

**DESERTASI**

**STUDI EKSPERIMENTAL KAPASITAS DUKUNG KOLOM  
BETON GRANULAR ASPHALT BUTON AKTIVASI ALKALIN  
PADA TANAH LUNAK**

*(Experimental Study on Bearing Capacity of Alkaline Activated  
Granular Asphalt Concrete Columns on Soft Soils)*

**ERDAWATY  
P0800316411**



**PROGRAM DOKTORAL DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS HASANUDDIN  
2021**

## KATA PENGANTAR

*Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh*

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah *Subhanahu Wata'ala* karena atas berkat dan rahmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Desertasi yang berjudul "STUDI EKSPERIMENTAL KAPASITAS DUKUNG KOLOM BETON GRANULAR ASPHALT BUTON AKTIVASI ALKALIN PADA TANAH LUNAK". Dan tak lupa kami kirimkan shalawat serta salam kepada Nabi Muhammad *Shallallahu Alaihi Wasallam* sebagai idola terbaik sepanjang zaman serta para sahabat dan keluarga beliau dan orang-orang yang senantiasa istiqomah di jalan Islam ini.

Ucapan terima kasih disampaikan kepada semua pihak yang telah membantu Kami, baik secara langsung maupun tidak langsung dalam penyusunan Disertasi ini. terkhusus kepada Bapak Dr. Eng. Tri Harianto, selaku ketua komisi penasehat (Promotor), serta Bapak Ir. H. Achmad Bakri Muhiddin, Msc, Ph.D dan Bapak Dr. Eng. Ardy Arsyad, ST. M.Eng.Sc selaku anggota komisi penasehat (Co-promotor), yang telah banyak membantu memberikan dorongan, bimbingan, nasehat serta arahan sehingga penelitian ini dapat terselesaikan dengan baik. Ucapan terima kasih turut Kami haturkan kepada LPDP (Lembaga Pengelola Dana Pendidikan) yang telah menjadi sponsor dalam pelaksanaan pendidikan Doktor pada Program Pasca Sarjana Universitas Hasanuddin. Tak lupa ucapan terima kasih kepada Dosen-dosen serta staf pengajar di lingkungan Pascasarjana Teknik Sipil Fakultas Teknik

Desertasi ini dibuat sebagai salah satu syarat yang harus dipenuhi dalam menyelesaikan studi strata tiga pada Departemen Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin. Dalam proses penyusunan laporan ini, tidak dapat dipungkiri banyaknya kesulitan yang dihadapi oleh penulis. Namun dengan berkat dukungan dan bantuan dari berbagai pihak, penulis pun mampu menghadapi kesulitan tersebut

Makassar. 3 Februari 2021

ERDAWATY

## LEMBAR PENGESAHAN

### STUDI EKSPERIMENTAL KAPASITAS DUKUNG KOLOM BETON GRANULAR ASPHALT BUTON AKTIVASI ALKALIN PADA TANAH LUNAK

Disusun dan diajukan oleh

**ERDAWATY**

**P0800316411**

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka  
Penyelesaian Studi Program Doktor Program Studi Teknik Sipil

Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin

Pada tanggal 5 Februari 2021

dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui,  
Promotor

Dr. Eng. Tri Harianto, S.T., M.T.  
NIP: 19720309 200003 1 002

Co Promotor,

Ir. H. Achmad Bakri Muhiddin, Msc., Ph.D  
NIP: 19600730 198603 1 003

Ketua Program Studi  
S3 Teknik Sipil

Prof. Ir. Sakti Adji A., MS., M.Eng.Sc., Ph.D  
NIP: 19640422 199303 1 001

Co Promotor,

Dr. Eng. Ardy Arsyad, ST., M.Eng, Sc  
NIP: 19760707 200501 1 002

Dekan Fakultas Teknik  
Universitas Hasanuddin

Prof. Dr. Ir. H. M. Arsyad Thaha, MT  
NIP: 19601231 198609 1 001

## PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan di bawah ini;

Nama : Erdawaty  
NIM : P0800316411  
Program studi : Ilmu Teknik Sipil  
Jenjang : S3

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul

### **“STUDI EKSPERIMENTAL KAPASITAS DUKUNG KOLOM BETON GRANULAR ASPHALT BUTON AKTIVASI ALKALIN PADA TANAH LUNAK”**

Adalah karya tulisan saya sendiri dan bukan merupakan pengambilan alihan tulisan orang lain dan bahwa disertasi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri. Apabila dikemudian hari terbukti atau dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan Disertasi ini hasil karya orang lain, saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Makassar, 5 Februari 2021

Yang menyatakan

  
The stamp is a rectangular meterai (stamp) with the text 'METERAI KEMPEL' at the top, 'TGL. 20' below it, and the number '6000' in large digits. Below the number is 'RIBU RUPIAH'. There is a small logo of Garuda Pancasila on the right side of the stamp. A handwritten signature is written over the stamp.

Erdawaty

## **ABSTRAK**

Erdawaty, Studi Eksperimental Kapasitas Dukung Kolom Beton Granular Asphalt Beton Aktivasi Alkalin pada tanah lunak (Promotor, copromotor oleh Tri Harianto, A.B. Muhiddin, Ardy Arsyad).

Dalam teknik sipil, material alternatif menunjukkan kemajuan yang pesat. Aspal yang berasal dari Pulau Buton di Indonesia atau dikenal juga dengan nama Asbuton terdapat di lapisan batuan kapur. Deposit besar Asbuton dapat menjamin pasokan bahan konstruksi alternatif. Sehubungan dengan itu, performa Asbuton sebagai salah satu material alternatif untuk beberapa penggunaan perlu dianalisis. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk menganalisis perilaku Asbuton sebagai pengisi dalam model floating column sebagai konsep perbaikan tanah lunak. Asbuton ditambahkan pada campuran pasir dan kerikil sebagai pengisi dan waterglass sebagai pengikat. Sampel CBR diuji untuk mendapatkan komposisi optimum dengan variasi hari curing 0, 3, dan 7 hari mengikuti ASTM D-1883, dilanjutkan dengan uji model kolom tekan berbasis ASTM D-2166. Terakhir, kolom diaplikasikan pada lapisan tanah lunak untuk diuji pembebanan, dan hasilnya kemudian dibandingkan untuk setiap komposisinya. Hasil penelitian menunjukkan bahwa komposisi bahan granular yang meliputi Asbuton, kandungan waterglass, dan lama pemeraman berpengaruh signifikan terhadap sifat mekanis kolom buatan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kolom granular dengan Asbuton dengan penambahan waterglass dapat meningkatkan kapasitas beban tanah dan mengurangi penurunan tanah lunak pada saat pembebanan.

Kata kunci: California Bearing Ratio (CBR); Tanah Lunak; Asbuton; Kolom Batu; Aktivasi Alkaline

## ABSTRACT

Erdawaty, Experimental study on Bearing Capacity of alkaline Activated Granular Asphalt concrete columns on soft soils (supervised by Tri Harianto, A.B, Muhiddin, ArdyArsyad).

In civil engineering, alternative materials showed rapid progress. Asphalt derived from Buton Island in Indonesia, also known as Asbuton, was located in the limestone bedrock. A large deposit of Asbuton could guarantee the supply of alternative construction materials. In that regard, Asbuton performance as an alternative material to several subjects needs to be analyzed. Therefore, this study was conducted to analyze Asbuton's behavior as a filler in a floating column model as a soft soil improvement concept. Asbuton added to sand and gravel mixture as filler and waterglass as a binder. CBR samples were tested to acquire the optimum composition with varied curing days namely 0, 3, and 7 days, following ASTM D-1883, followed by a compressive column model test which was based on ASTM D-2166. Finally, the column applied to the soft soil layer to be tested in a loading test, and the results are then compared for each composition. The results showed that the granular material's composition including Asbuton, the waterglass content, and the curing period significantly affect the engineering properties of the artificial column. The results revealed that the granular column with Asbuton with the addition of waterglass could increase soil's load capacity and reduce the settlement of soft soils.

*Keywords:* California Bearing Ratio (CBR); Soft Soils; Asbuton; Stone Column; Alkaline Activate

## DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR .....	ii
DAFTAR ISI .....	vii
DAFTAR GAMBAR .....	ix
DAFTAR TABEL .....	xii
BAB I.....	1
PENDAHULUAN.....	1
A. Latar Belakang.....	1
B. Rumusan Masalah.....	3
C. Tujuan Penelitian .....	4
D. Manfaat Penelitian .....	5
E. Batasan Masalah .....	5
F. Sistematika Penulisan.....	6
BAB II.....	8
TINJAUAN PUSTAKA.....	8
A. Isu Strategis Infrastruktur Konstruksi Dengan Perkuatan Kolom Asbuton Pada tanah Lunak.....	8
1. Beton Dan Kolom.....	8
2. Identifikasi Tanah Lunak .....	10
3. Struktur Mineral Tanah Lunak.....	10
4. Asphalt Buton .....	11
B. Utilisasi Kolom Elastis Pada Perkuatan Tanah Lunak .....	16
1. Agregat .....	19
2. Gradasi .....	20
C. Prinsip Desain Kolom dengan Perkuatan Tanah Lunak .....	20
D. Matriks Penelitian Terdahulu .....	28
E. Kerangka Konsep Penelitian.....	45
BAB III.....	46
METODOLOGI PENELITIAN.....	46
A. Lokasi dan Deskripsi Wilayah Penelitian .....	46

B.	Pengambilan Data dan Sampel .....	46
C.	Rancangan Uji dan Model Fisik .....	51
1.	Pengujian Tanah , Sirtu ( Fisik dan Mekanis ) dan Mikrostruktur Asbuton .....	52
2.	Uji Perilaku Mikrostruktur .....	54
3.	Uji Elemen Kekuatan Asbuton Granular Sirtu Dengan Alkali .....	55
D.	Analisa Data .....	59
E.	Definisi Operasional Variabel Penelitian .....	60
1.	Parameter Pengujian Karakteristik Fisik dan Mekanik Tanah .....	60
2.	Parameter Uji Mineralogi dan Mikrostruktur Tanah .....	60
3.	Parameter Model Fisik .....	61
BAB IV	.....	62
HASIL DAN PEMBAHASAN	.....	62
A.	KARAKTERISTIK DASAR/PROPERTIES SIRTU DAN ASBUTON .....	62
B.	KARAKTERISTIK MIKROSTRUKTUR ASBUTON .....	68
C.	MIX DESIGN ELEMEN KOLOM SIRTU .....	69
D.	KARAKTERISTIK MEKANIS SIRTU STABILISASI ASBUTON DAN WATERGLASS .....	73
E.	KARAKTERISTIK MEKANIS ELEMEN KOLOM SIRTU STABILISASI ASBUTON DAN WATERGLASS .....	79
F.	UJI MODEL TANAH LUNAK PERKUATAN KOLOM SIRTU ASBUTON DENGAN VARIASI WATERGLASS .....	91
G.	PERBANDINGAN PENURUNAN KOLOM DENGAN METODE VESIC .....	100
H.	Temuan Empirik Penelitian .....	106
BAB V	.....	108
KESIMPULAN DAN SARAN	.....	108
A.	Kesimpulan .....	108
B.	Saran .....	109
DAFTAR PUSTAKA	.....	111



