abu, dan kadar serat.

Kadar organik merupakan hal yang paling penting dalam geoteknik, dalam hal ini hambatan air mayoritas dari tanah gambut yang tergantung pada kadar organiknya. Menurut klasifikasi tanah ASTM D-2488 untuk tanah organik mempunyai kandungan organik berkisar antara 25 % - 75 %. Hasil uji kadar organik di laboratorium analisis POLINELA yaitu :

Tabel 2. Hasil Uji Kadar Organik.

No.	Parameter Uji	Satuan	Kandungan	Metode
1	Kadar Organik	%	30,08	Walkley – Black

Pengujian kadar abu merupakan tahapan untuk mendapatkan nilai dari kadar organik suatu tanah. Kadar abu pada tanah organik ini cukup tinggi akibat lahan yang pernah terbakar. Hasil uji kadar abu di laboratorium analisis POLINELA yaitu :

Tabel 3. Hasil Uji Kadar Abu.

No.	Parameter Uji	Satuan	Kandungan	Metode
1	Kadar Abu	%	66,41	Gravimetri

Pengujian kadar serat dilakukan untuk mengetahui persentase kadar serat yang terkandung pada tanah organik untuk menentukan karakteristik tanah. Hasil uji kadar serat di laboratorium THP POLINELA yaitu :

Tabel 4. Hasil Uji Kadar Abu.

No.	Parameter Uji	Sampel	Satuan	Kandungan
1	Kadar Serat	Tanah 1	%	18,51
		Tanah 2	%	18,59

Adapun hasil data pengujian pemadatan tanah yang dilakukan di laboratorium dengan metode pemadatan standar (*standart proctor*) didapat nilai kadar air optimum (ω_{opt}) untuk tanah asli tanpa campuran pasir adalah 55.5% dengan berat volume kering sebesar 0,8

gr/cm³. Sedangkan pada sampel tanah A (5% pasir) sebesar 49%, sampel B (10% pasir) sebesar 47%, sampel C (15% pasir) sebesar 42%, dan pada sampel D (20% pasir) memiliki kadar air optimum sebesar 37,5%. Pengujian pemadatan tanah ini bertujuan untuk meningkatkan kekuatan tanah dengan cara dipadatkan sehingga rongga-rongga udara pada sampel tanah asli dapat berkurang yang mengakibatkan kepadatan menjadi meningkat. Hal tersebut dilakukan dengan cara memberikan beban yang ditumbuk secara berulang sehingga didapat nilai kadar air optimum dan nilai berat isi kering maksimum.

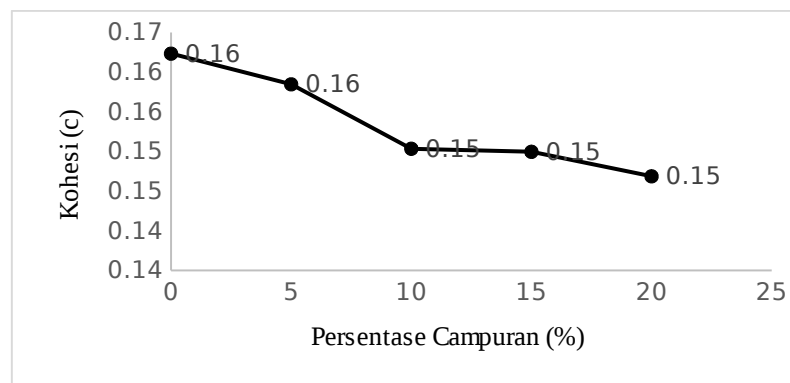
3.2. Analisa Hasil Pengujian Kuat Tekan

Nilai kuat tekan bebas diperoleh dari hubungan nilai regangan dan tegangan tanah yang dilakukan dengan uji UCS (*Unconfined Compressive Strength*). Dari hasil pengujian UCS pada tanah asli didapatkan nilai regangan dan tegangan seperti pada tabel di bawah ini.

Tabel 5. Hasil Pengujian Kuat Tekan Bebas (q_u).

Variasi Campuran	q_u
Tanah Asli	0,0950 kg/cm ²
Pasir 5%	0,1336 kg/cm ²
Pasir 10%	0,1578 kg/cm ²
Pasir 15%	0,1829 kg/cm ²
Pasir 20%	0,2101 kg/cm ²

Dari tabel di atas dapat dilihat peningkatan kuat tekan bebas terjadi pada pencampuran pasir sebanyak 5%, dan terus meningkat sampai dengan campuran pasir sebanyak 20% dengan rata-rata kenaikan sebesar 30,29%.



