

TUGAS AKHIR

UJI DEFORMASI ELEMEN KOLOM AGREGAT KASAR

SEBAGAI MATERIAL PERKUATAN TANAH



ABUL KHAER

D111 15 529

PROGRAM SARJANA DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS HASANUDDIN

2019



**KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI DAN PENDIDIKAN TINGGI
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS HASANUDDIN
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL**

Jl. Poros Malino km. 6 Bontomarannu, 92172, Kab. Gowa, Sulawesi Selatan
☎ <http://civil.unhas.ac.id> ✉ civil@eng.unhas.ac.id

LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR

Tugas akhir ini diajukan untuk memenuhi salah satu syarat dalam menyelesaikan studi pada Departemen Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin, Makassar.

Judul Tugas Akhir

**UJI DEFORMASI ELEMEN KOLOM AGREGAT KASAR SEBAGAI
MATERIAL PERKUATAN TANAH**

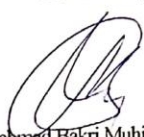
Disusun oleh


**ABUL KHAER
D111 15 529**

Telah diperiksa dan disetujui oleh dosen pembimbing

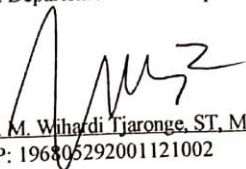
Pembimbing I

Pembimbing II


Ir. H. Ahmad Bakri Muhiddin, MSc, Ph.D
NIP: 196007301986031003


Sitti Hijraini Nur, ST, MT
NIP: 197711212005012001

Mengetahui,
Ketua Departemen Teknik Sipil


Prof. Dr. H. M. Wihardi Tjaronge, ST, MEng
NIP: 196805292001121002

PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH

Yang bertanda tangan di bawah ini, Abul Khaer, dengan ini menyatakan bahwa skripsi yang berjudul "**Uji Deformasi Elemen Kolom Agregat Kasar Sebagai Material Perkuatan Tanah**", adalah karya ilmiah penulis sendiri, dan belum pernah digunakan untuk mendapatkan gelar apapun dan dimanapun.

Karya ilmiah ini sepenuhnya milik penulis dan semua informasi yang ditulis dalam skripsi yang berasal dari penulis lain telah diberi penghargaan, yakni dengan mengutip sumber dan tahun penerbitannya. Oleh karena itu semua tulisan dalam skripsi ini sepenuhnya menjadi tanggung jawab penulis. Apabila ada pihak manapun yang merasa ada kesamaan judul dan atau hasil temuan dalam skripsi ini, maka penulis siap untuk diklarifikasi dan mempertanggungjawabkan segala resiko.

Gowa, November 2019

Yang membuat pernyataan,

Abul Khaer

NIM. D111 15 529

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah wa syukurillah, segala puji bagi Allah SWT atas limpahan Rahmat dan Karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian dan penulisan Tugas Akhir sebagai salah satu persyaratan akademik untuk memperoleh gelar sarjana S1 pada Departemen Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin Makassar, dengan judul **“Uji Deformasi Elemen Kolom Agregat Kasar Sebagai Material Perkuatan Tanah”**.

Dengan selesainya penulisan Tugas Akhir ini, penulis ingin mengucapkan terima kasih dan penghargaan yang setinggi-tingginya atas doa, bimbingan, bantuan, dorongan dan partisipasi kepada:

1. Keluarga yang tercinta, Bapak **H. Badru, S.Sos.** dan Ibu **Hj. Hartati**, serta adinda **Sur Awaliyah** dan **Muhammad Fauzan Adhima** atas segala doa dan dukungan selama perkuliahan hingga melewati seluruh rangkaian ujian.
2. Yang Terhormat, Bapak **Dr. Ir. H. M. Arsyad Thaha, MT.** selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
3. Yang Terhormat, Bapak **Prof. Dr. H. Muh. Wihardi Tjaronge, ST., M.Eng.**, dan Bapak **Dr.Eng. Muhammad Isran Ramli, ST., MT.**, selaku Ketua dan Sekretaris Departemen Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
4. Bapak **Ir. H. Achmad Bakri Muhiddin, MSc, Ph.D.**, dan Ibu **Sitti Hijraini Nur, ST, MT.** selaku Pembimbing I dan Pembimbing II

yang selalu memberikan bimbingan dan bantuannya selama penelitian hingga laporan Tugas Akhir ini selesai.

5. Seluruh Dosen yang telah membantu penulis selama mengikuti perkuliahan di Departemen Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
6. Seluruh Staff dan Karyawan Departemen Teknik Sipil.
7. Keluarga Besar Laboratorium Mekanika Tanah, Bapak **Dr. Ir. Abd. Rahman Djamaluddin, MT, Kak Zainal, Kak Bayu, Thasya, Muthi'ah, Anto, Gary, Kintan, Sri, Asri, Adam, Marchel,** dan **Baso**, yang selalu saling membantu dan memberikan dorongan dalam mengarungi kehidupan kampus.
8. Tim Penelitian, **Pak Adnin** dan **Syarif** yang sama-sama berjuang untuk mempelajari dan meneliti dan mengumpulkan data di laboratorium.
9. **Teman-teman Angkatan 2015 (Patron 2016)**, yang telah menemani dalam menjalani kehidupan sehari-hari di kampus, terimakasih atas segala bantuan dan semua cerita yang telah diukir, susah-senang bersama, semoga tali silaturahmi tidak pernah terputus.
10. Seluruh Senior dan Junior yang selama ini bersama-sama menjalani kehidupan kampus dan memberikan pengalaman yang tidak akan terlupakan.

11. Semua pihak yang telah membantu penulis baik dalam penelitian maupun selama mengarungi kehidupan kampus, yang tidak dapat penulis sebutkan satu-persatu.

Penulis menyadari bahwa setiap karya manusia pasti memiliki banyak kekurangan dan mengharapkan partisipasi pembaca untuk memberikan kritik ataupun saran yang berguna untuk penyempurnaan ataupun pengembangan penelitian ini di masa yang akan datang.

Akhir kata, semoga seluruh ilmu yang diperoleh dapat dimanfaatkan dengan sebaik-baiknya dan dapat membawa manfaat bagi semua orang. Semoga seluruh dukungan dan doa yang telah diberikan mendapatkan balasan oleh Allah SWT dan membawa kami menjadi manusia yang lebih baik kedepannya.

Gowa, 12 Agustus 2019

Abul Khaer

NIM. D111 15 529

ABSTRAK

Dalam konstruksi bangunan sipil, sering ditemukan lapisan tanah yang memiliki daya dukung rendah (low strength), yang sangat mempengaruhi berbagai tahapan rancang bangun konstruksi, baik dalam tahap perencanaan (design), tahap pelaksanaan (perform), maupun tahap operasional dan pemeliharaan (Operational and Maintenance), Salah satu metode yang digunakan untuk memperbaiki daya dukung tanah yang rendah adalah metode perbaikan tanah dengan teknik stone column. Tujuan dari penelitian ini adalah Untuk mengkaji bagaimana perilaku beban - Penurunan Elemen kolom , tegangan dan regangan Elemen kolom, perbandingan deformasi vertikal dan horizontal Elemen kolom agregat kasar terhadap pembebanan statis

Kata Kunci: Stone Colom, Tanah Lunak

ABSTRACT

In the construction of civilian buildings, often found layers of soil that have low strength. which greatly influences the various stages of construction design, both in the design stage, perform, or stage operational and maintenance. One method used to improve low soil carrying capacity is the method of soil improvement with the stone column technique. The aim of this study is to examine how load behavior - decreased column elements, stress and strain column elements, the ratio of vertical and horizontal deformation of rough aggregate column elements to static loading.

Keyword: Stone Colom, Soft soil

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	Error! Bookmark not defined.
PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH	iii
KATA PENGANTAR	iv
ABSTRAK.....	vii
<i>ABSTRACT</i>	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR TABEL.....	xiv
BAB 1. PENDAHULUAN.....	1
A. Latar Belakang.....	1
B. Rumusan Masalah	3
C. Tujuan Penelitian	3
D. Manfaat Penelitian	4
E. Batasan Masalah	4
F. Sistematika Penulisan	5
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	7
A. Permasalahan Tanah Lunak	7
A.1. Umum.....	7
A.2. Pada Perkerasan Jalan.....	9
B. Kriteria Material Konstruksi	11

B.1. Karakteristik Agregat Kasar	11
B.2. Goesintetik.....	13
C. Perkuatan Tanah Metode Kolom	17
D. Pembebanan Tiang.....	21
E. Penelitian Terdahulu yang Relevan.....	27
BAB 3. METODE PENELITIAN.....	32
A. Diagram Alir Penelitian	32
B. Waktu Dan Lokasi Penelitian.....	33
C. Alat Dan Bahan Penelitian	33
C.1. Alat Penelitian.....	33
C.2. Bahan Penelitian.....	34
C.3. Persiapan	34
D. Perancangan Penelitian Dan Pelaksanaan	35
E. Definisi Oprasional Variabel	38
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN	40
A. Karakteristik Fisis dan Mekanis Agregat Kasar.....	40
A.1. Karakteristik Mekanis Agregat Kasar	40
B. Parameter Elemen Kolom	42
C. Rekapitulasi setiap variasi agregat kasar elemen kolom	49
D. Temuan Empirik.....	Error! Bookmark not defined.

BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN	53
A. Kesimpulan	53
B. Saran	54
DAFTAR PUSTAKA.....	55
LAMPIRAN	57

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1 Distribusi beban pada struktur jalan (Malik ahmad. 2010)	10
Gambar 2. Pengelompokan Geosintetik	14
Gambar 3 Pembebanan arah axial (vertikal).....	22
Gambar 4 Grafik Hubungan Beban (P) dan Deformasi (S)	23
Gambar 5. Diagram Alir Penelitian.....	33
Gambar 6. Variasi Gradasi Agregat Stone Coloumn Geopak	36
Gambar 7 .Frame Loading pengujian elemen kolom skala laboratorium..	37
Gambar 8. Hubungan antara pembebanan elemen kolom dengan regangan vertical variasi 1	43
Gambar 9 . Hubungan antara Stress elemen kolom dengan Strain variasi 1	44
Gambar 10. Hubungan antara regangan horisontal dengan regangan vertical variasi 1.....	44
Gambar 11. Hubungan antara pembebanan elemen kolom dengan regangan vertical variasi 2	45
Gambar 12. Hubungan antara Stress elemen kolom dengan Strain variasi 2	46
Gambar 13. Hubungan antara regangan horisontal dengan regangan vertical variasi 2.....	46
Gambar 14. Hubungan antara pembebanan elemen kolom dengan regangan vertical variasi	47

Gambar 15 . Hubungan antara Stress elemen kolom dengan Strain variasi 3	48
Gambar 16. Hubungan antara regangan horisontal dengan regangan vertical variasi 3	48
Gambar 17. Hubungan antara pembebanan elemen kolom dengan regangan vertical	49
Gambar 18. Hubungan antara Stress elemen kolom dengan Strain	50
Gambar 19. Hubungan antara horisontal Strain dengan vertical Strain...	51

DAFTAR TABEL

Tabel 1 Gradasi Agregat kasar (ASTM C-33)	13
Tabel 2. Identifikasi Fungsi Geosintetik.....	17
Tabel 3. Penelitian Terdahulu	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4. Jenis pengujian dan standar yang digunakan pada agregat.....	35
Tabel 5. Hubungan jumlah pukulan dengan nilai CBR (%).....	42
Tabel 6. Nilai kapasitas dukung, deformasi, modulus dan <i>poisson</i> ratio pada kolom	51
Tabel 7. Nilai Modulus Elastis dan Poiton Ratio (Das 1996).....	52

BAB 1. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Dalam perancangan konstruksi bangunan sipil, sering ditemukan lapisan tanah yang memiliki daya dukung rendah (low strength), yang sangat mempengaruhi berbagai tahapan rancangbangun konstruksi, baik dalam tahap perencanaan (design), tahap pelaksanaan (perform), maupun tahap operasional dan pemeliharaan (Operational and Maintenance).

