

TESIS

**KAJIAN EKSPERIMENTAL LABORATORIUM KEKUATAN
TANAH LATERIT DENGAN KAPUR DAN SEMEN**

**EXPERIMENTAL STUDY OF LATERITE SOIL STRENGTH
LABORATORY WITH LIME AND CEMENT**

HARIS TRIBOWO

P2302216009



**PROGRAM MAGISTER TEKNIK SIPIL
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2020**



TESIS

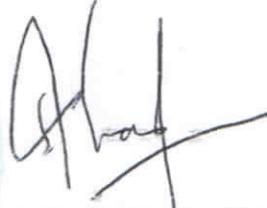
KAJIAN EKSPERIMENTAL LABORATORIUM KEKUATAN TANAH LATERIT DENGAN KAPUR DAN SEMEN

Disusun dan diajukan oleh
HARIS TRIBOWO
Nomor Pokok P2302216009

Telah dipertahankan di depan Panitia Ujian Tesis
Pada tanggal 25 Agustus 2020
dan dinyatakan telah memenuhi syarat

Menyetujui
Komisi Penasehat

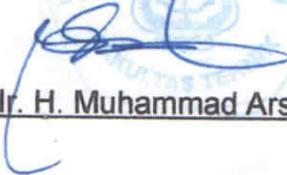

Prof. Dr. Ir. H. M. Wihardi Tjaronge, ST., M.Eng
Ketua


Dr. Eng. Ir. Tri Harianto, ST., MT
Sekretaris

Ketua Program Studi
S2 Teknik Sipil

Dekan Fakultas Teknik
Universitas Hasanuddin


Dr. Eng. Ir. Hj. Rita Irmawaty, ST., MT


Prof. Dr. Ir. H. Muhammad Arsyad Thaha, MT



PERNYATAAN KEASLIAN TESIS/DISERTASI

Yang bertanda tangan di bawah ini

Nama : HARIS TRIBOWO

Nomor mahasiswa : P2302216009

Program studi : S2 Teknik Sipil

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa tesis/disertasi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri, bukan merupakan pengambilalihan tulisan atau pemikiran orang lain. Apabila di kemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan tesis/disertasi ini hasil karya orang lain, saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Makassar, 01 Oktober 2020

Yang menyatakan

A green 6000 Rupiah postage stamp with the text "METERAI TEMPEL" and "3395EAF565340" is shown. A blue ink signature is written over the stamp. The stamp also features the Garuda Pancasila emblem and the text "6000 ENAM RIBU RUPIAH".

Haris Tribowo



Optimization Software:
www.balesio.com

KATA PENGANTAR

Puji Tuhan kami panjatkan kehadirat Allah SWT. Tuhan yang maha kuasa yang atas izinnya sehingga penelitian dan penulisan ini yakni **“Kajian Eksperimental Laboratorium Kekuatan Tanah Laterit dengan Kapur dan Semen”** dapat terselesaikan. Dalam melaksanakan penelitian ini upaya dan perjuangan keras kami lakukan dalam menyelesaikannya.

Kami menyampaikan penghargaan yang sangat tinggi dan amat mendalam kepada bapak **Prof. Dr. Ir. H. M. Wihardi Tjaronge, ST., M.Eng**, atas bimbingan, arahan dan petunjuknya sehingga penelitian dan penyusunan disertasi ini dapat kami laksanakan dengan baik. Ucapan dan penghargaan yang sama kami sampaikan kepada **Dr. Eng. Ir. Tri Harianto, ST., MT.** Selaku sekretaris komisi penasehat yang banyak memberikan waktu, arahan dan bimbingannya kepada kami. Kepada bapak kami mengucapkan terima kasih dan penghormatan yang setinggi-tingginya atas bimbingan yang begitu tulus dan ikhlas.