Gambar 1. Nilai Kuat Tekan Bebas pada Masing–Masing Pencampuran Pasir.

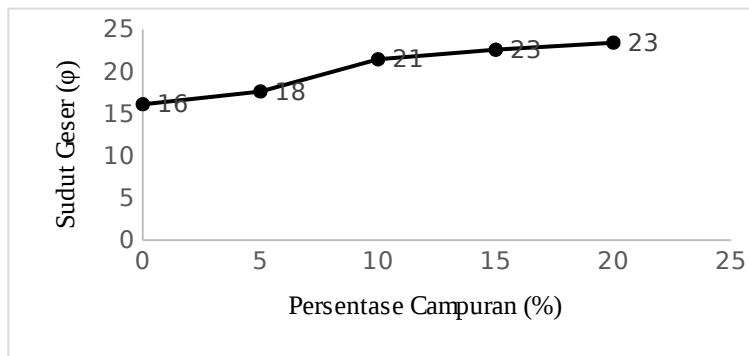
Hal ini membuktikan bahwa pencampuran pasir pada penelitian yang telah dilakukan dapat meningkatkan kekuatan tanah dan daya dukung tanah. Hal ini dikarenakan pasir mempunyai struktur yang keras dan mampu berdeformasi serta pasir juga dapat mengurangi kadar air dalam tanah karena sifatnya yang tidak mengikat air yang sangat berbanding terbalik dengan sifat tanah organik yang mudah mengikat air. Sifat-sifat fisik dan mekanik pasir tersebut dapat meningkatkan daya dukung tanah, terutama pada tanah organik yang cenderung lembek karena memiliki berat isi air yang cenderung mendekati dengan berat isi tanahnya sendiri. Jadi, kuat tekan tanah atau daya dukung tanah organik semakin meningkat seiring bertambahnya persentase campuran pasir pada penelitian ini.

3.3. Analisa Hasil Pengujian Kuat Geser Langsung

Nilai kuat geser langsung diperoleh dari hubungan nilai tegangan normal dan tegangan geser tanah, yang dilakukan dengan uji *Direct Shear*. Dari hasil pengujian *Direct Shear* ini juga akan didapatkan nilai kohesi tanah dan sudut geser tanah. Nilai kuat geser tanah, nilai kohesi, dan sudut geser pada tanah asli dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

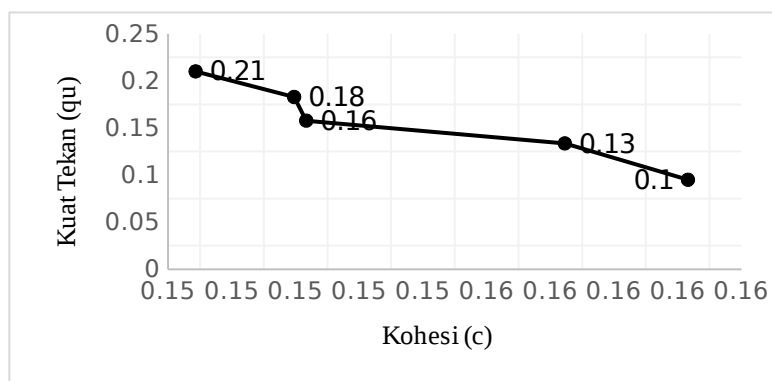
Tabel 6. Hasil Pengujian Kuat Geser Langsung.

Variasi Campuran	Kohesi (kg/cm ²)	Sudut Geser Dalam	Kuat Geser Maksimum (kg/cm ²)
Tanah Asli	0,162	16,12	0,255
Pasir 5%	0,158	17,64	0,261
Pasir 10%	0,150	21,46	0,276
Pasir 15%	0,150	22,59	0,276
Pasir 20%	0,146	23,44	0,278



Gambar 2. Hubungan Persentase Campuran dengan Nilai Kohesi Hasil Pengujian Geser Langsung (*Direct Shear Test*).

Pengaruh penambahan kadar pasir terhadap kohesi/ lekatan antar butiran campuran tersebut dengan menurunnya nilai kohesi yang dihasilkan. Nilai kohesi tertinggi terdapat pada tanah organik tanpa campuran dengan nilai kohesi 0,1623 kg/cm². Penurunan nilai kohesi pada tanah organik dengan kondisi tanpa campuran hingga sampai dengan penambahan 20% pasir menjadi 0,1469 kg/cm². Semakin banyaknya kadar pasir pada tanah semakin mengurangi lekatan/ kohesi pada tanah tersebut.