Salah satu jenis tanah yang biasa ditemui dalam pembangunan sebuah konstruksi adalah tanah lunak. Tanah lunak dalam konstruksi disebabkan oleh rendahnya daya dukung tanah tersebut. Daya dukung yang rendah dapat menyebabkan kerugian, mulai dari kerugian dari sisi biaya konstruksi yang semakin mahal, hingga terancamnya keselamatan konstruksi, yaitu struktur yang dibuat tidak mampu berdiri secara stabil dan bisa roboh. Artinya, walaupun secara struktural bangunan atas aman, tetapi kalau kondisi tanah yang mendukungnya memiliki daya dukung yang rendah maka akan berakibat bangunan menjadi rawan runtuh dan tidak aman.

Tanah lunak merupakan tanah kohesif yang terdiri dari sebagian besar butir-butir yang sangat kecil seperti lempung atau lanau. Sifat tanah lunak adalah gaya gesernya kecil, kemampatannya besar, koefisien

permeabilitas yang kecil dan mempunyai daya dukung rendah jika dibandingkan dengan tanah lempung lainnya.

Perbaikan tanah (soil improvement) adalah suatu jenis stabilisasi tanah yang dimaksudkan untuk memperbaiki dan/atau mempertahankan kemampuan dan kinerja tanah sesuai syarat teknis yang dibutuhkan, dengan menggunakan bahan additive, pencampuran tanah, pengeringan tanah atau melalui penyaluran energi statis/dinamis ke dalam lapisan tanah. Perkuatan tanah (soil reinforcement) adalah suatu jenis stabilisasi tanah yang dimaksudkan untuk memperbaiki dan/atau mempertahankan kemampuan dan kinerja tanah sesuai syarat teknis yang dibutuhkan, dengan memberikan material sisipan ke dalam lapisan tanah tersebut.

Salah satu metode yang digunakan untuk memperbaiki daya dukung tanah yang rendah adalah dengan metode perbaikan tanah dengan teknik stone column. Teknik kolom batu (stone column technique) merupakan pengembangan dari teknik vibroflotation, dengan menggunakan material pengisi dari kerikil besar atau batu. Teknik perbaikan ini sangat baik untuk digunakan pada struktur yang memiliki area yang luas seperti tanki penyimpanan minyak, timbunan, dan struktur lain yang mungkin memiliki penurunan yang besar.

Dengan perbaikan menggunakan teknik stone column ini, diharapkan tanah dapat menghasilkan kapasitas daya dukung yang besar sehingga beban timbunan yang bekerja menjadi lebih besar, sehingga konsolidasi terjadi yang terjadi menjadi lebih cepat karena stone column

sendiri juga dapat menjadi drainase tambahan untuk mengeluarkan air pori . selain itu dengan stone colomn diharapkan pula penurunan yang terjadi akibat beban timbunan tersebut menjadi lebih kecil/berkurang. Salah satu elemen penting dari metode ini adalah adanya elemen kolom yang terbuat dari kerikil atau batu.

Berdasarkan uraian diatas maka penulis tertarik melakukan penelitian dengan judul: **“UJI DEFORMASI ELEMEN KOLOM AGREGAT KASAR SEBAGAI MATERIAL PERKUATAN TANAH”**

B. Rumusan Masalah

Perumusan masalah dalam penelitian ini dapat diuraikan sebagai berikut :

1. Bagaimana Prilaku Beban/Penurunan Elemen kolom agregat kasar terhadap pembebanan statis?
2. Bagaimana tegangan dan regangan Elemen kolom agregat kasar terhadap pembebanan statis?
3. Bagaimana perbandingan deformasi vertikal dan horizontal Elemen kolom agregat kasar terhadap pembebanan statis?

C. Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah tersebut di atas, maka penelitian ini bertujuan untuk :

1. Untuk mengkaji bagaimana prilaku beban/Penurunan Elemen kolom agregat kasar terhadap pembebanan statis

2. Untuk mengkaji Bagaimana tegangan dan regangan Elemen kolom agregat kasar terhadap pembebanan statis
3. Untuk mengkaji Bagaimana perbandingan deformasi vertikal dan horizontal Elemen kolom agregat kasar terhadap pembebanan statis

D. Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai berikut:

1. Untuk mengkaji bagaimana perilaku beban/Penurunan Elemen kolom agregat kasar terhadap pembebanan statis
2. Untuk mengkaji Bagaimana tegangan dan regangan Elemen kolom agregat kasar terhadap pembebanan statis
3. Untuk mengkaji Bagaimana perbandingan deformasi vertikal dan horizontal Elemen kolom agregat kasar terhadap pembebanan statis

E. Batasan Masalah

Batasan masalah dalam melaksanakan penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. material yang digunakan pada pengujian ini adalah agregat kasar.

2. Pengujian dilakukan dengan penekanan kolom menggunakan *Frame Loading*.
3. Penelitian ini dilakukan pada skala laboratorium, bukan pada skala lapangan.
4. Penelitian hanya meneliti sifat fisis dan mekanis agregat kasar, tidak meneliti unsur kimia tanah tersebut

F. Sistematika Penulisan

Adapun sistematika penulisan tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

BAB 1. PENDAHULUAN

Pendahuluan memuat suatu gambaran secara singkat dan jelas tentang latar belakang mengapa penelitian ini perlu dilaksanakan. Dalam pendahuluan ini juga memuat rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, batasan masalah, dan sistematika penulisan tugas akhir ini.

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini diuraikan mengenai konsep teori yang relevan dan memberikan gambaran mengenai metode pemecahan masalah yang akan digunakan pada penelitian ini.

BAB 3. METODE PENELITIAN

Bab ini menyajikan lokasi penelitian, variabel penelitian, data yang digunakan dalam penelitian, tahapan analisis hidrologi, tahapan prosedur simulasi pada aplikasi iRIC, dan penyajian bagan alir penelitian.

BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini dijabarkan hasil analisis hidrologi dan deskripsi model karakteristik aliran sungai hasil simulasi pada aplikasi iRIC.

BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini merupakan penutup dari keseluruhan penulisan tugas akhir yang berisi tentang kesimpulan yang disertai dengan saran-saran mengenai keseluruhan penelitian maupun untuk penelitian yang akan datang.

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

A. Permasalahan Tanah Lunak

A.1. Umum

Lapisan lunak umumnya terdiri dari tanah yang sebagian besar terdiri dari butiran-butiran yang sangat kecil seperti lempung atau lanau. Pada lapisan sangat lunak, semakin muda umur akumulasinya, semakin tinggi letak muka airnya. Lapisan ini juga kurang mengalami pembebanan sehingga sifat mekanisnya buruk dan tidak mampu memikul beban. Peranan tanah sangat penting dalam perencanaan atau pelaksanaan bangunan, dikarenakan tanah tersebut berfungsi untuk mendukung beban yang ada di atasnya. Oleh karena itu, tanah yang akan digunakan sebagai pendukung konstruksi haruslah dipersiapkan terlebih dahulu sebelum digunakan sebagai tanah dasar

Sifat lapisan tanah sangat lunak adalah gaya gesernya yang kecil, kemampatan yang besar, dan koefisien permeabilitas yang kecil. Jadi, bilamana pembebanan konstruksi melampaui daya dukung kritisnya maka dalam jangka waktu yang lama besarnya penurunan akan meningkat yang akhirnya akan mengakibatkan berbagai kesulitan.

Tanah lunak dalam konstruksi seringkali menjadi permasalahan. Hal ini disebabkan oleh rendahnya daya dukung tanah tersebut. Daya dukung yang rendah dapat menyebabkan kerugian, mulai dari kerugian

dari sisi biaya konstruksi yang semakin mahal, hingga terancamnya keselamatan konstruksi, yaitu struktur yang dibuat tidak mampu berdiri secara stabil dan bisa roboh (Darwis, 2017)..

Tanah lunak merupakan tanah kohesif yang terdiri dari sebagian besar butir-butir yang sangat kecil seperti lempung atau lanau. Sifat tanah lunak adalah gaya gesernya kecil, kemampatannya besar, koefisien permeabilitas yang kecil dan mempunyai daya dukung rendah jika dibandingkan dengan tanah lempung lainnya. Tanah lempung lunak secara umum mempunyai sifat-sifat sebagai berikut:

1. Kuat geser rendah
2. Bila kadar air bertambah, kuat gesernya berkurang
3. Bila struktur tanah terganggu, kuat gesernya berkurang
4. Bila basah bersifat plastis dan mudah mampat
5. Menyusut bila kering dan mengembang bila basah
6. Memiliki kompresibilitas yang besar
7. Berubah volumenya dengan bertambahnya waktu akibat rangkakan pada beban yang konstan
8. Merupakan material kedap air

Tanah lempung kohesif diklasifikasikan sebagai tanah lunak apabila mempunyai daya dukung lebih kecil dari 0,5 kg/cm² dan nilai standard penetration test lebih kecil dari 4 (Terzaghi et al, 1967)

Berdasarkan uji lapangan, tanah lunak secara fisik dapat diremas dengan mudah oleh jari-jari tangan. Sifat umum tanah lunak adalah memiliki kadar air 80-100%, batas cair 80-110%, batas plastis 30-45%, saat dites sieve analysis, maka butiran yang lolos oleh saringan no 200 akan lebih besar dari 90% serta memiliki kuat geser 20-40 kN/m² (Toha,1989) .

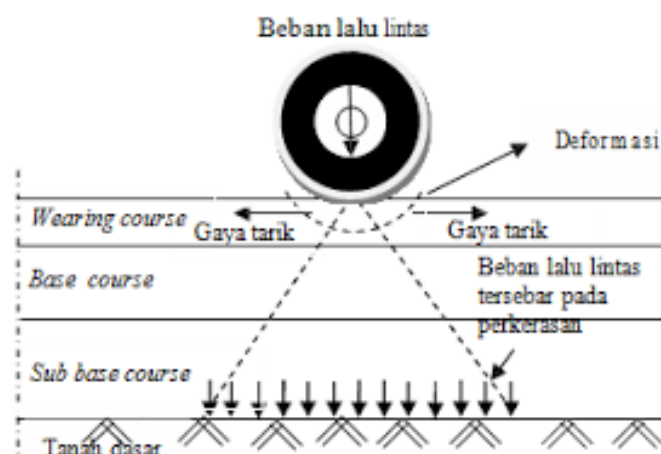
A.2. Pada Perkerasan Jalan

Konstruksi jalan yang melalui tanah lunak seperti lempung pada umumnya memiliki masalah. Pembangunan jalan di daerah yang memiliki jenis tanah lunak memerlukan perlakuan khusus berupa konstruksi perkuatan tanah yang tepat. Hal ini di sebabkan karena daya dukung tanah di daerah lempung sangat kecil dan tidak memenuhi angka keamanan untuk konstruksi jalan raya. Daya dukung tanah yang kecil menyebabkan terjadinya penurunan tanah baik secara vertical maupun horizontal yang cukup besar.

Lapis pondasi bawah perkerasan suatu ruas jalan yang cukup panjang di daerah yang relatif terpencil akan dibuat dari bahan setempat. Perbaikan tanah ditujukan untuk meningkatkan daya dukung tanah (kemampuan mendukung beban) dan mengurangi kemampuan mampatnya. Metode perkuatan yang sudah dikembangkan untuk tanah lempung lunak adalah metode stone coloumn. Tanah lempung memiliki karakteristik kembang susut yang tinggi. Jenis tanah yang perlu

diperhatikan salah satunya adalah tanah lempung ekspansif. Disebut demikian karena tanah jenis ini umumnya mempunyai fluktuasi kembang susut yang tinggi dan mengandung mineral yang mempunyai potensi mengembang (*swelling potential*) yang tinggi, bila terkena air. Untuk tanah lempung ekspansif, kandungan mineral yang ada adalah mineral *montmorillonite* yang mempunyai luas permukaan paling besar dan sangat mudah menyerap air dalam jumlah banyak bila dibandingkan dengan mineral lainnya, sehingga tanah mempunyai kepekaan terhadap pengaruh air dan sangat mudah mengembang.

Konstruksi perkerasan jalan terdiri dari lapisan-lapisan yang diletakkan di atas tanah dasar yang telah dipadatkan (Ahmad,2010). Lapisan-lapisan tersebut berfungsi untuk menerima beban lalu lintas dan menyebarkan ke lapisan di bawahnya seperti ditunjukkan Gambar 1



Gambar 1 Distribusi beban pada struktur jalan (Ahmad. 2010)

B. Kriteria Material Konstruksi

B.1. Karakteristik Agregat Kasar

Agregat merupakan komponen beton yang paling berperan dalam menentukan besarnya. Agregat untuk beton adalah butiran mineral keras yang bentuknya mendekati bulat dengan ukuran butiran antara 0,063 mm—150 mm. Agregat menurut asalnya dapat dibagi dua yaitu agregat alami yang diperoleh dari sungai dan agregat buatan yang diperoleh dari batu pecah. Dalam hal ini, agregat yang digunakan adalah agregat alami yang berupa coarse agregat (kerikil), coarse sand (pasir kasar), dan fine sand (pasir halus). Dalam campuran beton, agregat merupakan bahan penguat (strengter) dan pengisi (filler), dan menempati 60%—75% dari volume total beton.