Penghargaan yang setinggi tingginya kepada ; Rektor Universitas Hasanuddin (**Prof. Dr. Dwia Aries Tina Pulubuhu, MA**), bapak **Prof. Dr. Ir. Jamaluddin Jompa, M.Sc** (Dekan Sekolah Pascasarjana Universitas Hasanuddin), bapak **Prof. Dr. Ir. H. Muhammad Arsyad Thaha, MT.** (Dekan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin), Ketua Departemen

Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin (bapak **Prof. Dr. Ir. Wihardi Tjaronge, ST., M.Eng**), bapak **Dr. Eng. Ir. Hj. Rita Irmawaty, M.Eng**. (Ketua Program Studi S2 Teknik Sipil Universitas Hasanuddin)



dan bapak/ibu dosen Pascasarjana Universitas Hasanuddin yang telah mengarahkan dan membimbing dalam proses perkuliahan. Bapak/ibu staf Pascasarjana Unhas dan staf Prodi S2 Teknik Sipil yang sangat membantu dalam proses administrasi, kami sampaikan banyak terima kasih.

Ucapan terima kasih yang setinggi tingginya atas segala keikhlasan, pikiran dan tenaganya yang tidak ternilai. Hanya dengan doa semoga Allah SWT. Tuhan Yang Maha Kuasa dapat membalasnya.

Makassar, September 2020

Haris Tribowo



ABSTRAK

HARIS TRIBOWO. Kajian Eksperimental Laboratorium Kekuatan Tanah Laterit dengan Kapur dan Semen (dibimbing oleh **Muhammad Wihardi Tjaronge dan Tri Harianto**).

Kondisi infrastruktur jalan darat yang tidak memadai menjadikan jalur udara sebagai andalan untuk pengangkutan orang dan barang, termasuk berbagai kebutuhan pokok di Papua. Dalam pandangan ekonomi, hal tersebut menyebabkan mahalnya biaya distribusi, yang berarti secara otomatis juga menaikkan harga berbagai barang kebutuhan pokok tersebut, terutama di daerah pedalaman Papua. Upaya untuk menurunkan biaya distribusi dari suatu Kabupaten ke Kabupaten lain di wilayah Papua terus dilakukan pemerintah Indonesia melalui pembangunan infrastruktur jalan raya Trans-Papua. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis hubungan tegangan dan regangan pada uji kuat tekan bebas tanah laterit yang mengandung kapur padam ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) dan menganalisis hubungan tegangan dan regangan pada uji kuat tekan bebas tanah laterit yang mengandung kapur padam ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) dan semen Portland komposit (PCC). Hasil penelitian menunjukkan bahwa hubungan tegangan dan regangan tanah laterit dengan kapur ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) sebanyak 5%, 10%, 15%, 20% dan 30% dengan nilai kuat tekan maksimum masing-masing senilai 0,62 MPa, 0,83 MPa, 0,94 MPa, 0,82 MPa dan 0,71 MPa. Berdasarkan nilai kuat tekan maksimum ini terlihat bahwa nilai kuat tekan maksimum semakin meningkat seiring dengan penambahan kadar kapur hingga mencapai suatu nilai optimum dan menurun ketika melewati nilai optimum dari penambahan kadar kapur. Hubungan kadar kapur dengan nilai kuat tekan dalam bentuk σ berdasarkan variasi kadar semen yang digunakan yaitu 3 hingga 10%. Terlihat nilai kuat tekan semakin meningkat seiring dengan penambahan kadar kapur padam ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) dan menurun ketika melewati kadar kapur yang optimum. Nilai kuat tekan semakin meningkat seiring dengan penambahan kadar semen 3% hingga 10%. Jadi, kapur dan semen dapat digunakan sebagai bahan stabilisasi. Metode yang dilakukan adalah metode 2 tahap.

Kata kunci : Tanah laterit, Kapur, Semen, Kuat tekan



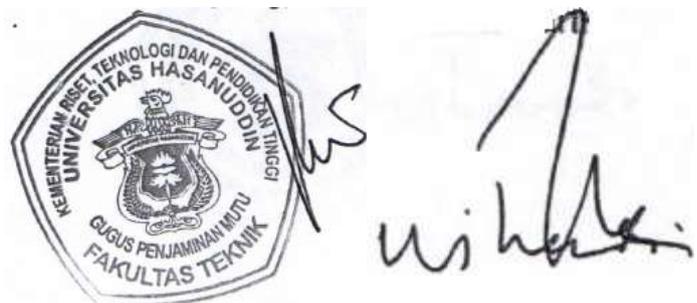
A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Wihardi'.