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Petapenyebaran Endapan Asphalt Buton.....	12
Gambar 2. Waterglass dalam bentuk kemasan .....	23
Gambar 3. Mekanisme kerja perkuatan geogrid .....	28
Gambar 4. Kerangka konsep penelitian.....	45
Gambar 5. Lokasi Pengambilan Sampel Asbuton .....	46
Gambar 6. Lokasi Pengambilan sampel Granular Asbuton Lawele.....	47
Gambar 7. Kerangka alir penelitian.....	52
Gambar 8. Alat Uji a) <i>Unconfined Compression Strength</i> , b) CBR Test .....	54
Gambar 9. Alat Uji a) <i>SEM</i> , b). <i>XRD</i> , c). <i>EDS</i> .....	55
Gambar 10. Uji Elemen Kolom Granular Asbuton dan Sirtu dengan Perkuatan Geogrid.....	56
Gambar 11. Skema Uji Model Kolom.....	57
Gambar 12. Model Tabung Silinder .....	58
Gambar 13. Uji Model Kolom .....	59
Gambar 14. Grafik Distribusi Butiran .....	64
Gambar 15. Hubungan Antara Berat Isi Kering dan Kadar Air Sirtu .....	65
Gambar 16. Grafik Distribusi Butiran Asbuton .....	66
Gambar 17. Hubungan Antara Berat Isi Kering dan Kadar Air Asbuton... ..	67
Gambar 18. Spektrum Mikrograf Asbuton ( <i>SEM EDS</i> ) .....	68
Gambar 19. Hubungan Antara Kadar Air dan Berat Isi Kering Terhadap Variasi Gradasi .....	70
Gambar 20. Pengaruh Gradasi Terhadap Perubahan Kadar Air Optimum Dan Berat Isi Kering Maksimum.....	71
Gambar 21. Rekapitulasi Variasi Gradasi Terhadap Nilai CBR .....	72
Gambar 22. Rekapitulasi Variasi Gradasi Terhadap Nilai CBR .....	72
Gambar 23. Uji CBR Kerikil dan Pasir .....	72
Gambar 24 Pengaruh Penambahan Waterglass Terhadap Nilai CBR pada Mekanisme Asbuton Sirtu dengan Pemeraman 0 Hari .....	75
Gambar 25. Pengaruh Penambahan Waterglass Terhadap Nilai CBR mekanisme Asbuton Sirtu Dengan Pemeraman 3 Hari.....	76
Gambar 26. Pengaruh Penambahan Waterglass Terhadap Nilai CBR mekanisme Asbuton Sirtu Dengan Pemeraman 7 Hari.....	77
Gambar 27. Rekapitulasi Nilai CBR Terhadap Variasi Waterglass dan Masa Pemeraman.....	78
Gambar 28. Hubungan Antara Beban dan Deformasi Terhadap Spesimen Elemen Kolom 2% Waterglass.....	80
Gambar 29. Hubungan Antara Tegangan dan Regangan Terhadap Spesimen Elemen Kolom 2% Waterglass.....	80
Gambar 30. Perbandingan Antara Deformasi Vertikal dan Horizontal Spesimen Elemen Kolom 2% Waterglass.....	81

Gambar 31. Hubungan Antara Beban dan Deformasi Terhadap Spesimen Elemen Kolom 4% Waterglass.....	82
Gambar 32. Hubungan Antara Tegangan dan Regangan Terhadap Spesimen Elemen Kolom 4% Waterglass.....	82
Gambar 33. Perbandingan Antara Deformasi Vertikal dan Horizontal Spesimen Elemen Kolom 4% Waterglass.....	83
Gambar 34. Hubungan Antara Penurunan dan Beban Terhadap Spesimen Elemen Kolom 6% Waterglass.....	84
Gambar 35. Hubungan Antara Tegangan dan Regangan Terhadap Spesimen Elemen Kolom 6% Waterglass.....	85
Gambar 36. Perbandingan Antara Deformasi Vertikal dan Horizontal Spesimen Elemen Kolom 6% Waterglass.....	85
Gambar 37. Rekapitulasi Hubungan Antara Penurunan dan Beban Terhadap Spesimen Elemen Kolom Variasi Waterglass.....	86
Gambar 38. Rekapitulasi Hubungan Antara Tegangan dan Regangan Terhadap Spesimen Elemen Kolom Variasi Waterglass.....	87
Gambar 39. Rekapitulasi Perbandingan Antara Deformasi Vertikal dan Horizontal Spesimen Elemen Kolom Variasi Waterglass.....	88
Gambar 40. Uji Elemen Kolom.....	90
Gambar 41. Diagram Deformasi Akibat Pembebanan Statis Pada Tanah Lunak.....	91
Gambar 42. Diagram Keruntuhan Tanah Lunak Akibat Pembebanan Statis Per Fase Beban.....	92
Gambar 43. Diagram Deformasi Akibat Pembebanan Statis Pada Tanah Lunak Perkuatan Kolom Sirtu Asbuton dengan 2% Waterglass.....	93
Gambar 44. Diagram Keruntuhan Tanah Lunak Perkuatan Kolom Sirtu Asbuton dengan 2% Waterglass Akibat Pembebanan Statis Per Fase Beban.....	94
Gambar 45. Diagram Deformasi Akibat Pembebanan Statis Pada Tanah Lunak Perkuatan Kolom Sirtu Asbuton dengan 4% Waterglass.....	95
Gambar 46. Diagram Keruntuhan Tanah Lunak Perkuatan Kolom Sirtu Asbuton dengan 4% Waterglass Akibat Pembebanan Statis Per Fase Beban.....	96
Gambar 47. Diagram Deformasi Akibat Pembebanan Statis Pada Tanah Lunak Perkuatan Kolom Sirtu Asbuton dengan 6% Waterglass.....	97
Gambar 48. Diagram Keruntuhan Tanah Lunak Perkuatan Kolom Sirtu Asbuton dengan 6% Waterglass Akibat Pembebanan Statis Per Fase Beban.....	98
Gambar 49. Diagram Rekapitulasi Deformasi Akibat Pembebanan Statis Pada Tanah Lunak Perkuatan Kolom Sirtu Asbuton dengan Variasi Waterglass.....	99
Gambar 50. Perbandingan Penurunan Kolom Granular dengan 2% Waterglass dan Penurunan dengan Metode Vesic.....	101

Gambar 51. Perbandingan Penurunan Kolom Granular dengan 4% Waterglass dan Penurunan dengan Metode Vesic .....	101
Gambar 52. Perbandingan Penurunan Kolom Granular dengan 6% Waterglass dan Penurunan dengan Metode Vesic .....	102
Gambar 53. Perbandingan Penurunan Kolom Granular dan Penurunan dengan Metode Vesic .....	103
Gambar 54. Rekapitulasi Diagram Keruntuhan Tanah Lunak Perkuatan Kolom Sirtu Asbuton dengan Variasi Waterglass Akibat Pembebanan Statis Per Fase Beban .....	104
Gambar 55. Uji Model Asbuton Sirtu Pada Tanah Lunak .....	106

## DAFTAR TABEL

Tabel 1. Deposit Asphalt Buton.....	13
Tabel 2. Karakteristik Water Glass dengan Analisis Kimia .....	23
Tabel 3. Matriks Penelitian Terdahulu.....	35
Tabel 4. Daftar Alat-Alat dan Gambar Pengujian.....	48
Tabel 5. Rencana Mix Design Variasi Gradasi .....	54
Tabel 6. Rencana Mix Design Penambahan Asbuton dan Waterglass....	54
Tabel 7. Parameter Uji dan Standar Pengujian Fisik dan Mekanik .....	60
Tabel 8. Rekapitulasi Hasil Pemeriksaan Karakteristik Sirtu.....	62
Tabel 9. Klasifikasi Tanah Berdasarkan USCS.....	63
Tabel 10. Rekapitulasi Properties Asbuton .....	65
Tabel 11. Klasifikasi Tanah Berdasarkan USCS.....	66
Tabel 12. Struktur Kimia Asbuton .....	68
Tabel 13. Mix Design Elemen Kolom Sirtu.....	69
Tabel 14. Rekapitulasi Hasil Pengujian Standard Proctor Variasi Gradasi .....	70

# BAB I

## PENDAHULUAN

### A. Latar Belakang

Tanah adalah pondasi pendukung suatu bangunan, atau bahan konstruksi dari bangunan itu sendiri seperti halnya pada bendungan, dan juga sebagai sumber penyebab gaya luar pada bangunan, seperti dinding penahan tanah. Tanah berperan pada setiap pekerjaan teknik sipil dalam mempelajari sifat dasarnya, seperti asal usulnya, penyebaran ukuran butiran, kemampuan mengalirkan air, sifat pemampatan (*compressibility*), kekuatan geser, dan kapasitas daya dukung terhadap beban.

Tanah akan mengalami pembebanan seperti beban pondasi, tanah akan mengalami distorsi dan penurunan. Semakin dalam kedalaman tanah (tiang semakin panjang), maka semakin besar pula kapasitas dukungnya. Semakin panjang tiang juga menyebabkan semakin besar penurunan akibat deformasi axial tiang, hal ini disebabkan kapasitas dukung ujung tiang semakin besar (Agus Rifan et al,1997).

Secara umum permasalahan pada konstruksi di atas tanah lunak,terjadinya geseran (*shearing*). Mekanisme hilangnya keseimbangan terjadi pada tanah dengan daya dukung rendah, diakibatkan dari beban berat tanah itu sendiri. Permasalahan lain biasanya berupa tolakan ke atas (*uplift*) yang banyak terjadi pada lapisan lempung (*clay*) dan lanau

(*silt*) akibat perbedaan tekanan air, juga dapat mengakibatkan terjadinya penurunan permukaan (*settlement*).

Pertambahan daya dukung tanah dapat dicapai dengan mengubah sifat-sifat tanah dari sudut geser tanah ( $\phi$ ), kohesi ( $c$ ) dan berat satuannya ( $\gamma$ ). Penurunan dapat direduksi dengan menambahkan kerapatan rongga dari pemampatan partikel tanah. Perancangan suatu pondasi harus mempertimbangkan adanya keruntuhan geser dan penurunan yang berlebihan. Maka perlu dipenuhi dua kriteria dalam perkuatan daya dukung tanah, yaitu kriteria stabilitas dan penurunan.