Keutamaan agregat dalam peranannya di dalam beton :

- a. Menghemat penggunaan semen Portland
- b. Menghasilkan kekuatan besar pada beton
- c. Mengurangi penyusutan pada pengerasan beton
- d. Dengan gradasi agregat yang baik dapat tercapai beton yang padat

Agregat kasar (Coarse Aggregate) biasa juga disebut kerikil sebagai hasil desintegrasi alami dari batuan atau berupa batu pecah yang diperoleh dari industri pemecah batu, dengan butirannya berukuran antara 4,76 mm—150 mm.. Ketentuan agregat kasar antara lain:

- a. Agregat kasar harus terdiri dari butiran yang keras dan tidak berpori. Agregat kasar yang butirannya pipih hanya dapat dipakai jika jumlah butir-butir pipihnya tidak melampaui 20% berat agregat seluruhnya.
- b. Agregat kasar tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 1% dalam berat keringnya. Bila melampaui harus dicuci.
- c. Agregat kasar tidak boleh mengandung zat yang dapat merusak beton, seperti zat yang relatif alkali.
- d. Agregat kasar untuk beton dapat berupa kerikil alam dari batu pecah.
- e. Agregat kasar harus lewat tes kekerasan dengan bejana pengujian Rudeloff dengan beban uji 20 ton.
- f. Kadar bagian yang lemah jika diuji dengan goresan batang tembaga maksimum 5%.
- g. Angka kehalusan (Fineness Modulus) untuk Coarse Aggregate antara 6–7,5.

Jenis agregat kasar yang umum adalah:

- a. Batu pecah alami: Bahan ini didapat dari cadas atau batu pecah alami yang digali.
- b. Kerikil alami: Kerikil didapat dari proses alami, yaitu dari pengikisan tepi maupun dasar sungai oleh air sungai yang mengalir.

- c. Agregat kasar buatan: Terutama berupa slag atau shale yang biasa digunakan untuk beton berbobot ringan.
- d. Agregat untuk pelindung nuklir dan berbobot berat: Agregat kasar yang diklasifikasi disini misalnya baja pecah, barit, magnetit dan limonit.

Setiap Gradasi butiran Agregat kasar memiliki spesifikasi seperti yang ditunjukkan Tabel 1 berikut:

ASTM C-33 Standard Specification for Concrete Aggregate										
Table 2 Grading Requirements for Coarse Aggregate										
Size Number	Nominal Size	Amounts Finer Than Each Laboratory Sieve (Square Openings)								
		Percentage by Weight								
	Square Openings	2"	1"-1.2"	1"	3/4"	1/2"	3/8"	No.4	No.8	No.16
4	1-1/2" to 3/4"	100	90 to 100	20 to 55	0 to 15	—	0 to 5			
467	1-1/2" to No.4	100	95 to 100	—	35 to 70	—	10 to 30	0 to 5		
57	1" to No.4	—	100	95 to 100		25 to 60		0 to 10	0 to 5	
6	3/4" to 3/8"	—	—	100	90 to 100	20 to 55	0 to 15	0 to 5		
67	3/4" to No.4	—	—	100	90 to 100		20 to 55	0 to 10	0 to 5	
7	1/2" to No.4	—	—	—	100	90 to 100	40 to 70	0 to 15	0 to 5	
8	3/8" to No.8	—	—	—	—	100	85 to 100	10 to 30	0 to 10	0 to 5

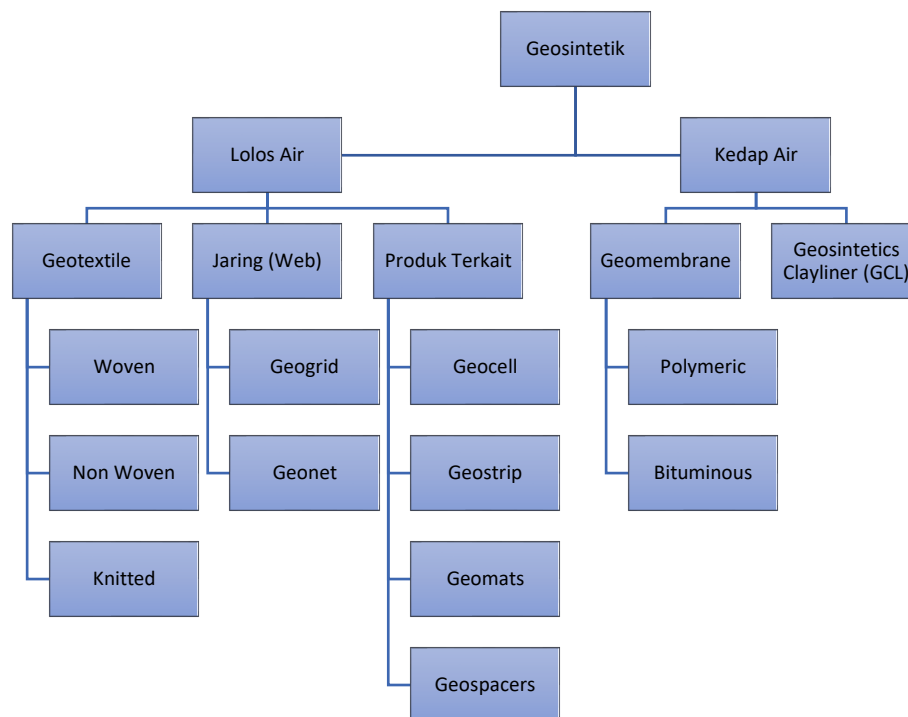
Tabel 1 Gradasi Agregat kasar (ASTM C-33)

B.2. Geosintetik

Menurut ASTM D 4439 pengertian geosintetik adalah suatu produk berbentuk lembaran yang terbuat dari bahan polimer lentur yang digunakan dengan tanah, batuan, atau material geoteknik lainnya sebagai bagian yang tidak terpisahkan dari suatu pekerjaan, struktur atau system. Istilah geosintetik itu sendiri terdiri dari dua bagian, yaitu geo yang berarti

berhubungan dengan tanah dan sintetis yang berarti bahan buatan manusia.

Gambar 2 menunjukkan pengelompokan geosintetik berdasarkan sifat kelulusan air, bentuk fisik, dan proses pembuatannya.



Gambar 2. Pengelompokan Geosintetik

Geosintetik memiliki 8 fungsi yaitu :

1. Separasi : memisahkan dua material berbeda sehingga masing-masing mempunyai sifat yang tetap sebagaimana kondisi awalnya. Umumnya memisahkan antara tanah dasar lunak dengan timbunan yang bagus di atasnya.

2. Stabilisasi : berfungsi meratakan beban pada tanah lunak sehingga tanah dapat menahan dengan baik konstruksi bangunan di atasnya.
3. Perkuatan : fungsi perkuatan yaitu meningkatkan kemampuan sistem komposisi tanah dan perkuatan untuk memikul beban.
4. Lapis kedap berfungsi sebagai lapisan yang memiliki permeabilitas sangat rendah (kedap) untuk mencegah merembesnya cairan atau material yang tidak diinginkan ke dalam tanah.
5. Filtrasi : berfungsi memungkinkan aliran air melalui bahan geosintetik pada arah vertikal maupun horizontal.
6. Drainase : fungsi drainase yaitu memungkinkan air melalui bahan geosintetik pada arah vertikal maupun horizontal.
7. Proteksi : memberikan perlindungan terhadap material lain seperti menggunakan non woven geotextile terhadap lapis geomembrane.
8. Pencegah erosi : melindungi tanah terhadap erosi akibat air hujan atau proteksi tebing sungai terhadap aliran air.

Tabel 2 . Menunjukkan Identifikasi Fungsi Geosintetik berdasarkan sifat kelulusan air, bentuk fisik, dan proses pembuatannya.

No.	Material Geosintetik	Separasi	Stabilisasi	Perkuatan	Lapis kedap	Filtrasi	Drainase	Proteksi	Pencegahan Erosi	Lain-lain
1	Non Woven	✓				✓	✓	✓		
2	Woven	✓	✓	✓						
3	Geomembrane				✓					
4	Geogrid		✓	✓						
5	Geopipe						✓			
6	Geocell			✓					✓	
7	Geocomposite	✓	✓	✓		✓	✓			
8	Geobag								✓	
9	Tube								✓	
10	Geonet						✓	✓		
11	Clay Liners				✓					
12	Drainage Tank						✓			
13	Drainage Cell						✓			
14	Errosion Protection								✓	
15	Prefabricat Vertical Drine		✓				✓			

16	Silt Protection Curtrain					✓				
17	HDPE Flap Gate						✓			
18	HDPE Pipe						✓			✓
19	Road Water Barrier									✓

Tabel 2. Identifikasi Fungsi Geosintetik

Geosintetik merupakan material perkuatan tanah yang baik digunakan dalam perkuatan tanah dengan metode stonecolumn yaitu geosintetik jenis geogrid dengan kuat tarik sebesar 40 kN.

C. Perkuatan Tanah Metode Kolom

Perkuatan tanah (*soil reinforcement*) ini merupakan cara yang paling pesat berkembang dalam dua dekade akhir-akhir ini dan cara ini merupakan yang paling banyak dipelajari dan diminati orang. Menurut Indrasurya B. Mochtar (2000), metode ini dapat dibagi menjadi 4 (empat) metode yaitu :

1. Metode *Stone Column*

Pada metode ini, pada tanah yang lunak dipasang kolom-kolom dari batu atau kerikil yang dipadatkan berdiameter 0,6 – 1,0 meter dengan jarak tertentu. Pemasangan *stone column* bisa

dengan cara *vibroflotation* atau cara *pneumatic compaction*. *Stone column* tersebut berfungsi untuk meningkatkan kekuatan geser tanah dan mengurangi *settlement*. Selain *stone column* juga umum dilaksanakan *sand column* yang dipasang dengan cara *vibro-compozer*.

2. *Root Piles* atau *Micro Piles*

Ini adalah penggunaan tiang pancang kecil berdiameter 7,5 – 25 cm, yang umumnya dari beton dengan penulangan ditengah-tengah. Tiang-tiang *micro* ini dipasangkan sebagai group tiang atau tiang satu-satu secara vertikal dan miring. Fungsi tiang *micro* ini disamping memberikan tambahan dukungan terhadap pondasi juga sebagai pasak terhadap geseran pada bidang longsor geser sirkular. Di Indonesia sistem seperti ini lebih dikenal dengan sistem “cerucuk”, yaitu penggunaan tiang-tiang kayu/bambu sebagai pasak dalam tanah.

3. Paku-paku Tanah (*Soil Nailing*)

Cara ini terdiri dari sekelompok batang-batang dalam tanah serupa paku-paku dalam tanah. Batang-batang tersebut umumnya di-*grouting*-kan didalam tanah. *Soil nailing* ini hampir serupa dengan *rock bolt* pada batuan. Fungsi utamanya ialah memperkuat tanah dengan menyatukan massa tanah disuatu bagian tanah yang kurang stabil (misal pada talud dan lereng-lereng).

4. *Earth* (tanah yang diperkuat dengan bahan pengikat buatan)

Reinforced earth disini termasuk semua perkuatan-perkuatan tanah menggunakan bahan geosynthetic, bahan-bahan khusus dari metal, *ground anchor* dan perkuatan sistem *tie-back*. Yang termasuk bahan *geosynthetic* untuk perkuatan tanah (*soil reinforcement*) meliputi *geotextile*, *geogrid*, ataupun material lainnya.