ABSTRACT

HARIS TRIBOWO. Experimental Study of Laterite Soil Strength Laboratory With Lime and Cement (supervised by **Muhammad Wihardi Tjaronge and Tri Harianto**).

Inadequate road infrastructure conditions make the airway a mainstay for transporting people and goods, including basic needs in Papua. In the economic view, it causes the high cost of distribution, which also automatically raises the prices of the various essential goods, especially in rural areas of Papua. Efforts to reduce distribution costs from one district to another in Papua continue to be implemented by the Indonesian government through the development of Trans-Papua highway infrastructure. This study aims to analyze the relationship of stress and strain in the compressive strength test of laterite-free soil containing hydrated lime ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) and analyze the relationship of stress and strain in the compressive strength test of laterite soil containing hydrated lime ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) and Portland composite cement (PCC). The results showed that the relationship between stress and strain of laterite soil with lime ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) were 5%, 10%, 15%, 20% and 30% with maximum compressive strength values of 0.62 MPa, 0.83 MPa, 0.94 MPa, 0.82 MPa and 0.71 MPa, respectively. Based on the maximum compressive strength value, it can be seen that the maximum compressive strength value increases along with the addition of lime content until it reaches an optimum value and decreases when it passes the optimum value of lime content addition. The relationship of lime content with compressive strength in the form of σ based on variations in the cement content used is 3 to 10%. It is seen that the compressive strength value increases with the addition of extinguished hydrated lime content ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) and decreases when passing the optimum lime content. The compressive strength value increases with the addition of cement content of 3% to 10%. So, lime and cement can be used as stabilization materials. The method used is a 2-stage method.

Keywords : Laterite soil, Lime, Cement, Compressive strength



DAFTAR ISI

	Halaman
KATA PENGANTAR	i
ABSTRAK	iii
ABSTRACT	iv
DAFTAR ISI	v
DAFTAR TABEL	vii
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR NOTASI	xi
BAB I PENDAHULUAN	
A. Latar Belakang	1
B. Rumusan Masalah	6
C. Batasan Masalah	7
D. Tujuan Penelitian	8
E. Manfaat Penelitian	8
F. Sistematika Penulisan	8
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
A. Isu Material Lokal Sebagai Bahan Perkerasan Jalan	11
B. Karakteristik Tanah	13
C. Kapur Sebagai Bahan Stabilisasi	19
D. Stabilisasi Tanah Dengan Semen	23
E. Pengujian Kuat Tekan (UCS)	28
F. Kerangka Pikir Penelitian	31



BAB III	METODOLOGI PENELITIAN	
	A. Lokasi dan Waktu Penelitian	33
	B. Rancangan Uji	36
	C. Pengujian Kuat Tekan Bebas.....	43
BAB IV	HASIL DAN PEMBAHASAN	
	A. Karakteristik Material	45
	B. Karakteristik Fisik dan Mekanik Campuran Tanah Laterit dengan Kapur Padam (CaOH_2).....	60
	C. Kuat Tekan Tanah Laterit.....	66
	D. Kuat Tekan Tanah Laterit dengan Kapur Padam (CaOH_2)	67
	E. Kuat Tekan Tanah Laterit dengan Kapur Padam (CaOH_2) dan Semen Portland Komposit (PCC).....	70
BAB V	KESIMPULAN DAN SARAN	
	A. Kesimpulan.....	81
	B. Saran	82
	DAFTAR PUSTAKA	83



DAFTAR TABEL

Nomor		Halaman
1.	Kriteria Pemilihan Bahan Stabilisasi	18
2.	Metode Pengujian Karakteristik Tanah Laterit	37
3.	Metode Pengujian Karakteristik CaOH_2	38
4.	Karakteristik Semen Portland Komposit	39
5.	Jumlah Benda Uji Campuran Tanah Laterit dan Kapur Padam	42
6.	Jumlah Benda Uji Campuran Tanah Laterit, Kapur Padam dan Semen	43
7.	Karakteristik Tanah Laterit	46
8.	Karakteristik Kimia Tanah Laterit.....	47
9.	Nilai Konsentrasi Unsur Tanah Laterit Berdasarkan Spektrum	48
10.	Karakteristik Kapur Padam.....	50
11.	Nilai Konsentrasi Kandungan Mineral CaCO_3	52
12.	Nilai Konsentrasi Kandungan Mineral CaO	53
13.	Nilai Konsentrasi Kandungan Mineral CaOH_2	55
14.	Perbandingan Komposisi Mineral Material Kapur	56
15.	Perbandingan Hasil Perubahan Bentuk Partikel 3 Jenis Kapur	56
16.	Karakteristik Fisik Semen Portland Komposit (PCC)	58
17.	Karakteristik Kimia Semen PCC (Hasil Uji XRF)	58