Pondasi tiang dikatakan aman apabila beban yang diteruskan pondasi ke tanah tidak melampaui kekuatan tanah tersebut. Apabila kekuatan tanah terlampaui maka pondasi akan mengalami keruntuhan. Keruntuhan tekuk dapat terjadi apabila kondisi tanah sangat lembek dimana tiang hanya bertumpu pada tanah keras dan tanah disekitar tiang tidak memberikan jepitan sehingga tiang berperilaku seperti kolom dengan tumpuan sendi (*Hendry, 2014-2015*)

Asphalt Buton merupakan Batu Kapur atau Batu Pasir yang diresapi aspal. Berdasarkan teori kejadiannya, endapan aspal yang meresap pada formasi batu kapur atau batu pasir sebelumnya merupakan endapan minyak bumi yang muncul kepermukaan akibat tektonik. Asphalt Buton merupakan aspal alam yang terdapat di Pulau Buton dengan deposit sangat besar yang dapat dimanfaatkan sebagai bahan jalan karena disamping mengandung bitumen, mineralnya pun memiliki

kandungan kapur ( $\text{CaCO}_3$ ) yang cukup tinggi yaitu sekitar 70% - 80%. Saat ini ada beberapa produsen yang mengembangkan Produk asbuton murni (kandungan mineralnya < 1%) yang diharapkan dapat menggantikan aspal minyak. Untuk itu, bitumen & mineral asbuton tersebut apabila tidak dimanfaatkan akan mengganggu lingkungan dimasa yang akan datang. Dengan permasalahan tersebut di atas, perlu penelitian tentang Kuat Tekan Campuran Beton Kolom Granular Aspal Buton Aktifator Alkali Pada Tanah Lunak (Neni, 2008).

Pada naskah ini disajikan hasil kajian laboratorium tentang pengaruh penggunaan kolom beton granular asphalt buton terhadap kekuatan daya dukung tanah lunak dan hasil validasi data akan dihitung dengan analisa numerik. Dimana kolom granular asphalt adalah suatu model kolom yang terbuat dari campuran granular asphalt buton, agregat kasar yang tergradasi, material aktivasi dengan perkuatan geogrid yang terjadi pengikatan pada antar butiran disekitar area kolom.

Atas dasar pertimbangan teori yang akan dilakukan penelitian dilaboratorium maka peneliti mengambil tema Studi eksperimental Kapasitas Dukung Kolom Beton Granular Asphalt Buton Aktivasi Alkalin pada Tanah Lunak.

## **B. Rumusan Masalah**

Masalah yang dikaji dalam penelitian ini dijabarkan dalam rumusan masalah sebagai berikut :

1. Bagaimana karakteristik fisik, mekanis, mikrostruktur Asphalt Buton Alam Granular ?
2. Bagaimana daya dukung Campuran Kolom Sirtu Granular Aspal Buton Aktivator Alkali?
3. Bagaimana Uji Model Kapasitas dukung Kolom Sirtu Granular Aspal Buton Aktivator Alkali?

### **C. Tujuan Penelitian**

Secara umum penelitian ini bertujuan untuk memperkaya wawasan tentang stabilisasi tanah. Sehingga diharapkan semakin luasnya kemungkinan usaha stabilisasi tanah terutama bagi kegunaan dilapangan. Secara khusus penelitian ini ingin mengetahui bagaimana pengaruhkuat tekan granular asphalt alam buton dalam berbagai variasi penambahan alkali sebagai aktifator terhadap stabilisasi tanah setelah diperam dalam berbagai variasimasa pemeraman. Secara rinci penelitian ini mempunyai tujuan sebagai berikut:

1. Mendapatkan Karateristik fisik, mekanis, mikrostruktur Aspal Buton Alam Granular.
2. Menganalisis daya dukung Campuran Sirtu Granular Aspal Buton Aktivator Alkali.
3. Menghasilkan Uji Model Kapasitas dukung Kolom Sirtu Granular Aspal Buton Aktivator Alkali



#### **D. Manfaat Penelitian**

Manfaat dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Mengatasi serta memperbaiki material struktur lapis tanah lunak yang lebih efektif serta memenuhi syarat dan parameter pada tanah lunak.
2. Menjadi referensi bahwa Asphalt Alam Buton dapat dijadikan sebagai kolom untuk dapat dikembangkan dan digunakan dalam berbagai pemanfaatan.
3. Memberikan solusi bagi pihak akademisi dan pemerintah dalam penyediaan material kolom grouting dan bahan konstruksi lainnya sebagai sumber daya alam daerah.

#### **E. Batasan Masalah**

Agar penelitian dapat berjalan efektif dan mencapai sasaran yang diinginkan maka penelitian dibatasi pada :

1. Pada penelitian ini digunakan material Asphalt Alam Buton dan Alkali yaitu waterglass sebagai bahan pengikat
2. Menggunakan bahan material tanah berasal dari Kabupaten Gowa.
3. Bahan perkuatan dalam penelitian ini dipakai agregat kasar dan pasir dari Kabupaten Gowa
4. Metode test yang dipergunakan adalah berdasarkan metode ASTM dan SNI.

5. Alam Buton berasal dari lawele wilayah Kabupaten Buton .
6. Efek skala pada model yang digunakan diabaikan.
7. Metode prapembebanan (*preloading*), untuk melihat besaran kekuatan dan daya dukung tanah serta sifat pemampatannya, dalam penurunan/keruntuhan yang terkendali pada umur 7 (tujuh) hari terhadap kedalaman kolom beton granular dan plat bearing.
  - a. Kedalaman Kolom Beton Granular :
    - (1) Kedalaman  $H_1 = 30$  cm
  - b. Variasi Plat Bearing :
    - (1) Plat Bearing  $T = 1,2$  cm dengan  $D = 15$  cm.
8. Hasil validasi data dihitung dengan analisa numerik yang merupakan program elemen hingga dalam menganalisa masalah geoteknik dalam perencanaan sipil.

#### **F. Sistematika Penulisan**

Gambaran umum mengenai isi penelitian ini, dapat dituliskan secara singkat sebagai berikut:

1. BAB I Pendahuluan  
Dijelaskan latar belakang penelitian, rumusan masalah menjelaskan permasalahan yang diamati dan dilaksanakan ,tujuan dan manfaat penelitian ini dilakukan, ruang lingkup sebagai batasan dalam penulisan, manfaat penelitian

menjelaskan poin keluaran penelitian serta sistematika penulisan tentang pengenalan isi per bab dalam penulisan ini.

## 2. BAB II Tinjauan Pustaka

Memaparkan teori dasar tentang sifat fisik, mekanis, klasifikasi, karakteristik dan mikrostruktur Tanah Lunak dan Asbuton, serta beberapa studi stabilisasi tanah dan gambar kerangka pikir penulisan.

## 3. BAB III Metodologi Penelitian

Menerangkan teknis penelitian yang dilakukan. menguraikan tentang urutan kerja dan tata cara kerja penelitian mulai dari pengambilan contoh Tanah Lunak dan Asbuton, pencampuran, dan uji model kolom.

## 4. BAB IV Hasil Penelitian

Menerangkan jadwal pelaksanaan penelitian dalam proses stabilisasi untuk perkuatan serta memberikan hasil pengujian yang akan dilaksanakan sesuai dengan metodologi penelitian serta analisa dari hasil pengujian tersebut.

## 5. BAB V Kesimpulan dan Saran

Menerangkan bahwa hasil yang telah dicapai disimpulkan dari rumusan masalah yang telah dihasilkan serta saran yang nanti diberikan untuk peneliti selanjutnya.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **A. Isu Strategis Infrastruktur Konstruksi Dengan Perkuatan Kolom**

##### **Asbuton Pada tanah Lunak**

###### **1. Beton Dan Kolom**

Beton secara luas sudah digunakan dalam bidang konstruksi. Dimana sifat yang penting dari beton adalah kuat menerima gaya tekan. Kekuatan beton sangat tergantung dari bahan pembentuknya. Selain hal tersebut, kekuatan beton juga tergantung dari komposisi campuran, pelaksanaan dan perawatan. Konstruksi dalam hal ini gedung terbentuk dari gabungan dari elemen diantaranya balok, kolom, plat. Kolom merupakan salah satu elemen yang terpenting pada suatu bangunan, selain balok, plat dan pondasi. Kolom merupakan elemen yang dominan menerima gaya tekan. Gaya yang diterima kolom merupakan hasil dari transfer dari beban lain yang bekerja pada struktur dan termasuk berat sendiri dari kolom. Kekuatan kolom menerima beban tergantung dari luas penampang dari kolom. Semakin besar penampang beton berarti kemampuan kolom pun semakin besar. Namun belakangan ini pada kolom bangunan banyak menggunakan lubang (rongga) pada kolom. Beton adalah campuran antara semen *portland* atau semen hidrolik yang lain, agregat halus, agregat kasar dan air, dengan atau tanpa bahan tambahan

yang membentuk masa padat (SNI-03-2847-2002). Lebih lanjut diinformasikan beton bertulang adalah beton yang ditulangi dengan luas dan jumlah yang tidak kurang dari nilai minimum yang disyaratkan dengan atau tanpa prategang, dan direncanakan berdasarkan asumsi bahwa kedua material bekerjasama-sama dalam menahan gaya yang bekerja. beton normal merupakan beton yang mempunyai berat isi 2200 kg/m<sup>3</sup> sampai 2500 kg/m<sup>3</sup> yang menggunakan agregat alam yang dipecah atau tanpa dipecah. SNI-03-2847-2002.

Kolom adalah komponen struktur dengan rasio tinggi terhadap dimensi lateral terkecil melebihi 3 (tiga) yang digunakan terutama untuk mendukung beban aksial. Kolom pedestal adalah komponen struktur tegak yang mempunyai rasio tinggi beban terhadap dimensi lateral terkecil rata-rata kurang dari 3 (tiga). Kemampuan kolom dalam memikul beban ditentukan berdasarkan beban aksial berfaktor yang bekerja pada semua lantai atau atap, kemudian kombinasi pembebanan yang menghasilkan rasio maksimum dari momen terhadap beban aksial juga harus diperhitungkan. Zuraidah, dkk (2012) menyatakan penurunan kuat tekan seiring luasan lubang yang digunakan. Lebih lanjut pada penelitian ini menggunakan benda uji silinder dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm. Adapun lubang yang digunakan adalah 2,2%; 3%; 4,5%; 9 % dari luas penampang silinder. Dari hasil penelitian didapat, adanya lubang 0% - 9 % dari luas penampang benda uji, kuat tekan beton mengalami penurunan secara signifikan. Pada lubang 2,2% kekuatan beton 328,23 kg/cm<sup>2</sup>

(menurun 16,76%), pada lubang 3% kekuatan beton 313,20 kg/cm<sup>2</sup> (menurun 20,57%), pada lubang 4,5% kekuatan beton 279,19 kg/cm<sup>2</sup> (menurun 29,19%), sedangkan pada lubang 9% kekuatan beton 224,53 kg/cm<sup>2</sup> (menurun 43,05%) dibandingkan dengan yang tanpa lubang (0%). Pada penelitian tidak dilakukan pengujian tarik belah untuk mengetahui kekuatan geser beton akibat adanya lubang.