Stone column terutama untuk mendukung beban tekan dan geser. Disamping menaikkan daya dukung tanah, stone column juga mengurangi settlement dari tanah yang diperbaiki. Disamping itu stone column juga berfungsi seperti *vertical drain* untuk mempercepat waktu konsolidasi dari tanah yang *compressible* sehingga waktu pemampatan tanah dapat dipercepat. *Micro-piles* berfungsi sebagai penahan tarik, tekan dan lentur. *Micro-piles* juga diperuntukkan bagi peningkatan daya dukung dan menaikkan stabilitas tanah. Paku tanah terutama berguna untuk penahan tarik dan geser dan tujuan utama pada perbaikan tanah ialah meningkatkan stabilitas tanah. Perkuatan pada *reinforced earth* seperti bahan *geotextile* dan sejenisnya berfungsi terutama untuk penahan tarik. Bahan ini dapat meningkatkan daya dukung tanah dan memperkokoh stabilitas tanah. Besar settlement tanah umumnya tidak banyak berubah akibat adanya bahan *reinforcer* tersebut.

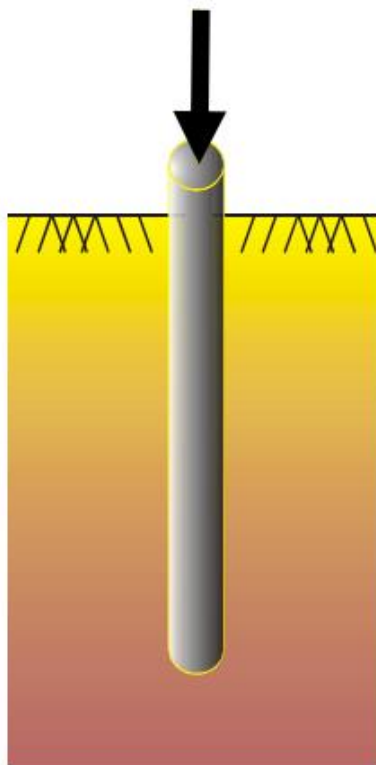
Sedangkan untuk metode perbaikan tanah (*soil improvement*) dapat dikelompokkan menjadi 2 (dua) metode, yaitu perbaikan sebelum konstruksi bangunan dilaksanakan dan perbaikan tanah setelah bangunan berdiri atau biasa disebut koreksi struktur tanah.

Metode perbaikan tanah dengan menggunakan teknik kolom. Prinsip dasar dari teknik ini adalah untuk meringankan beban pada tanah lunak tanpa mengubah struktur tanah secara substansial. Hal ini dicapai dengan memasang struktur kolom atau tumpukan gelembung pola grid ke lapisan bantalan (dasar), untuk transfer beban. Hampan tikar terdiri dari bahan geotekstil atau geogrid yang dipasang pada bagian dasar. Hal ini dilakukan untuk menghilangkan tegangan tanah, hasil dari redistribusi beban melalui kolom melengkung, yang (jika ada) distabilkan oleh geotekstil atau perkuatan dengan geogrid (efek membran) tambahan. Sebagai hasilnya, kompresibilitas tanah diperbaiki atau komposit dapat dikurangi sehingga daya dukung dan kekuatan geser tanah meningkat. Konsolidasi dari tanah lunak dapat juga dipercepat dan dengan demikian landasan tanah setelah konstruksi, penurunan yang terjadi dapat diminimalisasi. Kolom struktur bertindak sebagai drainase ke arah vertikal. Teknik kolom untuk perbaikan tanah juga dapat digunakan untuk pondasi tangki dan gudang. (*Kempfert, H.G., 2001*)

Kolom batu dan tumpukan pemadatan pasir kolom batu dan tumpukan padatan pasir (atau komposisi tumpukan) merupakan tipe teknik kolom paling dikenal untuk meningkatkan mutu tanah lunak. banyak metode instalasi yang digunakan di seluruh dunia, sebagai contoh metode penggantian vibro dan metode komposer vibro. metoda ini akan sulit dilakukan untuk koreksi terhadap sub-struktur bangunan di perkotaan, karena getaran vibro yang ditimbulkan akan menjadi gangguan yang cukup serius bagi lingkungan bangunan disekitarnya. (kempfert, h.g., 2001).

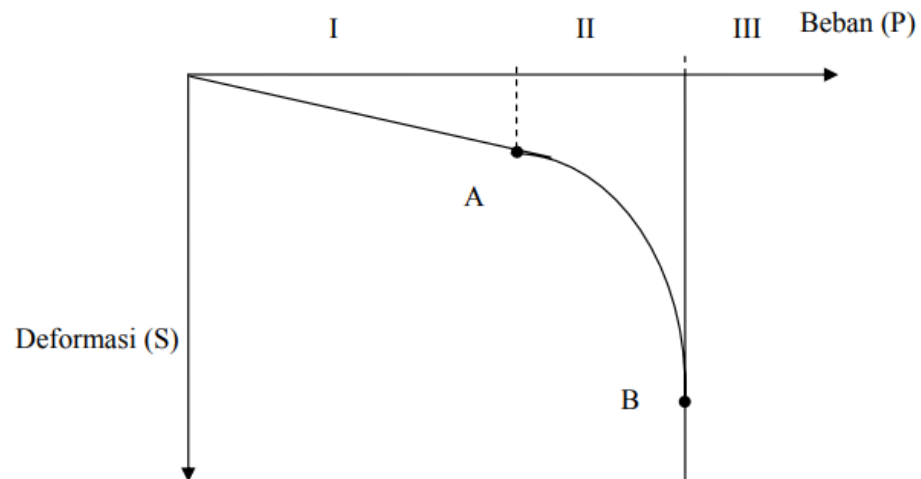
D. Pembebanan Tiang

Pada prinsipnya prosedur pembebanan tiang ini dilakukan dengan cara memberikan beban vertikal yang diletakkan diatas kepala tiang (Gambar. 3), kemudian besarnya deformasi vertikal yang terjadi diukur dengan menggunakan arloji ukur yang dipasang pada tiang. Deformasi yang terjadi terdiri dari deformasi elastis dan plastis. Deformasi elastis adalah deformasi yang diakibatkan oleh pemendekan elastis dari tiang dan tanah, sedangkan deformasi plastis adalah deformasi diakibatkan runtuhnya tanah pendukung pada ujung atau sekitar tiang.



Gambar 3 Pembebanan arah axial (vertikal)

Dengan demikian percobaan pembebanan tiang ini akan memberikan hasil yang cukup teliti jika diukur dengan teliti besarnya deformasi tersebut. Karena yang ingin diketahui adalah sampai beban berapa, lapisan pendukung akan mengalami keruntuhan total. Keruntuhan total akan terjadi pada suatu beban tertentu, dan akan mengalami perilaku penurunan terus menerus. Jika hubungan antara deformasi dan beban digambarkan dalam bentuk grafik maka terlihat bahwa grafik tersebut akan terdiri tiga bagian, lihat Gambar 4 (Sardjono, H.S. 1991).



Gambar 4 Grafik Hubungan Beban (P) dan Deformasi (S)

1. Pada daerah I, dimana sampai suatu beban tertentu bentuk grafik deformasibeban merupakan garis lurus. Pada bagian ini secara matematis dapat ditulis :

$$\frac{dp}{ds} = C \text{ (tetap)}$$

Ini berarti, bahwa sampai beban tertentu besarnya penurunan sebanding dengan besarnya beban yang bekerja. Disini dapat diinterpretasikan, bahwa bebanbeban yang bekerja sebagian besar dipakai untuk menimbulkan deformasi elastis, baik pada tiang itu sendiri maupun pada tanah pendukungnya. Deformasi elastis pada tiang ini merupakan pemendekan elastis, sedang pada lapisan pendukung merupakan proses konsolidasi. Pada point bearing pile,

bentuk garis yang lurus ini lebih jelas dibandingkan pada friction pile.

2. Pada daerah II, dimana bagian yang berbentuk lengkung parabolis (garis AB) terjadi jika penurunan yang terjadi tidak sebanding dengan besarnya beban yang bekerja. Disini penurunan merupakan fungsi dari waktu artinya jika suatu beban dibiarkan bekerja lebih lama, akan mengakibatkan deformasi yang lebih besar. Secara matematis dapat ditulis :

$$\frac{dp}{ds} = f(t)$$

Dengan kata lain keadaan ini dapat diterjemahkan, bahwa pada bagian ini beban yang bekerja telah mengakibatkan terjadinya keruntuhan pada tanah pendukung. Menurut pengalaman jika tanah pendukung bersifat rapuh (misalnya batu tufa, batu pasir, batu tufaan), maka bagian lengkung parabolis ini lebih pendek dibandingkan pada batuan jenis lainnya. Sedang pada friction jika dimasukkan dalam lapisan lempung lembek, bagian parabolis ini sering tidak jelas.

3. Pada daerah III, dimana bagian grafik yang curam terhadap garis vertikal yang cara matematis dapat ditulis :

$$\frac{dp}{ds} = \sim$$

Pada bagian ini terlihat, bahwa pada suatu beban tertentu yang besarnya tetap, akan terjadi deformasi terus menerus atau makin

lama makin besar. Beban dimana akan mengakibatkan terjadinya deformasi yang makin lama makin besar disebut beban maximum. Perlu dijelaskan disini, bahwa dari hasil percobaan pembebanan tiang tidak dapat untuk menentukan besarnya penurunan akibat proses konsolidasi pada kelompok tiang. Dalam lapisan tanah yang kohesif, besarnya penurunan akibat proses konsolidasi pada umumnya berlangsung dalam jangka waktu percobaan yang lebih singkat. Pada lapisan yang bersifat cohesionless, waktu yang diperlukan untuk mencapai settlement maximum masih lebih lama dibandingkan waktu untuk melakukan percobaan pembebanan, dengan demikian percobaan pembebanan belum dapat memberikan indikasi besarnya penurunan maksimum. Dari uraian ini dapat disimpulkan, bahwa dalam percobaan pembebanan tiang kita hanya dapat menentukan besarnya beban maksimum dan bukan settlement maximum.

E. Penelitian Terdahulu yang Relevan

Tabel 3 di bawah ini menjelaskan beberapa penelitian yang berhubungan dengan penggunaan dan pemanfaatan stone colom .

No.	Tim Peneliti	Judul Artikel	Variabel	Temuan
1	Lube, Gert; Huppert, H.E; Sparks, R.S.J; Hallworth, M.A (2004),	<i>“Axisymmetric collapses of granular columns.”</i>	Pengamatan eksperimental dari runtuhnya kolom, berawal dari pergerakan secara vertikal dari butiran kecil.	- Hasil eksperimen utama untuk tingkat akhir deposit dan waktu untuk emplacement secara sistematis runtuh dengan cara kuantitatif independen dari

				setiap koefisien gesekan.
2	Thompson, Erica. L and Huppert, H. E (2007)	" <i>Granular column collapses : further experimental results.</i> "	Pengamatan eksperimental ini akan disajikan, runtuhnya kolom statis pasir pada geometri axisymmetric secara dua dimensi.	<p>- Untuk semua kolom axis symmetric titik run-out maksimum ditemukan berasal dari titik di ketinggian pecahan 0,74 hingga 0,03 dari ketinggian vertical awal kolom, independen dari rasio aspek.</p> <p>- Untuk kolom dua dimensi titik yang sesuai adalah 0,65 hingga 0,07.</p>