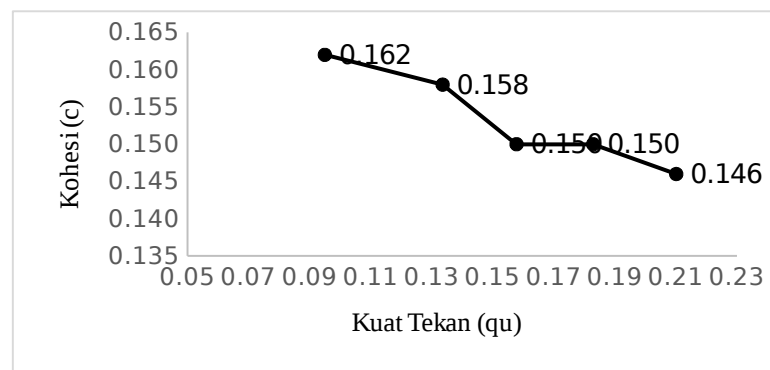


Gambar 3. Hubungan Persentase Campuran Pasir dengan Nilai Sudut Geser Hasil Pengujian Geser Langsung (*Direct Shear Test*).

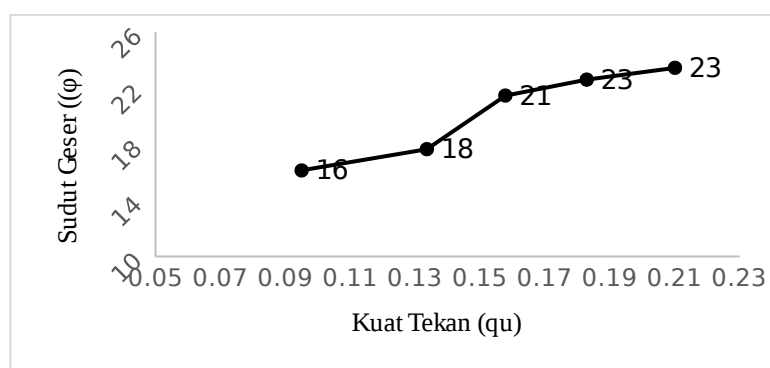
Nilai sudut geser yang cenderung meningkat dari persentase campuran 0% sampai 20%. Sudut geser terendah terdapat pada tanah organik 100% yaitu sebesar $16,12^\circ$ dan yang tertinggi sebesar $23,44^\circ$ pada fraksi organik 80%. Hal ini disebabkan karena semakin banyak kadar pasir pada pencampuran butiran pasir yang saling berhubungan mengunci satu sama lain dan rapat. Sebelum kegagalan geser terjadi, hubungan yang saling mengunci ini menambah perlawanan gesek pada bidang geser. Setelah tegangan puncak tercapai pada nilai volume yang rendah, tingkat penguncian antar butirnya turun dan tegangan geser selanjutnya berkurang. Pengurangan tingkat penguncian antar butir menghasilkan penambahan volume contoh benda uji selama geseran berlangsung. Kadang-kadang benda uji menjadi cukup mengembang sehingga meluap dari tempatnya. Pada kondisi ini tegangan geser menjadi konstan, yaitu pada nilai tegangan batasnya. Derajat hubungan saling mengunci antar butiran akan sangat besar pada tanah pasir yang bergradasi baik dengan bentuk butiran yang bersudut. Dalam keadaan ini pasir mempunyai kuat geser yang tinggi.

3.4. Korelasi antara Kuat Tekan Bebas dan Kuat Geser Langsung

Dari hasil pengujian kuat tekan bebas dan kuat geser langsung pada tanah organik yang dicampurkan dengan pasir dapat dilihat hubungan pada kedua nilai hasil pengujian tersebut. Hubungan kedua pengujian tersebut dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 4. Grafik Korelasi Kuat Tekan Bebas dengan Kohesi Tanah.



Gambar 5. Grafik Korelasi Kuat Tekan Bebas dengan Sudut Geser.