## 2. Identifikasi Tanah Lunak

Tanah dengan karakter ekspansif ditemukan pada jenis tanah lempung (*clay*). Tanah lempung dapat diidentifikasi berdasarkan ukuran partikel, indeks plastisitas, batas cair dan kandungan mineral. ASTM Mmcn syatkan lebih dari 50% lolos saringan no. 200 (0,075 mm) dengan indeks plastisitas minimum 35%. Ukuran partikel kandungan mineral yang lazim dijumpa itertera dalam, pada tanah lempung yang berukuran partikel lebih kecil 0,2  $\mu$ m unsure yang dominan adalah *montmorillonite*, *beidellite* dan *illite*. Sedangkan tanah lempung yang berukuran partikel lebih besar dari 0,2  $\mu$ m unsur mineral yang dominan adalah *kaolinite*, *micas*, *illite* dan *felspar*.

## 3. Struktur Mineral Tanah Lunak

Pelapukan tanah akibat reaksi kimia menghasilkan susunan kelompok partikel berukuran koloid dengan diameter butiran lebih kecil dari 0,002 mm, yang disebut mineral lempung. Partikel lempung berbentuk seperti lembaran yang mempunyai permukaan khusus, sehingga lempung mempunyai sifat yang dipengaruhi oleh gaya-gaya permukaan. Terdapat kira-kira

15 macam mineral yang diklasifikasikan sebagai mineral lempung (Kerr, 1959). Diantaranya terdiri dari kelompok-kelompok : *montmorillonite*, *illite*, *kaolinite*, dan *polygorskite*. Terdapat pula kelompok lain, misalnya: *chlorite*, *vermiculite*, dan *halloysite*.

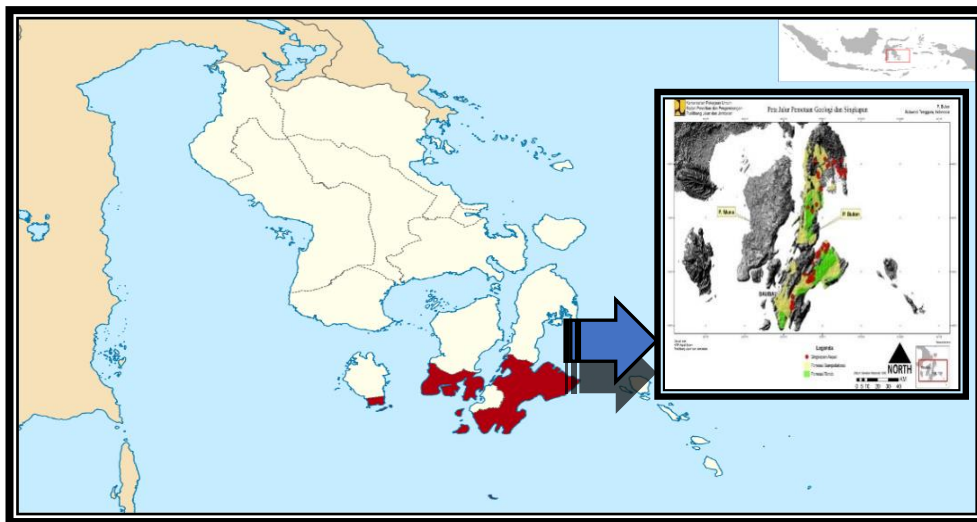
Dalam terminology ilmiah, lempung adalah mineral asli yang mempunyai sifat plastis saat basah, dengan ukuran butir yang sangat halus dan mempunyai komposisi berupa *hydrous aluminium* dan *magnesium silikat* dalam jumlah yang besar. Batas atas ukuran butir untuk lempung umumnya adalah kurang dari  $2\ \mu\text{m}$  ( $1\ \mu\text{m} = 0,000001\text{m}$ ), meskipun ada klasifikasi yang menyatakan bahwa batas atas lempung adalah  $0,005\text{m}$  (ASTM).

Menurut Das. Braja (1988), satuan struktur dasar dari mineral lempung terdiri dari silikat tetrahedron dan aluminium oktahedron. Jenis-jenis mineral lempung tergantung dari komposisi susunan satuan struktur dasar atau tumpuan lembaran serta macam ikatan antara masing-masing lembaran.

#### **4. Asphalt Buton**

Aspal alam yang terdapat di Pulau Buton merupakan campuran antara bitumen dan mineral. Aspal alam tersebut terbentuk akibat proses geologi dalam periode waktu yang lama dan berlangsung secara alamiah, yang disebabkan oleh minyak bumi yang terdorong muncul ke permukaan, menyusup di antara batuan yang porus. Jenis aspal alam yang terdapat di Pulau Buton ini adalah aspal batu ( Rock Asphalt ) yang terdapat di

daerah Kabungka dan aspal lunak yang terdapat di daerah Lawele. Total deposit aspal alam Pulau Buton diperkirakan tidak kurang dari sekitar 300 hingga 600 juta ton. Laporan rinci pertama mengenai geologi Buton disusun oleh Hetzel pada tahun 1936. Deposit asbuton di Kabungka diperkirakan 312 juta ton dengan kadar mineral rata-rata 80%, sedangkan deposit asbuton di Lawele diperkirakan 99,5 juta ton dengan kadar mineral rata-rata 78% (Alberta, 1989)



Gambar 1. Petapenybaran Endapan Asphalt Buton  
(Sumber:Peta Geologi Daerah Lembar Buton).

Mineral asbuton pada umumnya terdiri dari batuan dasar batu kapur. Berdasarkan jenis mineralnya asbuton dapat dibedakan menjadi dua, yaitu:

- a. mineral dari kapur globigerine (fosil binatang laut): bentuk seperti batu warna hitam, pada udara dingin rapuh dan mudah pecah dan pada udara panas agak plastis sukar dipecah.



b. mineral dari kapur mergel (kapur mengandung lempung): benda plastis berwarna hitam dan sifatnya plastis sukar ditambang. Mineral asbuton pada umumnya (hampir 85%) terdiridari batuan dasar batu kapur (limestone) yang berasal dari endapan binatang laut, sangat porous dan relatif ringan, sedangkan unsur yang mempengaruhi kekerasan butir mineral asbuton adalah  $Fe_2O_3$ ,  $Al_2O_3$ ,  $SiO_2$  (Anon, 1931).

Tabel 1. Deposit Asphalt Buton

No	Blok	Area Penyebaran (M <sup>2</sup> )	Ketebalan (M)	Deposit (ton)
1	Rongi	57.755.000	78	226.165.670
2	Kabungka	181.004.200	78	312.718.460
3	Lawele	130.906.500	78	99.786.080
4	Epe	1.720.000	78	2.011.157
5	Rota	4.530.000	78	19.596.780
6	Madullah	620.000	78	2.682.120
	<b>Jumlah</b>	<b>376.537.850</b>		<b>662.960.267</b>

(Sumber: Dinas Pertambangan dan Energi Kabupaten Buton)

Dari jumlah potensi tersebut diatas yang terolah sejak jaman Belanda sampai sekarang baru sekitar ± 7,5 Juta Metrik ton, atau sekitar 9,02% dari potensi yang ada.

Dari workshop aspal Buton yang dilaksanakan pada awal maret 2011 memberikan beberapa petunjuk yang masih perlu dilakukan untuk mendorong penggunaan Asbuton :

- a. Perlu dilanjutkannya pengukuran deposit Asbuton, agar deposit Asbuton yang potensial ditambang dapat terukur.
- b. Perlu dikembangkannya system intensif penelitian untuk pengembangan jenis aplikasi lainnya.
- c. Perlu adanya revisi ketentuan teknis tentang jenis campuran Asbuton (Lampiran I) KEPMEN PU No. 35 tahun 2006
- d. Perlu adanya klausul yang mengatur ketentuan bila ada teknologi Asbuton lainnya.
- e. Perlu adanya pembuktian bahwa Asbuton sebagai modifier lebih murah dari segi harga.
- f. Perlu dilakukan proyek-proyek percontohan untuk pembelajaran, bukan untuk pembuktian (proving).
- g. Perlu adanya pengawalan penerapan Asbuton, baik saat perencanaan campuran maupun pada saat pelaksanaan di lapangan.
- h. Perlu adanya sertifikasi produk sesuai dengan sistem manajemen mutu yang disepakati.
- i. Perlu adanya jaminan dan kepastian pasar produk Asbuton.
- j. Untuk menjamin terpenuhinya permintaan secara cepat dengan kualitas yang terjamin perlu adanya perumusan pendistribusian sistem cluster dan lembaga pemasaran bersama.

Deposit Asbuton dalam jumlah besar dapat menjamin pasokan kebutuhan akan aspal. Dari pengujian yang telah dilakukan, didapat hasil

campuran beraspal yang ditambah asbuton menghasilkan campuran beraspal yang bermutu baik dengan kecenderungan sebagai berikut :

- a. Stabilitas Marshall campuran beraspal yang lebih tinggi
- b. Stabilitas dinamis campuran beraspal yang lebih tinggi
- c. Meningkatkan umur konstruksi (dari hasil uji fatigue)
- d. Lebih tahan terhadap perubahan temperature
- e. Nilai modulus yang meningkat

Asbuton memiliki kadar bitumen sekitar 30% dan mineral sekitar 70% yang aslinya dalam bentuk batu kapur dan pasir batu. (Tjaronge, 2012). Mineral Asbuton didominasi oleh "*Globigerines Limestone*" yaitu batu kapur yang sangat halus yang terbentuk dari jasad renik binatang purba foraminifera mikro yang mempunyai sifat sangat halus, relatif keras berkadar kalsium tinggi dan baik sebagai filler pada campuran beraspal. Didalam pemanfaatannya untuk pekerjaan peraspalan kedua unsur tersebut akan sangat dominan mempengaruhi kinerja dari campuran beraspal yang direncanakan. (Dept. PU, 2006).

Sesuai pemanfaatannya, aspal Buton diproduksi menjadi berbagai jenis bahan perkerasan jalan seperti Aspal Buton Granular (berbentuk butiran, dengan kandungan mineral cukup tinggi dan kadar bitumen < 50%), Aspal Buton Murni (memiliki karakteristik yang setara dengan standar aspal minyak), dan Mastik Aspal Buton (memiliki kadar bitumen cukup tinggi, yaitu  $\geq 50\%$ ).