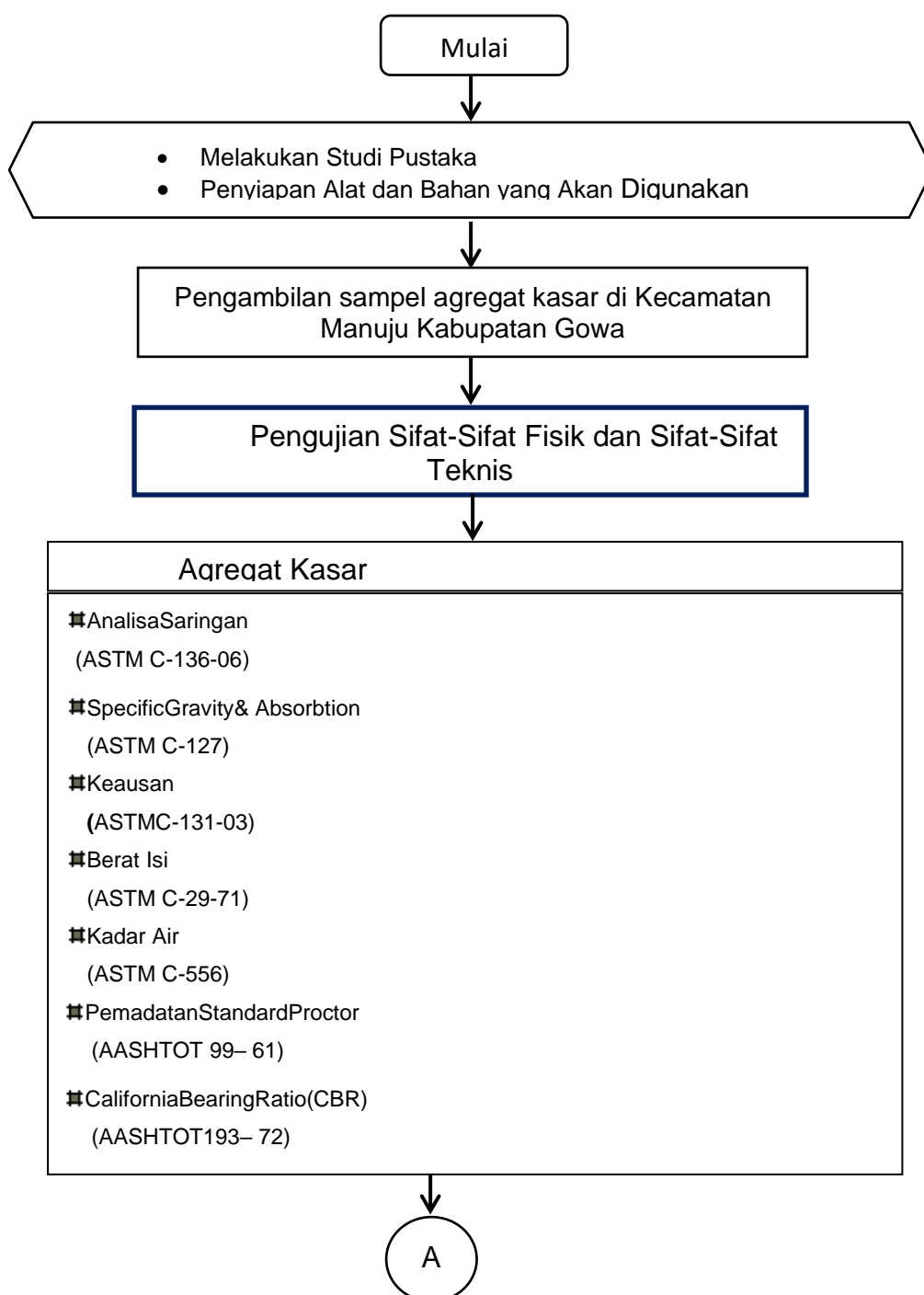
3	J Black, V Sivakumar, J D McKinley (2007),	<i>"Performance of clay samples reinforced with vertical granular columns."</i>	Pengamatan eksperimental dari sampel tanah liat kaolin lunak (100 mm dan 200 mm tinggi) yang diperkuat dengan kolom vertikal pasir dan diuji di bawah kondisi triaksial.	- kekuatan geser undrained dari sampel yang terpasang dengan kolom penuh mendalam lebih baik dibandingkan dengan sampel lipat.
4	Samang, L, Suprapti, A, Tharik, M (2013),	<i>"Behavior of Soft-clay Settlement with Sand Column Reinforcement."</i>	Untuk menentukan sejauh mana pasir untuk mengurangi penurunan (<i>settlement</i>) yang terjadi di dalam tanah akibat aksial (<i>loading test</i>)	- Bahwa perkuatan dapat mengurangi kolom penyelesaian granular terjadi untuk tanah liat lunak.

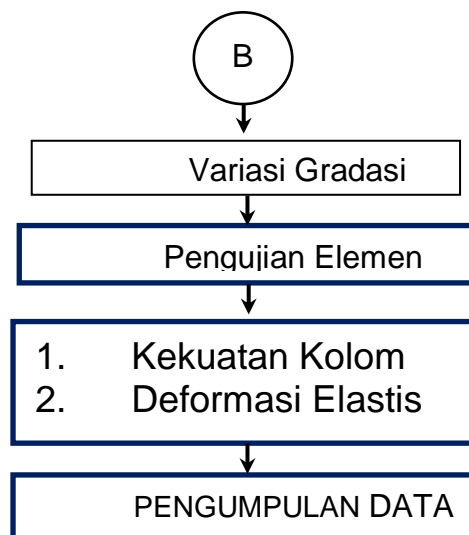
5	Samang, L, Nur, H. S, Muhiddin, A.B (2012),	<i>“Test Model for Bearing Capacity of Cement Grouted Sand Column of Group Type in Sandy Silt.”</i>	Menguji kapasitas dukung kolom pasir grouting semen tipe group pada tanah lanau kepasiran serta penurunan yang terjadi akibat beban axial.	- Kolompasir grouting semen tipe group pada tanah lanau kepasiran lebih signifikan mereduksi perpindahan secara vertikal (penurunan).
6	Samang, L, Harianto, T, Himawan, A.Y (2014)	<i>“The Effect of Sand Column in The Road Embankment on Soft Soil.”</i>	Mengetahui sejauh mana kolom pasir mereduksi penurunan (<i>settlement</i>) yang terjadi pada tanah.	- Kolom pasir semen mampu memperkuat tanah dibawah embakment dan mereduksi settlement yang terjadi pada tanah lempung kepasiran.

BAB 3. METODE PENELITIAN

A. Diagram Alir Penelitian

Tahapan penelitian yang dilakukan secara garis besar disajikan dalam bentuk diagram alir pada Gambar berikut ini:





Gambar 5. Diagram Alir Penelitian

B. Waktu Dan Lokasi Penelitian

Penelitian ini berlangsung selama lima bulan, mulai Juli 2019 sampai dengan September 2019. Penelitian ini dilakukan di laboratorium mekanika tanah Fakultas Teknik Jurusan Sipil Universitas Hasanuddin.

C. Alat Dan Bahan Penelitian

C.1. Alat Penelitian

Adapun alat-alat yang digunakan dalam freme loading yaitu :

1. *Hydraulic Jack Supporter*
2. *Load Piston*
3. *Copressor Air Valve*
4. *Dial Gauge*
5. *Steel Plate*

6. *Steel Loading Plate*
7. *Control Valve*
8. *H-Beam Steel Profile*
9. *C-Channel Steel Profile*
10. Baut
11. mur

C.2. Bahan Penelitian

Adapun bahan- bahan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu terdiri dari:

1. Agregat Kasar
2. Geosintetik
3. Air

C.3. Persiapan

Tahap ini meliputi kajian pustaka mengenai teori dasar dari penelitian-penelitian terdahulu yang berkaitan, persiapan alat dan bahan, serta perhitungan mix design variasi agregat yang direncanakan termasuk pengujian sifat fisik dan mekanis agregat kasar sebagai berikut:

1. Pengujian sifat fisis Agregat terdiri dari pengujian kadar air, berat jenis dan penyerapan, analisis ukuran butir dan keausan seperti yang di tunjukan Tabel 4.

2. Pengujian sifat mekanis tanah terdiri dari pengujian standar proktor, Pengujian keausan agregat kasar dan CBR laboratorium

Tabel 3. Jenis pengujian dan standar yang digunakan pada agregat

No.	Jenis Pengujian	Standar	
		SNI	ASTM
1	Analisis saringan	SNI 03-1968-1990	C-136-06
2	Keausan Agregat	SNI-2417-2008	C-131-03
3	Berat Jenis Agregat & Absorpsi	SNI 03-1969-1990	C-127
4	Berat Isi Agregat	SNI 03-4804-1998	C-29-71
5	Kadar Air (Wc)	SNI 03-1971-1990	C-556

D. Perancangan Penelitian Dan Pelaksanaan

Adapun rancangan kami buat untuk melakukan penilitan ini sebagai berikut :

1. Melakukan survey pendahuluan berupa kajian strategis terhadap isu-isu yang berkembang berkenaan dengan perkuatan tanah pada tanah lunak.
2. Melakukan distribusi agregat diambil di quarry area bili-bili Kecamatan Manuju Kabupaten Gowa

3. Melakukan uji pendahuluan terhadap contoh agregat yang akan digunakan sebagai bahan dari stone column, berupa pengujian sifat fisik dan karakteristik agregat untuk mengetahui parameternya.
4. Menyiapkan Agregat yang akan digunakan sebagai stone column agregat dengan 3 variasi distribusi ukuran butir lolos saringan sebagai berikut:

a. Variasi 1 : $(1") < 25\% < (1 \frac{1}{2}"), (\frac{3}{4} ") < 35\% < (1")$,

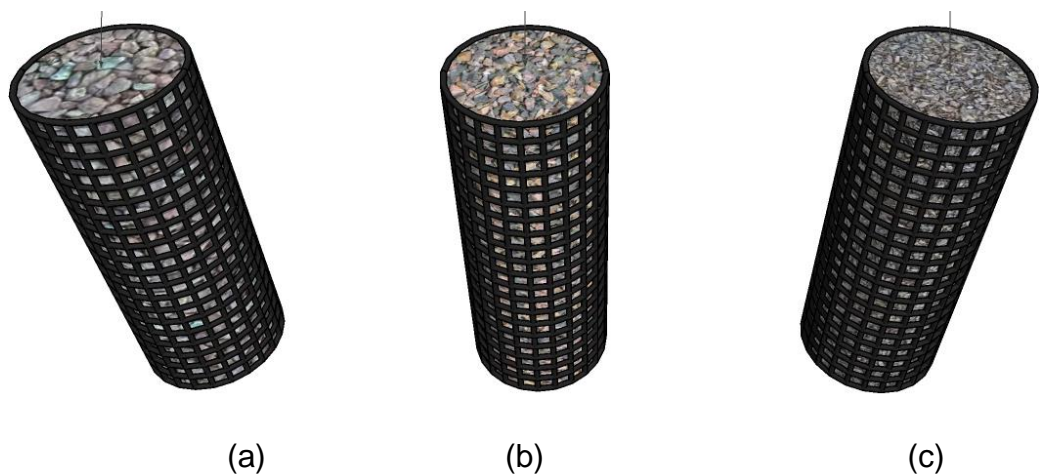
$(\frac{3}{8} ") < 40\% < (\frac{3}{4} ")$

b. Variasi 2 : $(1") < 20\% < (1 \frac{1}{2}"), (\frac{3}{4} ") < 30\% < (1")$,

$(\frac{3}{8} ") < 50\% < (\frac{3}{4} ")$

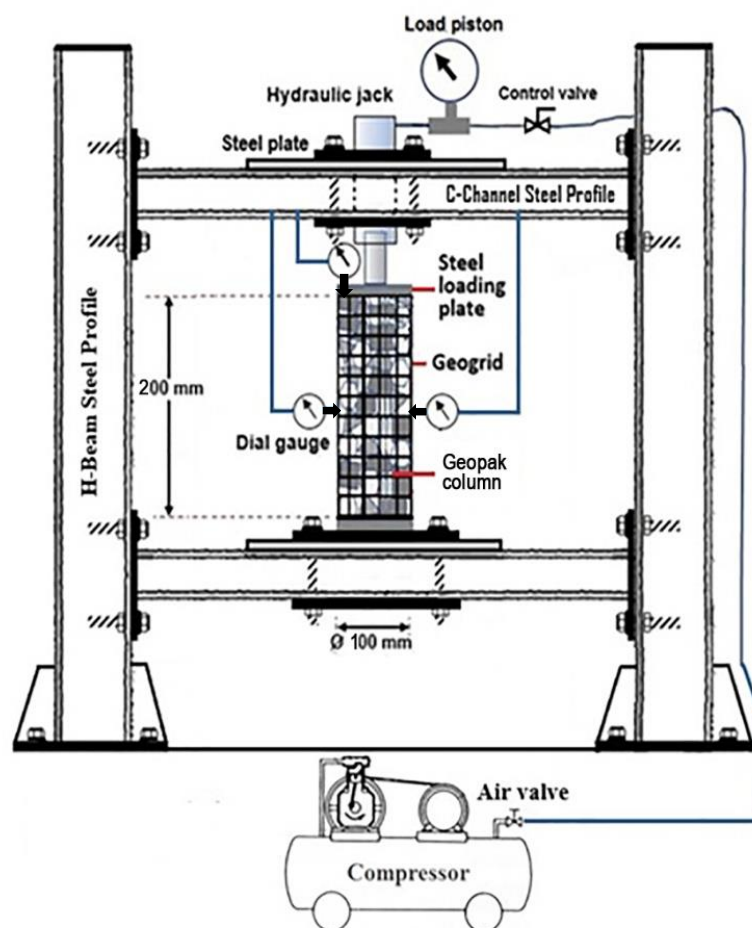
c. Variasi 3 : $(1") < 15\% < (1 \frac{1}{2}"), (\frac{3}{4} ") < 25\% < (1")$,

$(\frac{3}{8} ") < 60\% < (\frac{3}{4} ")$



Gambar 6. Variasi Gradasi Agregat Stone Coloumn Geopak

5. Menyiapkan Bahan Geosintetik sebagai Pembungkus Agregat (Material Geopak) dengan ukuran diameter 10 cm dan tinggi 20 cm sebanyak 2 lapis untuk satu buah stone column yang diikat menggunakan kawat ties
6. Melakukan proses packing agregat ke dalam geogrid berdasarkan volume yang sudah di tentukan
7. Melakukan uji elemen kolom pada material dengan masing-masing variasi gradasi stone column seperti yang di tunjukan pada



gambar 6 berikut:

Gambar 7 .Frame Loading pengujian elemen kolom skala laboratorium

8. Melakukan Pengamatan pada stone coloumn yang terjadi dan mencatat setiap deformasi yang terjadi.

E. Definisi Oprasional Variabel

Dalam defenisi oprasional variable,ada beberapa variable yang digunakan dalam penelitian ini, untuk itu diperlukan kesepahaman pengertian dala mmengenalinya beberapa variable-variabel yang digunakan antara lain :

1. Kapasitas dukung ultimit (q_u)

Didefinisikan sebagai beban maksimum yang diberikan persatuan luas dimana tanah masih dapat mendukung beban tanpa mengalami keruntuhan.