	Sifat Fisik dan Mekanik Campuran Tanah Laterit dengan Kapur Padam	61
--	--	----



19.	Perbandingan Kepadatan, Kadar Air Optimum, Batas Cair dan Indeks Plastisitas Untuk Material Kapur dan Tanah Laterit.....	69
20.	Perbandingan Kuat Tekan Antara Campuran Tanah dengan Material Kapur CaOH_2	69
21.	Rekapitulasi Hasil Pengujian Kuat Tekan Campuran Tanah Laterit, Kapur Padam dan Semen	79



DAFTAR GAMBAR

Nomor		Halaman
1.	Ruas Jalan di Kabupaten Jayapura, Jalan Besum	13
2.	Batu Karang (Batu Domato)	19
3.	Pengaruh Ukuran Partikel Lempung Pada Kekuatan Campuran yang Distabilisasi dengan Kadar Semen 20%	25
4.	Pengaruh Kadar Semen Pada Berbagai Jenis Tanah yang Distabilisasi dengan Semen Tipe I	26
5.	Kerangka Pikir Penelitian	32
6.	Bagan Alir Penelitian	36
7.	Proses Pemeraman Benda Uji	41
8.	Proses Tanpa Pemeraman Benda Uji	41
9.	Alat Pengujian Kuat Tekan.....	43
10.	Mineralogi Tanah Laterit.....	47
11.	Grafik Spektrum Tanah Laterit	48
12.	Bentuk Mineral Tanah laterit dengan Pembesaran 500 x	49
13.	Mineralogi CaCO ₃	51
14.	Spektrum CaCO ₃	51
15.	Hasil EDS CaO	52
16.	Grafik Spektrum CaO	53
17.	Mineralogi Ca(OH) ₂	54
	Hasil Grafik Spektrum Ca(OH) ₂	54
	Morfologi Semen PCC	59



20.	Hubungan Penambahan Kadar Kapur Padam dengan Kadar Air Optimum dan Kepadatan Kering Maksimum	62
21.	Hubungan Batas Cair dan Indeks Plastisitas dengan Kapur Padam (Ca(OH) ₂).....	63
22.	Hubungan Tegangan dan Regangan Tanah Laterit	67
23.	Hubungan Tegangan dan Regangan Campuran Tanah Laterit dengan Kapur Padam (Ca(OH) ₂)	68
24.	Hubungan Tegangan dan Regangan Tanah Laterit dengan Kapur Padam 5% dan Semen	71
25.	Hubungan Tegangan dan Regangan Tanah Laterit dengan Kapur Padam 10% dan Semen	73
26.	Hubungan Tegangan dan Regangan Tanah Laterit dengan Kapur Padam 15% dan Semen	74
27.	Hubungan Tegangan dan Regangan Tanah Laterit dengan Kapur Padam 20% dan Semen	76
28.	Hubungan Tegangan dan Regangan Tanah Laterit dengan Kapur Padam 30% dan Semen	77
29.	Hubungan Kadar Kapur Padam dengan Tegangan Puncak	79



DAFTAR NOTASI

Ca(OH)₂	= Kapur Padam
CaO	= Kapur Tohor
CaCO₃	= Batu Kapur
MPa	= Mega Pascal
DCP	= Dynamic Cone Penetrometer
CBR	= California Bearing Ratio
°F	= Derajat Fahrenheit
PI	= Indeks Plastisitas
LL	= Batas Cair
PL	= Batas Plastis
SL	= Batas Susut
f'c	= Kuat Tekan
P	= Beban Tekan
A	= Luas Penampang Benda Uji
SNI	= Standar Nasional Indonesia
UCS	= Unconfined Compressive Strength
AASHTO	= American Association of State Highway and Transportation Officials
PCC	= Portland Composite Cement
UTM	= Universal Testing Machine



BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Beberapa persoalan penting yang sering menjadi kendala, ketika membangun infrastruktur jalan, diantaranya adalah tidak tersedianya material di sekitar lokasi yang cukup untuk dapat dimanfaatkan sebagai material standar pada daerah-daerah tertentu seperti di wilayah Papua. Sehingga untuk memenuhi kebutuhan material yang memenuhi standar untuk konstruksi jalan seperti batu pecah untuk agregat kasar harus didatangkan dari luar Papua. Hal ini memperbesar biaya konstruksi jalan. Sebagian dataran Papua pada wilayah Jayapura dan Merauke tertutupi tanah laterit atau lateritic dan pada daerah Jayapura, Sorong, Fak-Fak, Manokwari dan Biak tersebar endapan batuan kapur dalam jumlah yang besar. Pembangunan jalan di atas tanah dasar yang berupa laterit yang tidak memiliki kekuatan memadai untuk menerima beban kendaraan membutuhkan penanganan yang khusus. Hal yang bisa dilakukan adalah dengan penanganan khusus terhadap tanah laterit yang berada di permukaan sehingga mendekati Standar Perkerasan Jalan. Salah satu metode peningkatan kemampuan material adalah pemanfaatan kapur (Ca(OH)₂), kapur tohor (CaO) dan semen yang dicampurkan tanah laterit.



Di Indonesia, sekarang ini terdapat banyak pembangkit listrik yang menggunakan batu bara sebagai bahan bakar. Hasil sampingan dari pembakaran batu bara berupa abu terbang yang tergolong sebagai material polusi (*pollutant*). Untuk mengurangi limbah abu terbang maka sejumlah pabrik semen mencampur abu terbang dan limbah yang mengandung pozzolan dengan klinker semen Portland untuk menghasilkan Semen Portland Komposit (SNI 15-7064-2004) dengan tujuan mengurangi konsumsi energi dan mengurangi penggunaan sumber alam tidak terbarukan (S. Antiohos dkk., 2005). Semen Portland Komposit dapat dikategorikan sebagai CEM II menurut standar Eropa EN 197-1:2000, di Indonesia baru diproduksi pada tahun 2005, namun di Eropa pangsa pasar semen kategori CEM II telah lebih 50%, lebih besar dari Semen Portland Jenis 1 yang hanya sekitar 35% (M.W.Tjaronge, 2012). Penelitian ini menggunakan semen Portland komposit yang tergolong baru di Indonesia, sehingga perlu banyak kajian secara komprehensif pada karakteristik tanah yang diperbaiki dengan menggunakan semen Portland komposit.

Lapisan tanah dasar atau *subgrade* merupakan lapisan tanah yang paling bawah dimana struktur lapisan perkerasan jalan (*subbase*, *base* dan *surface course*) diletakkan. Sifat lapisan fisik tanah dasar sangat mempengaruhi tebal dan mutu perkerasan secara keseluruhan. Oleh

u, dalam perencanaan tebal perkerasan jalan, data mengenai tanah dasar adalah penting dan mutlak untuk diketahui. Terdapat



banyak pengujian untuk mengevaluasi campuran tanah dengan kapur dan semen diantaranya uji kuat tekan bebas.

Penelitian yang dilakukan oleh Consoli N.C., dkk., 2001 memanfaatkan abu terbang kelas F dan kapur (*carbide lime*) untuk meningkatkan kapasitas lempung berpasir tidak plastis (*non plastic silty sand*). Salah satu instrumen pengujian yang dilakukannya adalah kuat tekan bebas. Hubungan tegangan dan regangan akibat beban tekan dievaluasi untuk memahami respon tanah yang distabilisasi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pengaruh bahan pozzolan dari abu terbang akan memberikan pengaruh yang optimal pada peningkatan kuat tekan setelah waktu lebih 90 hari.