Aspal buton granular (BGA) merupakan jenis aspal alam yang telah diproses secara pabrikasi dan siap pakai. BGA telah diproses sedemikian rupa sehingga bitumen yang terkandung di dalamnya dapat keluar ke permukaan butiran. Berdasarkan data Departemen Pekerjaan Umum (2006), BGA memiliki mutu yang terjaga serta beberapa kelebihan lainnya, seperti :

1. Kadar air konstan dibawah 2%
2. Bitumen telah termobilisasi keluar
3. Kehilangan berat sangat rendah
4. Produk ini dapat digunakan sebagai aditif maupun sebagai substitusi aspal
5. Mutu campuran aspal menjadi jauh lebih baik (dengan perencanaan komposisi yang tepat)
6. Harga lebih ekonomis.

#### **B. Utilisasi Kolom Elastis Pada Perkuatan Tanah Lunak**

Kolom adalah batang tekan vertikal dirangka (*frame*) struktural yang memikul bebandari balok. Kolom meneruskan beban-beban dari elevasi atas ke elevasi yang lebih bawah hingga akhirnya sampai ke tanah melalui pondasi. Karena kolom merupakan komponen tekan, maka keruntuhan pada satu kolom merupakan lokasi kritis yang dapat menyebabkan *collapse* (runtuh) lantai yang bersangkutan dan juga runtuh batas total (*ultimit total collapse*) seluruh strukturnya. Keruntuhan kolom struktural merupakan hal yang sangat berarti ditinjau dari segi ekonomis

maupun segi manusiawi. Oleh karena itu, dalam merencanakan kolom perlu lebih waspada, yaitu dengan memberikan kekuatan cadangan yang lebih tinggi daripada yang dilakukan pada balok dan elemen struktural horizontal lainnya, terlebih lagi karena keruntuhan tekan tidak memberikan peringatan awal yang cukup jelas. Kolom bersengkang merupakan jenis yang paling banyak digunakan karena murah harganya. Sekalipun demikian, kolom segi empat maupun bundar dengan tulangan

berbentuk spiral kadang-kadang digunakan juga, terutama apabila diperlukan daktilitas kolom yang cukup tinggi seperti pada daerah-daerah gempa. Kemampuan kolom berspiral untuk menahan beban maksimum pada deformasi besar mencegah terjadinya *collapse* pada struktur secara keseluruhan sebelum terjadinya redistribusi total momen dan tegangan selesai.

Sistem Perkuatan dan Perbaikan Struktur pada Kolom Pada umumnya bangunan gedung direncanakan dapat berfungsi selama masa layan tertentu. Namun selama masa layannya, bangunan rentan terhadap kerusakan akibat berbagai hal. Setiap kerusakan diusahakan dapat dideteksi sedini mungkin, sebab satu kerusakan dapat merembet, memicu dan memperparah kerusakan lainnya. Triwiyono (2005) menyatakan bahwa perbaikan atau perkuatan struktur atau elemen-elemen struktur diperlukan apabila terjadi degradasi bahan yang berakibat tidak terpenuhi lagi persyaratan-persyaratan yang bersifat teknik yaitu : kekuatan

(*strength*), kekakuan (*stiffness*), stabilitas (*stability*) dan ketahanan terhadap kondisi lingkungan (*durability*). Tidak terpenuhinya persyaratan-persyaratan tersebut tidak hanya disebabkan karena kerusakan saja akan tetapi perubahan peraturan (*code*) dengan persyaratan yang lebih ketat, mungkin saja struktur yang sebelumnya dianggap memenuhi kinerja elemen tersebut. Pembesaran tersebut dilakukan dengan *Jacketing*. *Jacketing* dari bahan beton telah terbukti sebagai solusi perkuatan yang efektif untuk meningkatkan kinerja seismik kolom. Teknik perkuatan struktur ini digunakan pada kolom bangunan yang bertujuan untuk memperbesar penampang kolom, maka penampang kolom menjadi besardari pada sebelumnya sehingga kekuatan geser beton menjadi meningkat. Keuntungan utama dari metode ini adalah memberikan peningkatan dan penambahan batas daripada kekuatan dan duktilitas beton, dan keuntungan kedua, bahwasannya *jacket* dalam melindungi dari kerusakan *fragment* dan struktur yang diperbaiki memiliki kemampuan dalam menerima beban, karena *jacket* dapat mengurangi kegagalan geser langsung (*direct shear*), namun dapat juga menyediakan peningkatan kapasitas struktur itu sendiri.

Kolom dibedakan menjadi dua jenis tergantung pada ukuran tinggi rendahnya kolom dibandingkan dengan dimensi lateral yaitu kolom langsing atau kolom panjang dan kolom pendek. SNI 03-2847-2002 (Tata Cara Perhitungan Beton untuk Bangunan Gedung) menjelaskan mengenai

pengaruh kelangsingan pada komponen struktur rangka. Adapun salah satunya dalam ilmu geotek yaitu

Menurut *Bowles*, dalam bukunya yang berjudul "*Geotechnical Analysis*" tahun 1993 (hal. 78), yang dimaksud dengan *Grouting* (sementasi) adalah proses dimana material-material cair, baik dalam bentuk suspensi ataupun larutan yang dimasukkan ke bawah permukaan tanah ataupun batu yang bertujuan untuk mengurangi permeabilitas (penyebaran), meningkatkan kekuatan geser, dan mengurangi kompresibilitas (penekanan).

Maksud dan tujuan *Grouting* adalah untuk menyuntikkan bahan berupa campuran semen atau bahan kimia lain dan air ke dalam lapisan tanah dengan tujuan untuk memperbaiki kekuatan dan daya dukung lapisan tanah di bawah pondasi, juga untuk menurunkan harga koefisien permeabilitas tanah sehingga pergerakan tanah dapat diatasi. Bahan suspensi *grouting* umumnya menggunakan material berupa : betonit, semen, kapur, aspal, serta bahan larutan lain berupa bahan kimiawi.

### **1. Agregat**

Agregat atau batu, atau granular material adalah material berbutir yang keras dan kompak. Istilah agregat mencakup antara lain batu bulat, batu pecah, abu batu, dan pasir. Agregat mempunyai peranan yang sangat penting dalam prasarana transportasi, khususnya dalam hal ini pada perkerasan jalan. Daya dukung perkerasan jalan ditentukan sebagian besar oleh karakteristik agregat yang digunakan. Pemilihan

agregat yang tepat dan memenuhi persyaratan akan sangat menentukan dalam keberhasilan 19 pembangunan atau pemeliharaan jalan. (Manual Pekerjaan Campuran Beraspal Panas, Buku 1: Petunjuk umum) Fungsi dari agregat dalam campuran aspal adalah sebagai kerangka yang memberikan stabilitas campuran jika dilakukan dengan alat pemadat yang tepat. Agregat sebagai komponen utama atau kerangka dari lapisan perkerasan jalan yaitu mengandung 90% – 95% agregat berdasarkan persentase berat atau 75% – 85% agregat berdasarkan persentase volume (Sukirman,S., 2003).

## **2. Gradasi**

Seluruh spesifikasi perkerasan mensyaratkan bahwa partikel agregat harus berada dalam rentang ukuran tertentu dan untuk masing-masing ukuran partikel harus dalam proporsi tertentu. Distribusi dari variasi ukuran butir agregat ini disebut gradasi agregat. Gradasi agregat mempengaruhi besarnya rongga dalam campuran dan menentukan *workabilitas* (sifat mudah dikerjakan) dan stabilitas campuran. Untuk menentukan apakah gradasi agregat memenuhi spesifikasi atau tidak, diperlukan suatu pemahaman bagaimana ukuran partikel dan gradasi agregat diukur. Gradasi agregat ditentukan oleh analisa saringan, dimana contoh agregat harus melalui satu set saringan.

### **C. Prinsip Desain Kolom dengan Perkuatan Tanah Lunak**

Perbaikan dan perkuatan tanah merupakan usaha yang dilakukan dengan tujuan untuk meningkatkan kualitas karakteristik tanah, utamanya



parameter kuat geser tanah yang akan mendukung sebuah struktur sehingga mampu menahan beban struktur yang akan dibangun dengan deformasi yang dizinkan. Secara garis besar perbaikan dan perkuatan tanah dimaksudkan untuk:

1. Menaikkan daya dukung & kuat geser
  2. Menaikkan modulus
  3. Mengurangi kompressibilitas
  4. Mengontrol stabilitas volume (shringking & swelling)
  5. Mengurangi kerentanan terhadap liquifaksi
  6. Memperbaiki kualitas material untuk bahan konstruksi
  7. Memperkecil pengaruh lingkungan
1. Metode perbaikan Tanah Metode perbaikan tanah gambut secara garis besar dibedakan menjadi 2 (dua) metode yaitu : Metode Mekanis dan Metode Stabilisasi. Metode mekanis meliputi : pengantian tanah dengan kualitas yang lebih baik, gelar kayu, *preloading + surcharge* dengan atau tanpa kombinasi dengan lapisan *geosynthetics*, cerucuk kayu, kolom pasir serta penggunaan tiang pancang. Sedangkan Metode stabilisasi merupakan metode penambahan zat kimia pada tanah gambut untuk meningkatkan sifat fisik dan tekniknya.
  2. Metode Perbaikan Tanah lunak ( daya dukung rendah) umumnya disebabkan banyaknya kandungan air yang tertahan dalam tanah, secara sedehana upaya perbaikan lapisan tanah lunak adalah dengan mengeluarkan air dari pori-pori tanah, usaha perbaikan tanah dengan

cara mengeluarkan air dari pori-pori tanah ini disebut perbaikan tanah secara hidrolis. Perbaikan dapat dilakukan dengan cara : Pra pembebanan ( Preloading ) dan Drainase Vertikal ( Vertikal Drain ).

### 3. Water Glass Sebagai Bahan Aktivasi Pozzolane

Water glass atau sodium silikat adalah garam yang larut dalam air dengan komposisi sodium meta silikat ( $\text{Na}_2\text{SiO}_3$  atau  $\text{NaSiO}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ). Dalam bentuk padat terlihat seperti gelas, larut dalam air panas dan meleleh pada temperatur  $1018^\circ\text{C}$ . Stabilisasi tanah secara kimiawi dengan waterglass adalah suatu usaha perbaikan sifat-sifat tanah asli agar dapat digunakan untuk suatu tujuan tertentu. Perbaikan tanah asli pada dasarnya untuk meningkatkan daya dukung tanah atau dapat meningkatkankekuatandanmengurangi permeabilitas tanah, meningkatkan rekatan antar butiran tanah, memperkecil dayarembes air. Waterglass dengan wujudnya yang berupa cairan maka pori tanah dapat terisi dengan mengikatnya menjadi lebih kuat. Walaupun pada suhu kamar, wujudnya berupa gel tetapi dengan penambahan air yang sesuai maka pergerakan untuk masuk ke dalam pori tanah menjadi lebih mudah.