2. Beban ultimit (P_u)

Didefinisikan sebagai beban maksimum yang dapat dipikul pada suatu luasan kolom yang didistribusikan ketanah hingga kolom tersebut mengalami kegagalan.

3. Luas bidang beban (A)

Didefinisikan sebagai luasan pada kolom yang diberikan suatu beban. Sebagai perantara beban yang akan didistribusikan ke tanah.

4. Deformasi

Didefenisikan sebagai perubahan bentuk akibat tegangan.

5. Deformasi horizontal

Didefenisikan sebagai pergerakan horizontal akibat tegangan dan dipengaruhi oleh kuat geser tanah.

6. Modulus Elastisitas (E)

Didefenisikan sebagai berapa tekanan yang di terima oleh kolom dibagi dengan regangan kolom tersebut.

7. Poison Rasio (ν)

Didefenisikan sebagai perbandingan jumlah gaya arah y dengan jumlah gaya arah x.

BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Karakteristik Fisis dan Mekanis Agregat Kasar

A.1. Karakteristik Mekanis Agregat Kasar

Untuk membuat menentukan karakteristik fisis dan mekanis agregat dilakukan pengujian kelayakan agregat. Adapun sifat-sifat fisis dan mekanis dari agregat yang digunakan, berdasarkan hasil uji laboratorium, diperoleh beberapa parameter, diantaranya adalah sebagai berikut :

No.	Parameter	Simbol	Nilai	Satuan
	Karakteristik Agregat			
1	Berat Isi	γ	1,82	gr/cm ³
2	Kadar Air	w	1,74	%
3	Penyerapan		1,82	%
4	Keausan		25,12	

				%
--	--	--	--	---

Gambar 8. Karakteristik Agregat Stone Kolom

Karakteristik dan sifat mekanis agregat pada studi ini mengadopsi pengujian CBR *unsoaked*. Prosesnya dilakukan setelah material agregat kasar dimixing sesuai variasi gradasi yang ditentukan, kemudian dimasukkan kedalam *mold modified* dan diuji dengan energi pemadatan standar 56 kali pukulan pada masing-masing variasi gradasinya :

No.	Gradasi Lolos Saringan	Nilai CBR (%)
		56x Tumbukan
1	Variasi 1 : (1") < 25% < (1 ½"), (¾ ") < 35% < (1"), (⅜") < 40% < (¾ ")	23,52
2	Variasi 2: (1") < 20% < (1 ½"), (¾ ") < 30% < (1"), (⅜") < 50% < (¾ ")	28,59

3	Variasi 3: $(1'' < 15\% < (1 \frac{1}{2}'')$, $(\frac{3}{4}'' < 25\% < (1'')$, $(\frac{3}{8}'' < 60\% < (\frac{3}{4}''$)	35,58
---	--	-------

Tabel 4. Hubungan jumlah pukulan dengan nilai CBR (%)

Dari Tabel 5. diperoleh nilai CBR diatas 20% untuk semua ukuran Variasi agregat kasar, yang artinya material Agregat Kasar tersebut dapat digunakan sebagai material *sub-base* pada perkerasan lentur jalan, sesuai dengan buku **Manual Perkerasan Jalan** (revisi Juni 2017) No.04/SE/Db/2017 yang diterbitkan oleh Dirjen Bina Marga Kemen PU-PR (Anonim, 2017).

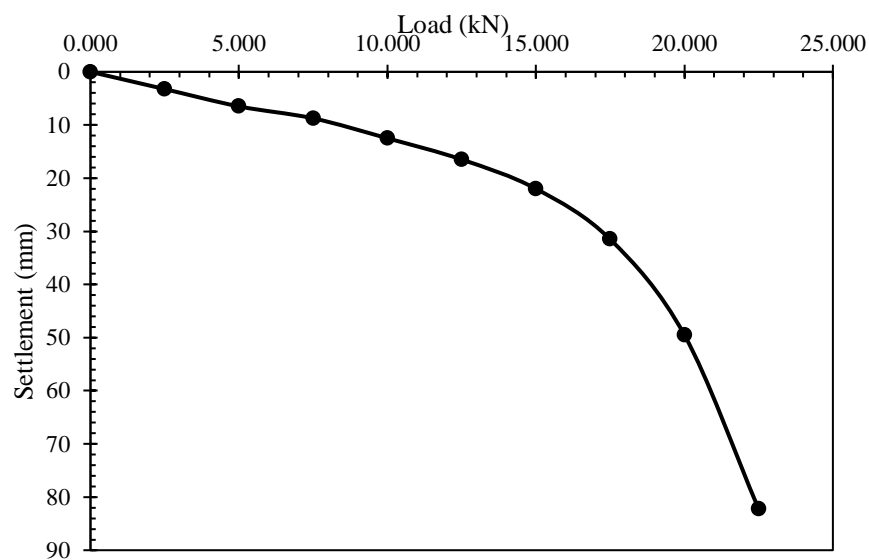
B. Parameter Elemen Kolom

Pembebanan secara bertahap pada elemen kolom agregat kasar selimut geogrid dilakukan untuk mengetahui seberapa jauh deformasi yang terjadi pada kolom agregat kasar dengan kekangan geogrid tipe end bearing sebagaimana pada pengujian standar UCS. Penentuan kapasitas dukung dan parameter desain elemen kolom agregat kasar didasarkan pada pendekatan Butler dan Hoy sebagaimana (Saing *et al.*, 2017), yaitu metode yang mempertimbangkan kegagalan beban saat beban terjadi perpotongan dua buah garis tangen terhadap kurva hubungan antara *load*

settlement pada titik-titik yang berbeda. berikut ini grafik merepresentasikan parameter elemen kolom.

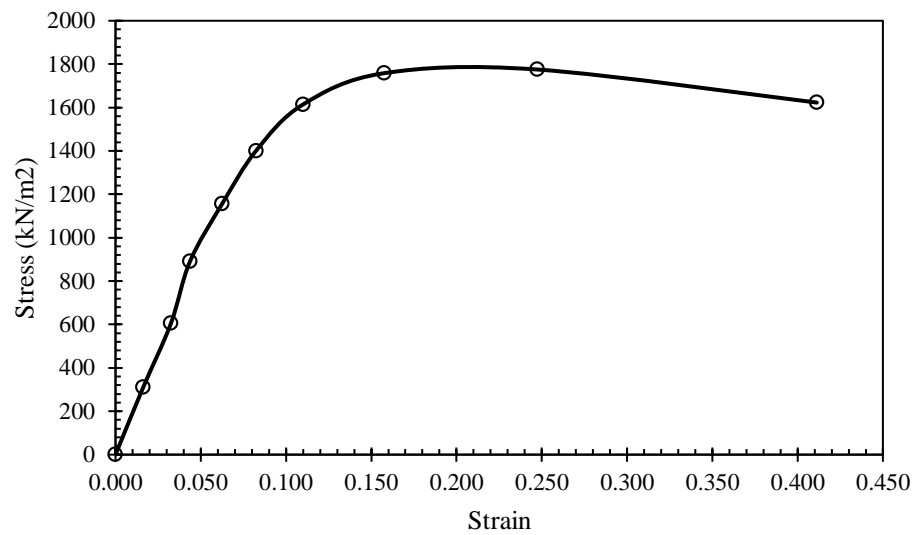
1. Variasi 1

Berikut ini merupakan gambaran grafik variasi 1 seperti pada Tabel 5. Hubungan antara pembebanan elemen kolom dengan regangan,

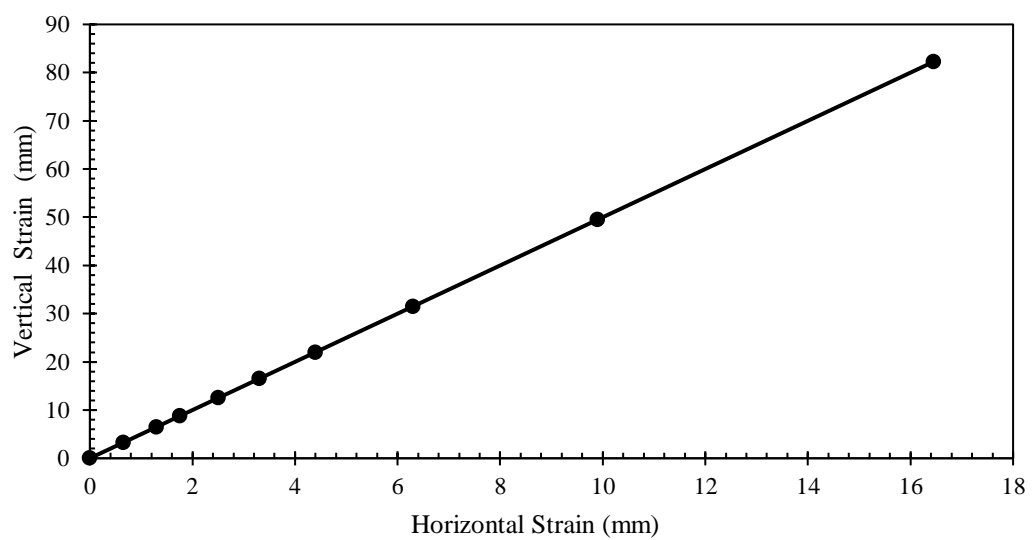


Hubungan antara Stress elemen kolom dengan Strain, Hubungan antara regangan horisontal dengan regangan vertikal.