Dari grafik tersebut dapat dilihat setiap pencampuran tanah organik dengan pasir terjadi kenaikan nilai pada kuat tekan bebas dan kuat geser maksimum tanah, namun terjadi pula penurunan nilai kohesi yang disebabkan pencampuran pasir tersebut. Pada kuat geser tanah, semakin banyak campuran pasir, semakin kecil pula nilai kohesinya yang disebabkan semakin banyaknya kadar pasir pada pencampuran pasir pada campuran tanah 80% + pasir 20%, sehingga mengurangi kohesi/ lekatan pada tanah tersebut. Pasir yang

tidak memiliki nilai kohesi atau dapat dikatakan nilai kohesi pada pasir hampir mendekati nol mempengaruhi turunnya nilai kohesi pada tanah organik pula. Tetapi, nilai kuat geser semakin bertambah dikarenakan pasir saling berhubungan dan mengunci satu sama lain serta rapat. Sebelum kegagalan geser terjadi, hubungan yang saling mengunci ini menambah perlawanan gesek pada bidang geser. Begitu pula terhadap nilai kuat tekannya, terjadi peningkatan seiring bertambahnya campuran pasir pada tanah. Sifat fisik suatu material sangat berpengaruh terhadap sifat teknik material itu sendiri, demikian pula yang terjadi pada tanah gambut organik. Kemampuan tanah organik (gambut) untuk menyerap dan menyimpan air akan berpengaruh pada sifat tekniknya, semakin besar kadar air yang terkandung pada tanah gambut (organik), semakin kecil pula kekuatannya. Pasir yang tercampur pada tanah dapat berperan mengikat dan menggantikan posisi air serta udara pada pori-pori tanah, butiran-butiran pasir yang mengikat tanah ini dapat meningkatkan kepadatan tanah sehingga daya dukung tanah meningkat pula. Hal ini yang menyebabkan meningkatnya kuat tekan, sudut geser, dan tegangan geser tanah seiring bertambahnya persentase campuran pasir walaupun nilai kohesinya menurun.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan bahwa:

1. Tanah organik yang digunakan sebagai sampel penelitian berasal dari Daerah Rawa Sragi, Desa Pasir Gedong, Kelurahan Benteng Sari, Kecamatan Jabung, Kabupaten Lampung Timur. Tanah tersebut termasuk dalam kategori tanah organik dengan kandungan organik antara 25%-75%. Berdasarkan klasifikasi tanah menurut USCS (*Unified Soil Classification System*) ASTM D-2488, tanah ini termasuk ke dalam kelompok tanah organik.
2. Nilai kadar air optimum untuk sampel tanah asli sebesar 55.5%, untuk sampel tanah asli yang dicampur dengan pasir sampai dengan persentase 20% mengalami penurunan nilai kadar air menjadi 37.5% .
3. Dari hasil penelitian yang dilakukan di laboratorium, didapat nilai kuat tekan bebas (q_u) pada tanah tanpa campuran sebesar $0,0950 \text{ kg/cm}^2$ dan mengalami peningkatan nilai kuat tekan dengan rata-rata kenaikan sebesar 30,29% disetiap 5% pencampuran pasir sampai dengan 20% pencampuran.
4. Pencampuran pasir pada sampel tanah organik dalam penelitian kuat geser menghasilkan nilai kohesi/lekatan yang terus menurun seiring bertambahnya persentase pencampuran pasir.
5. Nilai sudut geser tanah organik Rawa Sragi pada tanah tanpa campuran sebesar $16,12^\circ$, dan kenaikan sudut geser terjadi di setiap penambahan pasir sampai dengan pencampuran 20% yaitu sebesar $23,44^\circ$.
6. Berkurangnya nilai kadar air optimum pada setiap penambahan persentase campuran pasir dapat menambah nilai kepadatan pada tanah guna melawan beban yang bekerja secara vertikal atau horizontal.
7. Derajat hubungan saling mengunci antar butiran sangat besar pada tanah pasir yang bergradasi baik dengan bentuk butiran yang bersudut. Hal ini yang menjadikan nilai kuat tekan dan kuat geser pada penelitian ini semakin meningkat seiring bertambahnya persentase campuran pasir walaupun nilai kohesinya menurun.

DAFTAR PUSTAKA

- Endah, N.,1997, *Perbedaan Perilaku Teknis Tanah Lempung dan Tanah Gambut, Jurnal Geoteknik, HATTI, Jakarta.*
- Pradoto, Suhardjito dan Munawir, A., 1992, *Analisis dan Perilaku Pemampatan Gambut Palembang , Jurnal Teknik Sipil, ITB, Bandung.*