Gambar 2. Waterglass dalam bentuk kemasan

Penambahan kadar waterglass pada tanah asli berpengaruh terhadap nilai pengembangan bebas (*free swelling*) dimana semakin besar kadar waterglass yang ditambahkan maka nilai pengembangannya semakin turun. Masa pemeraman berpengaruh terhadap perubahan nilai pengembangan bebas. Waterglass ini telah diaplikasikan dengan metoda grouting (injeksi campuran kental ke dalam tanah) pada kondisi tanah granular untuk meningkatkan kekuatannya oleh *American Society of Civil Engineerings* (ASCE).

Tabel 2. Karakteristik Water Glass dengan Analisis Kimia

No	Pengujian	Hasil
1	Berat jenis pada 28-30°C	1.54
2.	Bahan menguap pada temperatur 105°C	44,11%
3.	Bahan padat yang tidak menguap (padatan total)	

	pada temperatur 105°C	55,89%
4.	Analisis kimia :	
	• Natrium Oksida (Na <sub>2</sub> O)	12,18%
	• Silikat Oksida (SiO <sub>2</sub> )	33,20%
	• Air (H <sub>2</sub> O)	54,62%
5.	Kekentalan pada temperatur 28°– 30°C	
	dengan alat :	
	• Stromer Viscometer, KU	84
	• Gardner Bubble Viscometer, Stokes	5,5

Sumber:Pusat Litbang Pemukiman, 1998,

Pengaruh penambahan waterglass terhadap kadar air adalah semakin banyak penambahan kadar waterglass, maka kadar air juga semakin meningkat. Hal ini terjadi karena pada waterglass terdapat kandungan air yang artinya semakin banyak penambahan waterglass maka kandungan air yang ada di dalamnya juga semakin banyak. Pengaruh penambahan waterglass terhadap kadar lempung dimana semakin banyak kadar waterglass yang digunakan, maka kadar lempung juga meningkat. Hal ini dapat terjadi karena terdapat kesamaan komposisi penyusun dari waterglass dan pasir, yaitu kedua-duanya terdapat SiO<sub>2</sub> yang berfungsi sebagai pengikat. Di dalam pasir kali sudah terdapat

kandungan lempung yang cukup tinggi sehingga apabila ditambah waterglass yang terdapat kandungan  $\text{SiO}_2$  maka kadar lempung akan meningkat. Sedangkan kadar air tertinggi didapat pada kadar waterglass 40% yaitu 7,14% dan terendah pada kadar waterglass 0% yaitu 1,5%. Hal ini terjadi karena semakin banyak kadar waterglass yang digunakan, maka kandungan air yang terdapat dalam waterglass juga paling banyak sehingga kadar air pada pasir cetak meningkat. Kadar lempung tertinggi didapat pada kadar waterglass 40% yaitu 26,64% dan terendah pada kadar waterglass 0% yaitu 5,44%. Hal ini terjadi karena semakin banyak kadar waterglass yang digunakan, maka kandungan  $\text{SiO}_2$  yang terdapat dalam waterglass juga paling banyak sehingga kadar lempung pada pasir cetak meningkat. Fakta di lapangan pada dunia industri pengecoran logam kadar air dan kadar lempung sangat penting. Apabila pasir cetak kekurangan air, maka daya ikat lempung terhadap pasir cetak akan berkurang sehingga akan mengurangi kekuatan pasir cetak. Di samping itu butir lempung yang tidak mendapat air akan mengisi celah antar butir pasir cetak, sehingga menyebabkan penurunan permeabilitas pasir cetak. Sebaliknya jika pasir cetak kelebihan air, maka lempung akan menjadi pasta sehingga daya ikatnya terhadap pasir menurun dan kekuatannya pun menurun. Kadar air standar dalam pasir cetak adalah 3 s/d 6% dan standar kadar lempung dalam pasir cetak adalah 10 s/d 20%. Dari data di atas dapat dilihat bahwa pada variasi kadar waterglass 15% yang masuk dalam kriteria di atas. Kadar waterglass 15% memiliki kadar air 5,18% dan

kadar lempung 12,80%. Setiap penambahan kadar waterglass baik kadar air maupun kadar lempung pada pasir cetak meningkat. (Desiana.S,2012)

#### 4. Stabilisasi Tanah Perkuatan Geogrid

Geogrid adalah bahan geosynthetic yang berfungsi sebagai lapisan perkuatan jalan, geogrid memiliki kuat tarikan yang besar hingga 180 kN, bahan geosynthetic ini baik dipasang untuk pengerjaan jalan yang memiliki lapisan tanah dasar rendah dibawah 2%, contohnya di gunakan pada jalan raya yang berada pada struktur tanah yang kurang baik contohnya bila di gunakan pada jalan yang berlubang, hal tersebut akan dapat teratasi, geogrid juga dapat digunakan pada rel kereta api, dan pada tanah yang rawan longsor.

Teknologi Geogrid telah berkembang terus sejak produk pertama kali diperkenalkan pada awal 1980-an. Geogrid awalnya dengan cepat mendapatkan popularitas dalam industri teknik sipil, terutama karena kemampuannya untuk menyediakan sederhana, solusi biaya efektif di berbagai jalan dan kelas aplikasi pemisahan.

Sebuah geogrid adalah struktur grid reguler bahan polimer yang digunakan untuk memperkuat tanah atau rekayasa terkait bahan geoteknik lainnya. Produk umumnya diklasifikasikan sebagai geogrid uniaksial atau geogrid biaksial, tergantung pada apakah kekuatan mereka sebagian besar adalah dalam satu atau dua arah. Geogrid uniaksial terutama digunakan dalam aplikasi pemisahan kelas seperti dinding

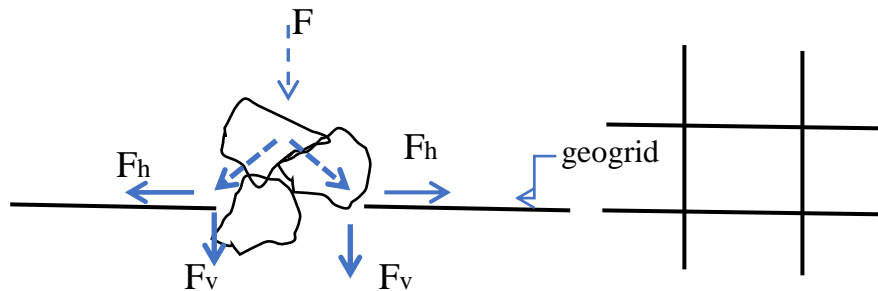
penahan dan lereng yang curam, geogrid biaksial digunakan terutama dalam aplikasi jalan.

Jumlah pergerakan lateral dapat dikurangi dengan memasukkan geogrid biaksial dalam, atau di bagian bawah, lapisan pondasi bawah, penetrasi sebagian partikel agregat kasar melalui lubang geogrid dan hasil pemadatan berikutnya dalam interlock mekanik atau kurungan partikel agregat.

Dalam dunia geoteknik kita juga mengenal konsep material tanah yang memikul gaya tekan dan gaya tarik. Kita mengetahui bahwa material tanah, sesuai dengan karakteristik kepadatannya masing-masing, dapat menerima beban kompresi dengan baik. Namun terlepas dari tingkat kepadatannya, material tanah sangat lemah dalam memikul gaya tarik. Tidak selamanya konstruksi geoteknik selamanya memikul gaya tekan, bahkan sering dijumpai gaya-gaya tarik yang perlu dipikul. Untuk itu diperlukan suatu bahan yang dapat ditanamkan ke dalam tanah untuk memikul gaya tarik tersebut salah satunya adalah penggunaan geogrid dengan cukup baik

Mekanisme kerja geogrid sebagai perkuatan jalan yang berbentuk lembaran seperti jaring-jaring lebih kurang seperti pada gambar 4. Gaya bekerja diterima lapisan agregat. Lapisan agregat yang menerima gaya ini akan berdeformasi, terdorong ke arah vertikal dan lateral. Pergerakan agregat yang terbaik dalam jaring-jaring geogrid tertahan oleh kekuatan jaring-jaring geogrid tersebut. Persisnya mekanisme kerja perkuatan

geogrid ini amat kompleks dan sulit dikuantifikasi secara matematis, Karena itu desain perkuatan jalan dengan geogrid pada umumnya didasarkan atas percobaan laboratorium ataupun percobaan lapangan. (Carrol.R.1987),



Gambar 3. Mekanisme kerja perkuatan geogrid

#### D. Matriks Penelitian Terdahulu

Untuk dapat mendukung penelitian ini digunakan referensi sebagai pendukung. Diantara penelitian yang relevan dengan penelitian ini yang pernah dilakukan adalah:

Agus Setyo Muntohar, Anita Widianti, Willis Diana, Edi Hartono, dan Ekrar Oktoviar (2008), Aplikasi Teknik Kolom-Semen (*Cement-Column*) Pada Tanah Berpasir. Hasil penelitiannya, Teknik *grouting* dan *deep mixing* adalah teknik yang lebih efektif mengurangi likuifaksi. Pada naskah ini akan disajikan hasil kajian laboratorium tentang pengaruh penggunaan teknik kolom-semen terhadap kekuatan tanah di sekitar kolom-semen. Kolom-semen dibuat dalam skala model laboratorium dengan diameter 0,051 m (2 inch) dan panjang 0,22 m (8 inch) pada media tanah pasir berukuran 1,2 m x 1,2 m x 1,0 m untuk panjang, lebar



dan tinggi. Kekuatan tanah di sekitar kolom diukur pada arah radial dan vertikal dengan alat uji sondir konus ganda (*biconus CPT*) yang diuji pada umur kolom-semen 1, 3 dan 7 hari setelah pemasangan. Hasil pengujian menunjukkan bahwa kekuatan tanah baik perlawanan ujung ( $q_c$ ) dan perlawanan gesek ( $q_f$ ) di sekitar kolom-semen meningkat setelah pemasangan kolom-semen. Kekuatan tanah berkurang jika jaraknya semakin jauh dari kolom-semen. Kekuatan tanah juga meningkat dengan bertambahnya umur kolom-semen. Secara umum dapat dikatakan bahwa pemasangan kolom-semen telah mampu meningkatkan kekuatan tanah di sekitarnya baik pada arah radial maupun vertikal. Peningkatan kekuatan ini merupakan indikasi berkurangnya resiko likuifaksi pada tanah berpasir.