Gambar 9. Hubungan antara pembebanan elemen kolom dengan regangan vertical variasi 1



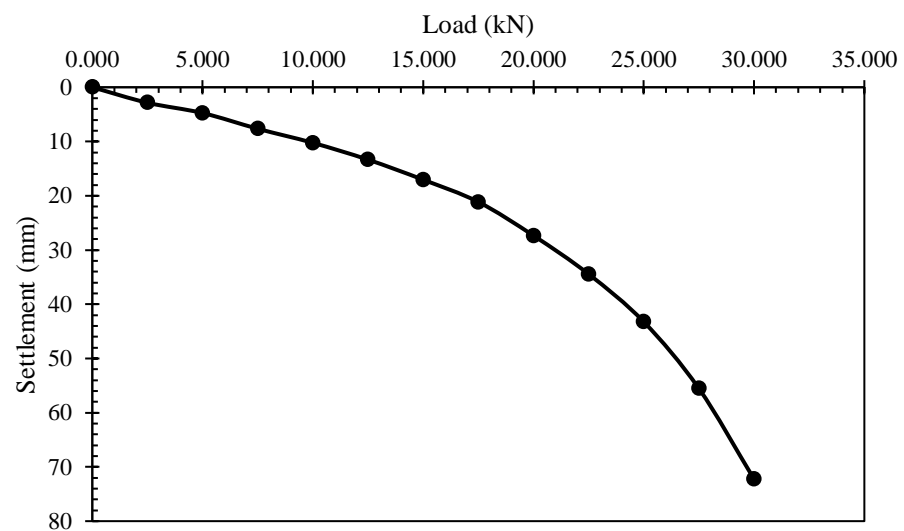
Gambar 10 . Hubungan antara Stress elemen kolom dengan Strain variasi 1



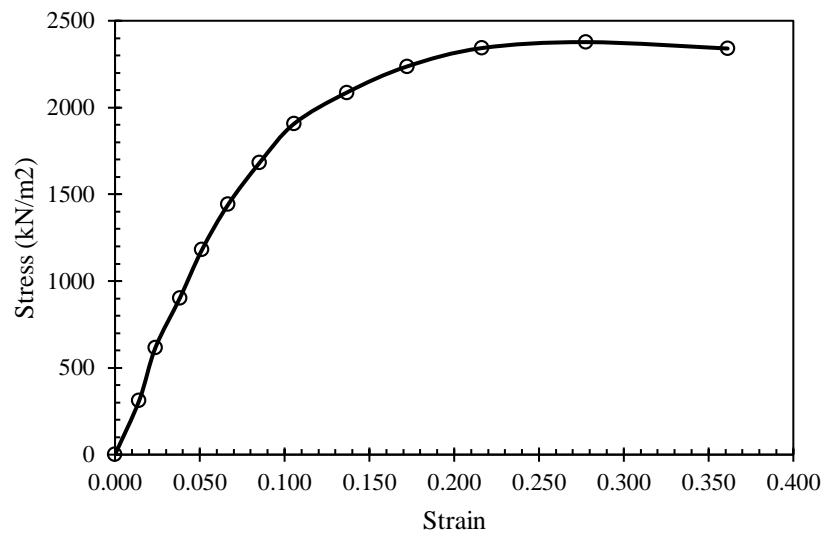
Gambar 11. Hubungan antara regangan horisontal dengan regangan vertical variasi 1

2. Variasi 2,

Berikut ini merupakan gambaran grafik variasi 2 seperti pada Tabel 5. Hubungan antara pembebanan elemen kolom dengan regangan, Hubungan antara Stress elemen kolom dengan Strain, Hubungan antara regangan horisontal dengan regangan vertikal.

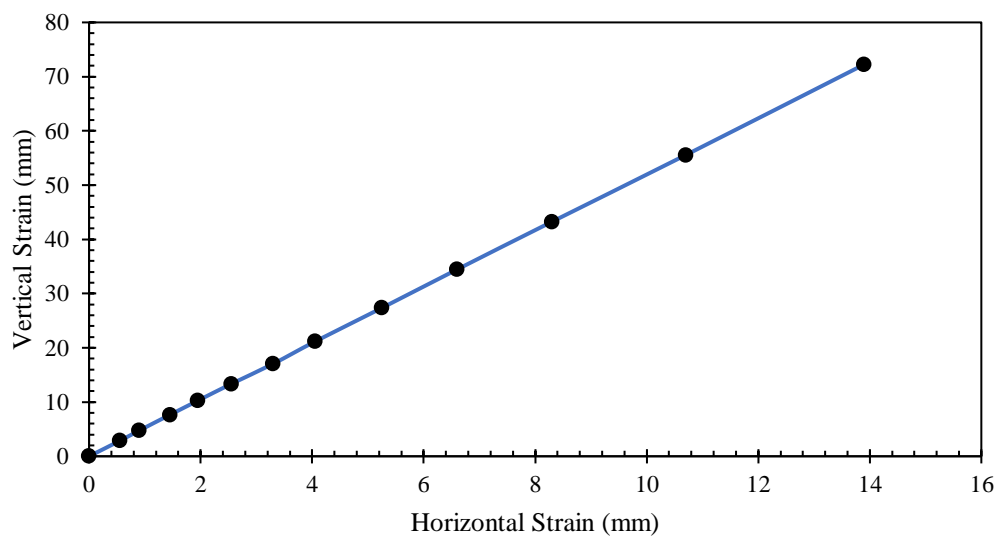


Gambar 12. Hubungan antara pembebanan elemen kolom dengan regangan vertical variasi 2



Gambar 13. Hubungan antara Stress elemen kolom dengan Strain

variasi 2

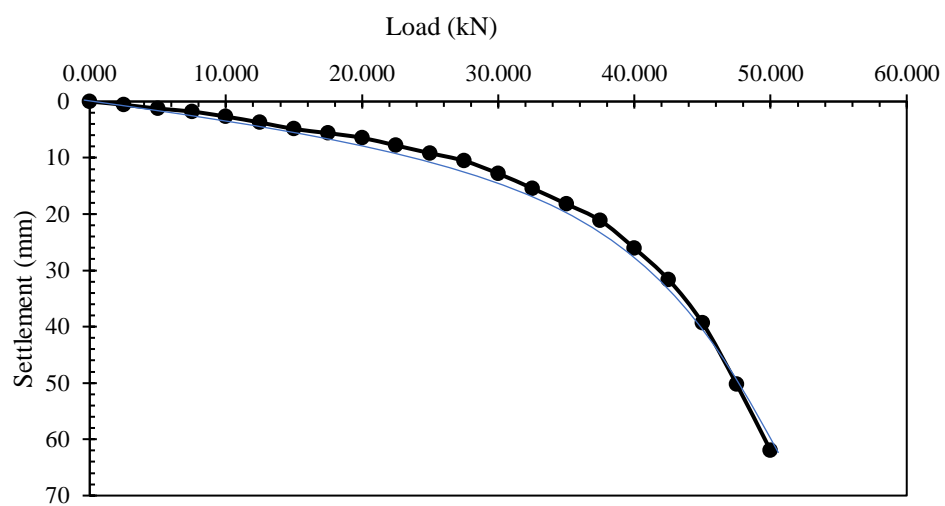


Gambar 14. Hubungan antara regangan horisontal dengan regangan

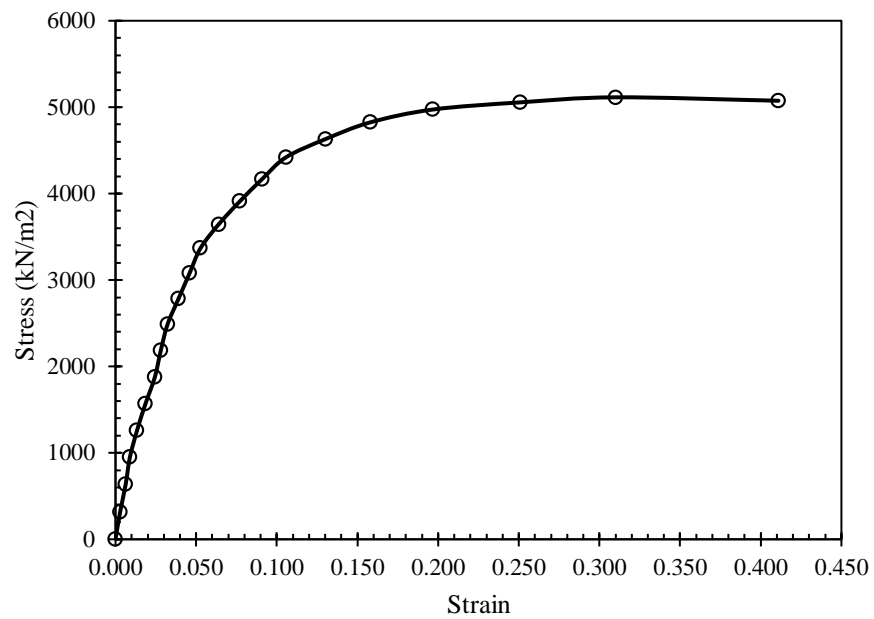
vertical variasi 2

3. Variasi 3

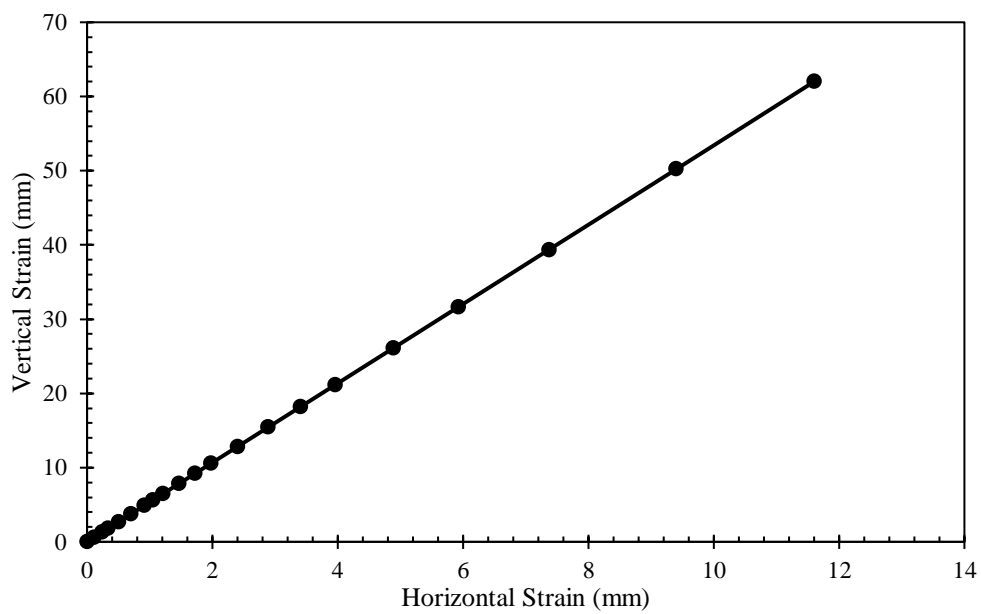
Berikut ini merupakan gambaran grafik variasi 3 seperti pada Tabel 5. Hubungan antara pembebanan elemen kolom dengan regangan, Hubungan antara Stress elemen kolom dengan Strain, Hubungan antara regangan horisontal dengan regangan vertikal.



Gambar 15. Hubungan antara pembebanan elemen kolom dengan regangan vertical variasi 3



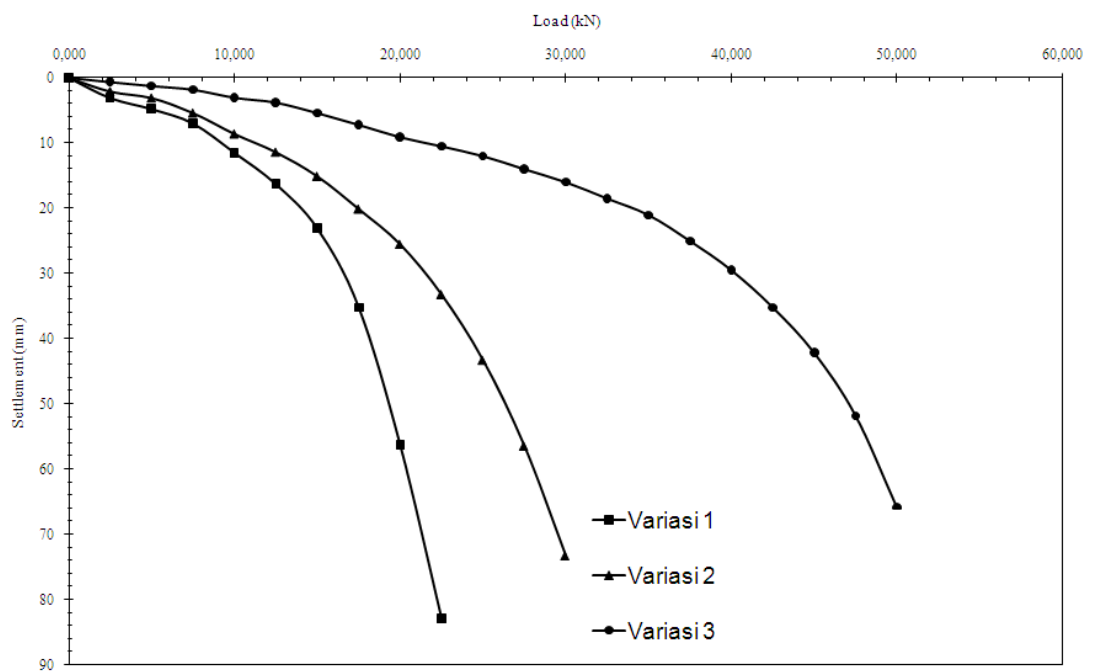
Gambar 16 . Hubungan antara Stress elemen kolom dengan Strain variasi 3