F. Rackwitz dan M. Schubler (2010), *Model test on granular soil columns for ground improvement of very soft soil*. Hasil penelitiannya menggunakan *granular column* yang pasang di dalam tanah organik sebagai perkuatan tanah dengan menggunakan uji model laboratorium dengan beban vertikal. Pengujian yang dilakukan untuk mengetahui kuat geser, deformasi vertikal, tekanan air pori dan tekan tanah sebelum dan sesudah pemasangan *granular column* dilaksanakan. Hasil pengujian didapat perbandingan regangan vertikal yang diukur dengan tes oedometer pada tegangan 25 kPa, tanpa menggunakan granular column sebesar 35 % dan dengan menggunakan granular column sebesar 17,5 % dan penurunan yang terjadi sebesar 50 %. Sebagian besar penurunan terjadi pada kedalam 2,5 kali diameter kolom. Dengan adanya *granular*

*column* beban yang diberikan dapat meningkatkan kekuatan tanah organik.

Heru Dwi Jatmoko (2012), *Confining Pressure* Tiang Meruncing Pada Tanah Lempung Dengan Variasi *Overburden*. Hasil penelitiannya, Keruncingan tiang adalah parameter yang belum banyak dipelajari terhadap peningkatan kapasitas dukungnya. Perilaku distribusi gaya yang terjadi disepanjang tiang merupakan satu hal yang penting. Penelitian dilakukan dengan tiang berukuran kecil berbentuk meruncing dan seragam sebagai pembanding. Ukuran tiang meruncing diameter atas 5 cm dan bawah 4 cm sedang untuk tiang seragam berdiameter luar 4,5 cm masing-masing dengan panjang efektif 20 cm serta ketebalan tiang 0,3 cm. Sebagai batasan tanah uji pengujian dilakukan di dalam *mould* dengan diameter 30 cm. Untuk mengetahui perilaku distribusi gaya maka dipasang *strain gauge* pada tiang dan *mould* dengan 3 posisi. Media tanah digunakan tanah asli, lempung tak organik dengan plastisitas tinggi (CH) yang diambil dari Desa Kedung Sari, Sentolo, Kulonprogo, DIY, yang dijenuhkan pada berat volume kering,  $\gamma_d = 10,9 \text{ kN/m}^3$  dan kadar air,  $w = 52\%$ . Untuk mengkondisikan kedalaman tiang tanah diberikan tekanan vertikal,  $\sigma_v$  sebesar 163 kN/m<sup>2</sup>, 326 kN/m<sup>2</sup> dan 489 kN/m<sup>2</sup>. Setelah tiang diposisikan dan tanah dimasukkan dalam *mould* pengujian geser dilakukan sampai runtuh. Analisa dilakukan tentang perilaku distribusi gaya dan *displacement* hasil pengujian menunjukkan dengan bertambahnya takanan

vertikal, *confining pressure* akan naik, pada tiang seragam diperoleh tekanan *confining pressure* lebih besar dari tiang meruncing. Saat uji geser (P) akan terjadi peningkatan *confining pressure*, walaupun pada awalnya *confining pressure* pada tiang meruncing lebih kecil namun dengan bertambahnya gaya gesek (P) akan terjadi peningkatan lebih besar sehingga melebihi *confining pressure* pada tiang seragam, hal ini terjadi karena proses pemampatan akibat keruncingan tiang.

Irwanto Tridayanto Sitompuli, Abubakar Alwi, ( 2009 )Studi Daya Dukung Pondasi Kolom-semen Pada Tanah Lunak Dengan Pondasi Kolom-semen Dengan Metode Loading Test Di Kota Pontianak membahas pembangunan areal lahan gambut dengan metode stabilisasi bahan kimia yang bertujuan untuk meningkatkan daya dukung lahan gambut tersebut dimana dalam skripsi ini penulis menggunakan media kolom-semen yang diinjeksikan kedalam tanah menggunakan mini bor-pile dengan tambahan bahan kimia seperti Kapur, Bentonite, Portland cement , pasir dan air dimana bahan-bahan kimia tersebut dihitung dengan menggunakan perhitungan mix-design dengan dosage rate sebesar 500kg/m<sup>3</sup> dimana pada penelitian ini juga digunakan media casing yang akan digunakan untuk membantu proses mix-design kolom-semen yang akan dibuat. Kolom-semen sendiri dibuat dengan ukuran diameter 30 cm dan tinggi 1,6 m atau dapat disebut juga kolom-semen panjang, setelah jadi –kolom-semen akan dibiarkan selama 28 hari atau mengalami masa curing time dan kemudian akan dibebani atau dilakukan Loading test dan dicari daya

dukung kolom-semen tersebut dengan menggunakan metode perhitungan Analitis dan Grafis dan selanjutnya akan di tarik kesimpulan mengenai cara analitis dan grafis manakah yang akan sesuai untuk digunakan pada perhitungan daya dukung kolom-semen dalam penelitian ini yang diharapkan dengan keberhasilan penelitian ini dapat membantu proses pemanfaatan lahan gambut untuk pembangunan infrasturuktur dikemudian hari.

Prof. Dr. Ir. Lawalenna Samang, MS.,M.Eng., Dr.Eng. Tri harianto, ST.,MT. dan Ir. Achmad Zubair, MT (2010), Efektifitas Pondasi *Raft* dan *Pile* Dalam Mereduksi Penurunan Tanah Dengan Metode Numerik. Desain pondasi *Raft* dan *Pile* diperkenalkan dalam studi ini untuk mereduksi penurunan tanah. Metode Elemen Hingga digunakan untuk menginvestigasi efektifitas dari pondasi raft dan pile mereduksi penurunan tanah khususnya pada jalan raya yang dibangun didaerah rawa. Selanjutnya, model numerik digunakan dalam mempelajari pengaruh dari tipe dan kedalaman pondasi yang dipasang dilapangan. Penurunan dan deformasi tanah dianalisa dalam penelitian ini untuk menentukan efektifitas dan kemungkinan aplikasi dari model pondasi ini dilapangan. Hasil dari metode elemen hingga yang digunakan menunjukkan bahwa tipe pondasi *raft* dan *pile* secara signifikan menurunkan besarnya penurunan dari badan jalan akibat beban permukaan. Deformasi yang terjadi pada badan jalan tanpa pekuatan mencapai 0,553 m sedangkan

dengan kekuatan 3 m dan 5 m masing masing sebesar 0,246 m dan 0,225 m.

Suherman, M (2004), Metode kolom *grouting* untuk mengatasi likuifaksi tanah di bawah pondasi. Hasil penelitiannya menyatakan bahwa *grouting* merupakan suntikan bahan cair ke dalam rongga-rongga tanah atau ruang antara tanah dengan bangunan di dekatnya, biasanya dilakukan melalui lobang bor dan diberi tekanan. Kebanyakan *grouting* didesain untuk memperoleh perubahan sifat tanah dengan secara serentak atau melalui jangka waktu, setelah dilakukan injeksi. Tujuan utama dari teknik *grouting* adalah untuk mendapatkan yang lebih kuat, lebih padat, dan kurang permeabel pada tanah atau batuan. *Grouting* terhadap tanah pondasi dimaksudkan untuk menambah stabilitas dan mereduksi kompresibilitas baik bersifat permanen maupun sementara. Tanah non kohesif dengan gradasi tidak lebih halus dari pasir medium, pemberian semen *grouting* sering dilakukan dengan menggunakan tekanan rendah.

Tandel Y.K, Solanki C.H dan Desai A.K (2012), *Reinforced Granular Column For Deep Soil Stabilization*. Dalam penelitian ini *granular column* dibungkus dengan *geosynthetic* dan dipasang pada tanah yang dalam yang akan distabilisasikan. Dari hasil pengujian ini didapat *granular column* yang berdiameter kecil lebih baik dibandingkan dengan yang berdiameter besar karena tekanan dalam *column* berdiameter kecil lebih rendah, kapasitas beban *ultimit column* meningkat seiring peningkatan

kekakuannya, *granular column* yang dibungkus dengan *geosynthetic* dapat mengurangi penurunan hingga 50 % dari tanah tanah yang tidak menggunakan perkuatan *granular column*, kapasitas beban *ultimit* *granular column* yang diperkuat *geosynthetic* dapat meningkat 2 sampai 3 kali dari yang tanpa perkuatan *granular column* dan analisis teoritis serta hasil uji model menghasilkan bahwa *granular column* yang terbungkus *geosynthetic* efisien untuk perbaikan tanah lunak.

Tabel 3. Matriks Penelitian Terdahulu.

No	Peneliti/Tahun	Judul Penelitian	Temuan/Kajian	Publikasi
1.	AgusSetyo Muntohar, Anita Widianti, Willis Diana, Edi Hartono, dan Ekrar Oktoviar (2008).	Aplikasi Teknik Kolom- Semen ( <i>Cement-Column</i> ) Pada Tanah Berpasir.	Kolom-semen dibuat dalam skala model laboratorium dengan diameter 0,051 m (2 inch) dan panjang 0,22 m (8 inch) pada media tanah pasir berukuran 1,2 m x 1,2 m x 1,0 m untuk panjang, lebar dan tinggi. Kekuatan tanah di sekitar kolom diukur pada arah radial dan vertikal dengan alat uji sondir konus ganda ( <i>Biconus CPT</i> ) yang diuji pada umur kolom-semen 1, 3 dan 7 hari setelah pemasangan.	-Jurnal MATRIKS TEKNIK SIPIL/Maret 2018/49  Journal Department ofCivil Engineering, Babol
2.	F. Rackwitz dan M.	<i>Model test on granular soil</i>	Penelitiannya menggunakangranular	

	Schubler (2010).	<i>columns for ground improvement of very soft soil.</i>	<i>column</i> yang pasang di dalam tanah organik sebagai perkuatan tanah dengan menggunakan uji model labolatorium dengan beban vertikal.	University of Technology, Babol, Iran Volum 1 (8), hal 1351-1356
3.	Heru Dwi Jatmoko (2012).	<i>Confining Pressure</i> Tiang Meruncing Pada Tanah Lempung Dengan Variasi <i>Overburden</i>	Penelitiannya, Keruncingan tiang adalah parameter yang belum banyak dipelajari terhadap peningkatan kapasitas dukungnya. Perilaku distribusi gaya yang terjadi disepanjang tiang merupakan satu hal yang penting.	-Jurnal MATRIKS TEKNIK SIPIL/Maret 2018/49
4.	Prof. Dr. Ir. Lawalenna Samang,	Efektifitas Pondasi <i>Raft</i> dan <i>Pile</i> Dalam Mereduksi	Desain pondasi <i>Raft</i> dan <i>Pile</i> diperkenalkan dalam studi ini untuk	Konfrensi Nasional Teknik