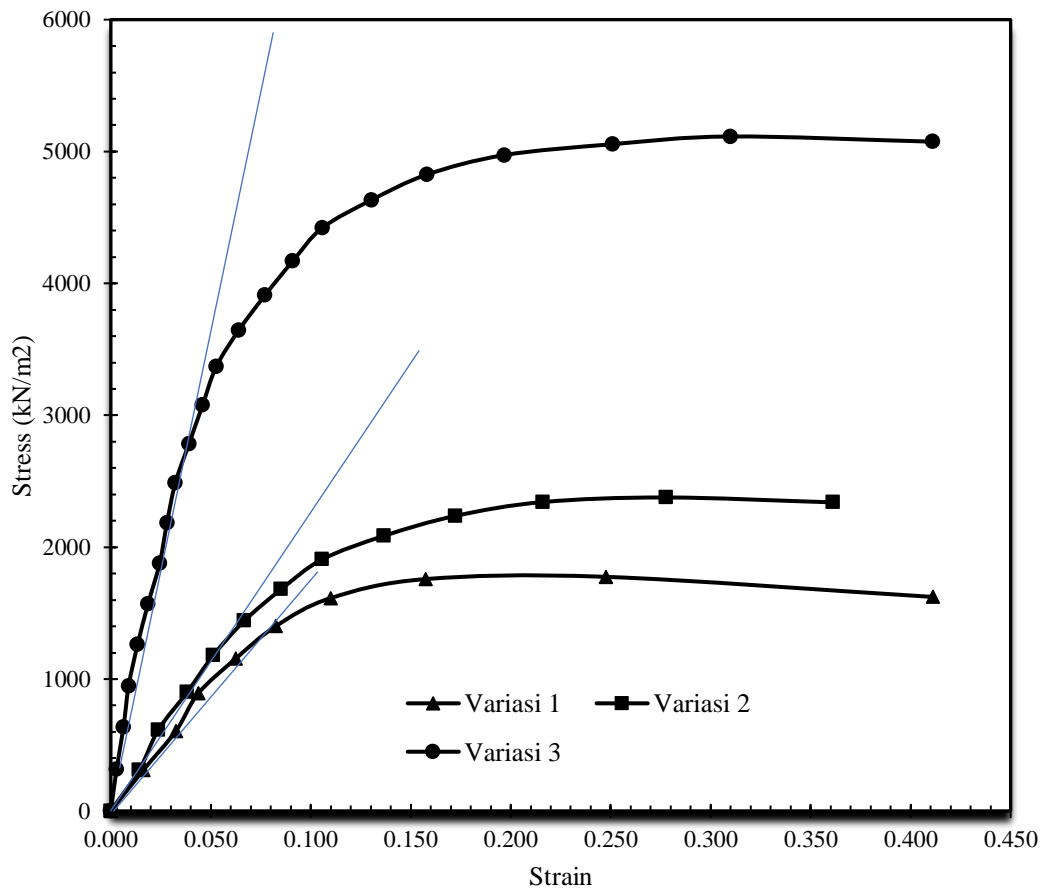
Gambar 17. Hubungan antara regangan horisontal dengan regangan vertical variasi 3

C. Rekapitulasi setiap variasi agregat kasar elemen kolom

Berikut ini merupakan gambaran grafik variasi 1, variasi 2, dan variasi 3, Hubungan antara pembebanan elemen kolom dengan regangan, Hubungan antara Stress elemen kolom dengan Strain, Hubungan antara regangan horisontal dengan regangan vertikal.

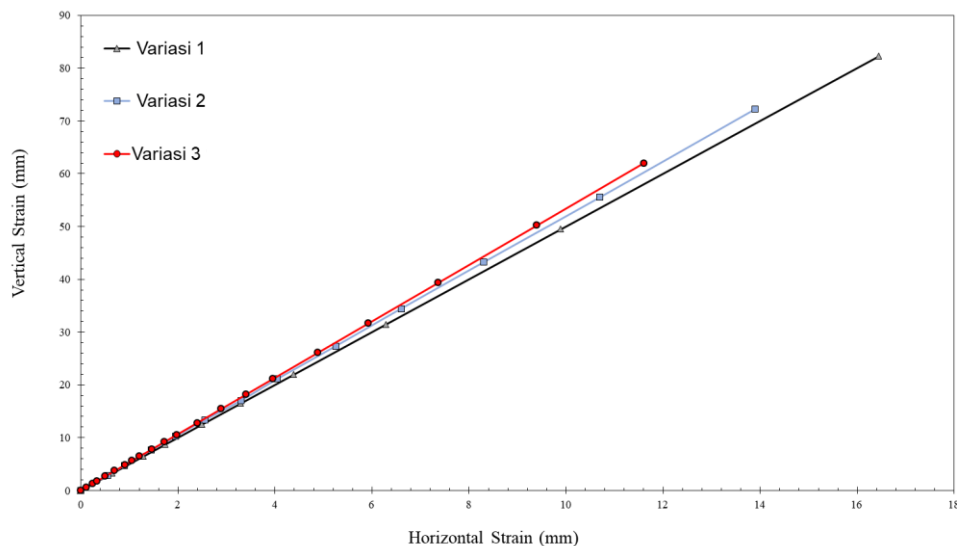


Gambar 18. Hubungan antara pembebanan elemen kolom dengan regangan vertical



Gambar 19. Hubungan antara Stress elemen kolom dengan Strain

Untuk menentukan parameter desain kekuatan elemen kolom agregat kasar, selanjutnya dibuat grafik hubungan antara regangan vertical dengan regangan horisontal pada elemen kolom, seperti berikut ini.



Gambar 20. Hubungan antara horisontal Strain dengan vertikal Strain

Dari gambar grafik diatas, maka dapat ditentukan kapasitas dukung, regangan vertikal, regangan horisontal, modulus elastisitas serta angka *poisson*, pada masing-masing variasi gradasi, seperti pada tabel berikut ini :

Variasi Gradasi	Kap. Dukung	Reg. Vert.	Reg. Hor.	Modulus Elastisitas	Poisson Ratio
	(kN)	(%)	(%)	($\times 10^3$ kN/m ²)	
Variasi 1	22,5	4,1	1,6	12,57	0,40
Variasi 2	30,0	3,6	1,3	23,47	0,38
Variasi 3	50,0	3,1	1,1	79,59	0,35

Tabel 5. Nilai kapasitas dukung, deformasi, modulus dan *poisson* ratio pada kolom

Jenis Tanah	Modulus Young (E_s) ($\times 10^3$ kN/m ²)	Angka Poisson (ν)
Loose Sand	10,35 - 24,15	0,20 - 0,40
Medium Dense Sand	17,25 - 27,60	0,25 - 0,40
Dense Sand	34,50 - 55,20	0,30 - 0,45
Silty Sand	10,35 - 17,25	0,20 - 0,40
Sand and Gravel	69,00 - 172,5	0,15 - 0,35
Soft Clay	2,07 - 5,18	0,20 - 0,50
Medium Clay	5,18 - 10,35	0,20 - 0,50
Stiff Clay	10,35 - 24,15	0,20 - 0,50

Tabel 6. Nilai Modulus Elastis dan Poiton Ratio (Das 1996)

Table 6 menunjukkan bahwa gradasi agregat variasi 3 mempunyai *poisson ratio* yang paling kecil dan kekuatan yang paling besar dibandingkan Variasi lainnya. Pada Table 7 berdasarkan (Das, 1996) berdasarkan Nilai Modulus Elastisitas dan poisson Rationya diketahui bahwa klasifikasi dari stone coloumn dengan kapasitas dukung paling tinggi yaitu pada variasi 3 adalah Sand and Gravel

BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan dapat dikemukakan beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Prilaku Beban/Penurunan Elemen kolom agregat kasar terhadap pembebanan statis di dapatkan Variasi 3 agregat dengan gradasi persentase lolos saringan ($1''$) < 15% < ($1\frac{1}{2}''$), ($\frac{3}{4}''$) < 25% < ($1''$), ($\frac{3}{8}''$) < 60% < ($\frac{3}{4}''$) menunjukkan penurunan performa kapasitas dukung paling tinggi yaitu saat Load mencapai 50 KN penurunan yang terjadi sebesar 62.00 mm atau 3.1% dari tinggi sampel uji.
2. Tegangan dan regangan Elemen kolom agregat kasar terhadap pembebanan statis di dapatkan Variasi 3 agregat dengan gradasi persentase lolos saringan ($1''$) < 15% < ($1\frac{1}{2}''$), ($\frac{3}{4}''$) < 25% < ($1''$), ($\frac{3}{8}''$) < 60% < ($\frac{3}{4}''$) menunjukkan penurunan performa kapasitas dukung paling tinggi yaitu saat tegangan mencapai 5114.02 kN/m² regangan yang terjadi sebesar 0.31
3. perbandingan deformasi vertikal dan horizontal Elemen kolom agregat kasar terhadap pembebanan statis menunjukkan keseragaman bentuk.

B. Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah diperoleh, maka penulis menjabarkan beberapa hal yang menjadi saran untuk penyempurnaan maupun peningkatan terhadap penelitian yang serupa, sebagai berikut:

1. Mengingat bahwa pengujian ini merupakan pengujian yang dilakukan berdasarkan skala laboratorium maka sebaiknya untuk menyempurnakan penelitian perlu diadakan pengujian dengan skala laboratorium.
2. Sebaiknya pengujian diadakan dengan metode yang mengaplikasikan dengan tanah lunak sehingga dapat diketahui pengaruh elemen kolom terhadap perkuatan tanah lunak
3. Perlu adanya pengujian yang dilakukan di lapangan, untuk membandingkan hasil uji yang dilakukan dengan skala laboratorium.
4. Untuk *filler* kolom, perlu diuji juga pembebanan pada kolom dengan isian Agregat Buatan yang bervariasi dalam satu kolom. Untuk menentukan kombinasi variasi bentuk agregat buatan pada satu kolom yang dapat menghasilkan kapasitas dukung yang paling maksimal.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad, Malik, 2010, Kajian Karakter Indirect Tensile Strength Asphalt Concrete Recycl Dengan Campuran Aspal Penetrasi 60/70 Dan Residu Oli Pada Campuran Hangat, Tugas Akhir, Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Sebelas Maret.
- ASTM C33-74a, Standard Specification for Concrete Aggregate. (1976). "Annual Books of ASTM Standards". Philadelphia-USA
- ASTM D 4439 – 04 (2004) "Standar Terminology for Geosynthetics" "Annual Books of ASTM Standards". Philadelphia-USA
- Darwis. (2017). *Dasar-dasar teknik perbaikan tanah*. Yogyakarta: Pustaka AQ.
- Das, B. M (1995). *Mekanika Tanah (Prinsip-Prinsip Rekayasa Geoteknis Jilid 1)*. Jakarta: Erlangga
- J Black, et al (2007) *Performance of clay samples reinforced with vertical granular columns*.
- Kempfert, H.G. (2001). "Practical Aspects of the Design of Deep Geotextile Coated Sand Columns for the Foundation of a Dike on Very Soft Soil" Landmarks in Earth Reinforcement, @ 2001 Swets & Zeitinger, ISBN 90 2651 863 3.
- Lube, Gert et al. (2004). *Axisymmetric collapses of granular columns*

- Mochtar. B, Indrasurya. 2000. Teknologi Perbaikan Tanah dan Alternatif Perencanaan Pada Tanah Bermasalah (Problematic Soils). Surabaya : Jurusan Teknik Sipil-FTSP ITS
- Samang el al (2013) *Behavior of Soft-clay Settlement with Sand Column Reinforcement*
- Samang el al (2012) *Test Model for Bearing Capacity of Cement Grouted Sand Column of Group Type in Sandy Silt*
- Samang el al (2014) *The Effect of Sand Column in The Road Embankment on Soft Soil.*
- Sardjono, H.S. (1991). "Pondasi Tiang Pancang II", Sinar Wijaya, Surabaya.
- Terzaghi, Karl, & Ralph. (1967). *Mekanika Tanah Dalam Praktek Rekayasa Jilid 2*. Jakarta : Erlangga.
- Thompson, Erica. L and Huppert, H. E (2007) *Granular column collapses : further experimental results*
- Toha, F. X. 1989. "Karakteristik Konsolidasi Lempung Lunak Banjarmasin". National Symposium on Soft Soil and Landslides. HATTI, Bandung

LAMPIRAN

A. Dokumentasi Pengujian