5.	<p>MS.,M.Eng., Dr.Eng. Tri Harianto, ST.,MT. dan Ir. Achmad Zubair, MT (2010).</p> <p>Suherman M. (2004).</p> <p>Tandel Y.K, Solanki</p>	<p>Penurunan Tanah Dengan Metode Numerik</p> <p>Metode kolom <i>grouting</i> untuk mengatasi likuifaksi tanah di bawah pondasi.</p>	<p>mereduksi penurunan tanah. Metode Elemen Hingga digunakan untuk menginvestigasi efektifitas dari pondasi <i>raft</i> dan <i>pile</i> mereduksi penurunan tanah khususnya pada jalan raya yang dibangun didaerah rawa.</p> <p>Penelitiannya menyatakan bahwa <i>grouting</i> merupakan suntikan bahan cair ke dalam rongga-rongga tanah atau ruang antara tanah dengan bangunan di dekatnya, biasanya dilakukan melalui lobang bor dan diberi tekanan</p>	<p>Sipil 4 (KoNTeks), Sanur- Bali, 2-3 Juni.</p>
----	--	---	---	--

6	C.H dan Desai A.K (2012).	<i>Reinforced Granular Column For Deep Soil Stabilization</i>	Penelitian ini <i>granular column</i> dibungkus dengan <i>geosynthetic</i> dan dipasang pada tanah yang dalam yang akandistabilisasikan	Journal Of Civil And Structural Engineering Volume 2, No 3, hal 720- 730
7.	Hilda Sulaiman Nur, Lawalenna Samang, Achmad Bakri Muhiddin (2012)	UJI MODEL KAPASITAS DUKUNG KOLOM PASIR GROUTING SEMEN TYPE GROUTING PADA TANAH LANAU KEPASIRAN	Penelitian ini untuk menguji kapasitas dukung kolom pasir grouting semen tipe group pada tanah lanau kepasiran serta penurunan yang terjadi akibat beban axial. Efektifitas dari kolom pasir grouting semen yang dapat mereduksi penurunan tanah	Jurnal Teknik Sipil Unhas  e-Jurnal MATRIKS TEKNIK SIPIL/Maret 2018/49
8	Herizki			

9.	Trisatria,Bambang Setiawan,Noegroho Djarwanti	PENGARUH VARIASI KOLOM PASIR SEBAGAI DRAINASE VERTIKAL DUA ARAH PADA TANAH LUNAK	Penggunaan <i>prefabricated vertical drain</i> (PVD). Penelitian bertujuan untuk mengetahui pengaruh variasi kolom pasir sebagai drainase vertikal pada tanah lunak terhadap kecepatan penurunan per hari. Penelitian dilakukan dalam durasi 21 hari dengan arah drainase dua arah dengan penambahan pasir pada permukaan dan dasar pemodelan.	e-Jurnal MATRIKS TEKNIK SIPIL/Maret 2018/49
10.	ANHAR, RANGGA,HAMDHA N, INDRA NOER	Pengaruh Floating Stone Column Dalam Perbaikan Tanah Pada Tanah Lempung Lunak Menggunakan Metode Elemen Hingga	Pada analisis ini pemodelan dengan Stone Column dipilih sebagai metode perbaikan tanah. Pemodelan Stone Column yang dilakukan adalah mengambang (floating) di lapisan tanah lunak Analisis dengan Floating Stone	

11	Moh Muntaha (2010)	<p>Pemodelan Infiltrasi Air ke Dalam Tanah dengan Alat "Kolom Infiltrasi" untuk Menghitung Koefisien Permeabilitas Tanah Tidak Jenuh (kw)</p>	<p>Column dilakukan dengan variasi pemodelan dan variasi kedalaman</p> <p>Penelitian tentang pengaruh perubahan kadar air terhadap koefisien permeabilitas tanah tidak jenuh (kw). Sebuah alat "Kolom Infiltrasi" disiapkan untuk menghitung koefisien permeabilitas tanah tidak jenuh (kw). Persamaan empiris dari Campbell, untuk menghitung koefisien permeabilitas tanah tidak jenuh (kw) digunakan sebagai kalibrasi alat. benda uji alat "kolom infiltrasi" adalah lanau</p> <p>Kelempungan</p>	<p>© Jurusan Teknik Sipil Itenas   No.x   Vol. Xx Jurnal Online Institut Teknologi Nasional Januari 2016</p> <p><b>Jurnal Aplikasi ISSN.1907-753 X Volume 8, Nomor 1, Pebruari 2010</b></p>
12	Irwan Tridayanto Sitompul, Abubakar			

13.	Alwi, Eka Priadi (2013)	Studi Daya Dukung Pondasi Kolom-semen Pada Tanah Lunak Dengan Pondasi Kolom-semen Dengan Metode Loading Test Di Kota Pontianak	Penelitian membahas pembangunan areal lahan gambut dengan metode stabilisasi bahan kimia yang bertujuan untuk meningkatkan daya dukung lahan gambut tersebut dimana menggunakan media kolom-semen yang diinjeksikan kedalam tanah menggunakan mini bor-pile dengan tambahan bahan kimia seperti Kapur, Bentonite, Portland cement, pasir dan air dimana bahan-bahan kimia	Jurnal Prodi Teknik Sipil FT Untan
	SYARIFUDIN BAHRI (2017)	STUDI PERENCANAAN		

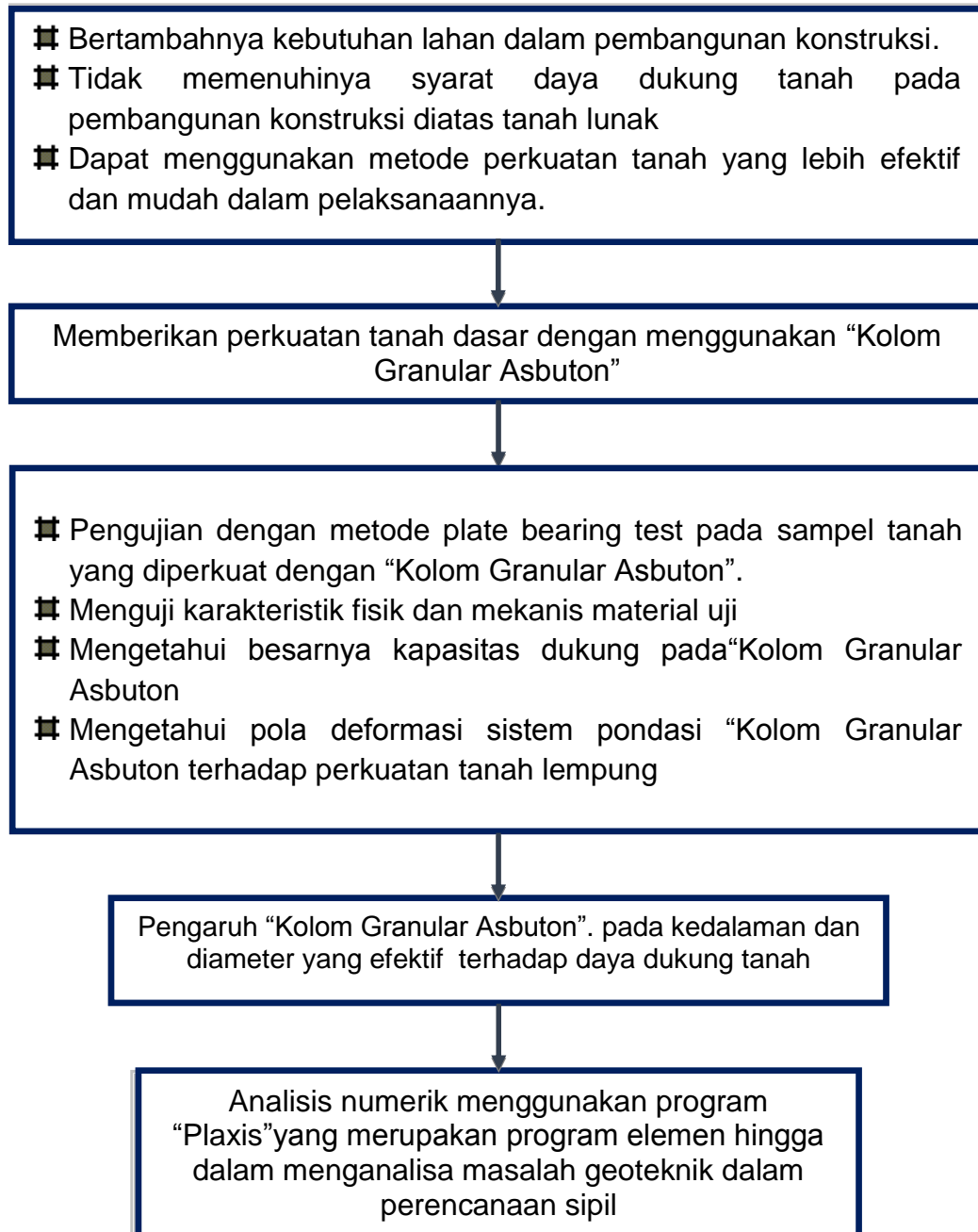
14.	Noor Dhani 2013	<p>PERBAIKAN TANAH DENGANSTONECOLUM N PADA STOCK PILE BATU BARA RENCANA PLTU SORONG (4X7 MW)</p> <p>KARAKTERISTIK</p>	<p>Perencanaan sebuah pembangkit listrik tenaga uap (PLTU) Sorong (4 x 7 MW). Namun diketahui bahwa kondisi tanah pada area tersebut adalah tanah lunak dan berrawa, sehingga proses konsolidasi harus diatasi dengan seksama. Penggunaan metode prapembebanan dan <i>stone column</i> adalah salah satu alternatif perbaikan tanah untuk solusi permasalahan tersebut. Tujuan dari penelitian ini adalah mendesain pola <i>stone column</i> yang sesuai sehingga besar penurunan dan waktu konsolidasi berkurang.</p>	JURNAL Univ. Brawijaya
-----	-----------------	---	--	------------------------

15		<p>KOLOMPASIR GROUTING SEBAGAI METODE PERKUATAN TANAHLEMPUNG KEPASIRAN</p>	<p>Penelitian ini bertujuan untuk menguji karakteristik sifat fisik dan mekanis tanah lempung kepasiran, tanah pasir dan sifat mekanis kolom pasir grouting dan mengetahui besarnya kapasitas dukung yang terjadi pada kolom pasir grouting akibat pengaruh tanah lempung kepasiran disekitarnya serta mengevaluasi pola deformasi sistem pondasi kolom pasir grouting terhadap kekuatan daya dukung tanah lempung kepasiran. Perbedaan studi ini menggunakan mortar yang diinjeksikan langsung ke dalam tanah, tidak berupa kolom granular.</p>	<p>Jurnal Univ. Hasanuddin</p>
16	Erdawaty			

		<i>Study Eksperimentasi</i> <i>Kapasitas Dukung Kolom</i> <i>Beton Granular Aspal</i> ..... <i>Buton Aktivasi Alkali</i> <i>Pada Tanah Lunak</i>	
--	--	--	--



## E. Kerangka Konsep Penelitian



Gambar 4. Kerangka konsep penelitian.