Kajian eksperimental yang dilakukan oleh Suksun Horpibulsuk, (2003) menggunakan uji tekan bebas untuk menilai perkembangan kekuatan lempung yang dicampur dengan semen dan kandungan air yang tinggi. Hukum Abram yang digunakan di beton diterapkan untuk menentukan hubungan kuat tekan dengan jumlah air.

Suksun Horpibulsuk, dkk., 2005 memanfaatkan uji kuat tekan dan regangan vertikal akibat beban tekan pada tanah lempung jenuh air yang dicampur semen. Pengujian kuat tekan bebas dilakukan pada contoh tanah lempung dari Ariake, Saga Jepang. Batas Atterberg tanah adalah $w_L = 20\%$ dan $w_P = 57\%$, dengan berat jenis γ , pH dari larutan dalam pori

nsentrasi sodium klorida adalah masing-masing sebesar 2,61, 8,8, g/L. Pada kondisi asli kandungan airnya adalah 130%. Pada



penelitian tersebut kandungan airnya, w_c sekitar 120–250%. Kandungan semennya adalah sekitar 8 – 33%, menghasilkan penambahan air dengan semen w_c/C sebesar 7,5, 10 dan 15%. Hasil pengujian kuat tekan pada umur 28 hari menunjukkan kuat tekan pada w_c/C sebesar 7,5% sebesar 1900 - 2200 kPa dengan regangan vertikal sebesar 1 - 1,5%.

C. Tang, dkk., (2007) melakukan penelitian menggunakan semen untuk meningkatkan kemampuan tanah lempung (*clayed soil*). Salah satu hasil penelitian menunjukkan bahwa semen mampu bekerja sama dengan serat PP untuk meningkatkan kuat tekan dan kuat tarik langsung tanah lempung (*clayed soil*). Setelah umur 28 hari, campuran tanah berlempung tanpa semen memiliki kuat tekan sebesar 0,2 MPa dan penambahan semen 5% serta 8% akan menghasilkan campuran dengan kuat tekan sebesar 0,4 MPa dan 0,64 MPa.

Dash S. K., dkk., 2012, melakukan penelitian tentang penggunaan kapur untuk menstabilisasi tanah. Pengaruh stabilisasi kapur (CaO) terhadap tanah dievaluasi dengan menentukan karakteristik geoteknik dan salah satu diantaranya adalah uji kuat tekan bebas. Hasil pengujian kuat tekan pada tanah ekspansif menunjukkan bahwa ada nilai optimum untuk kandungan kapur. Pada umur 7 hari, tanah ekspansif yang dicampur kapur 9% dan 13% memiliki kuat tekan sebesar 2200 kPa dan 1500 kPa.

Penggunaan kapur yang berlebihan harus dihindari untuk tanah yang

dung banyak silika.



F. H. M. Portelinha, dkk., (2012), melakukan penelitian dengan mencampurkan semen dan kapur (*hydrated lime*) pada tanah laterit (*red-yellow latosol*) sebesar 1%, 2% dan 3% untuk meningkatkan kapasitas tanah pada aplikasi konstruksi jalan. Hasil pengujian menunjukkan bahwa kuat tekan tanah asli pada umur 7 dan 28 hari adalah sebesar 300 kPa dan kuat tekan tanah pada umur 7 hari dengan kandungan semen 3% adalah 1100 kPa dan dengan kapur 3% sekitar 600 kPa.

D. K. Paul dkk., (2013) menggunakan bahan pozzolan yaitu terak tanur tinggi dan abu terbang. Ada dua campuran yang diuji, yang pertama semen dan abu terbang serta campuran kedua yaitu terak tanur tinggi dan kapur padam digunakan dalam jumlah hingga 3% dari berat campuran untuk menstabilisasi material granular berupa batu pecah. Hasil pengujian kuat tekan menunjukkan bahan pozzolan dan bahan abu terbang dan terak tanur tinggi yang dicampur dengan bahan pengikat kapur padam dan semen mampu menyatukan material granular. Pada umur 28 hari kuat tekan campuran yang mengandung semen dan abu terbang dapat mencapai 4,2 MPa sedang campuran yang menggunakan kapur dan terak tanur tinggi dapat mencapai 3 MPa.

Yaolin Yi, dkk., 2014, memanfaatkan berbagai variasi jumlah dan campuran terak tanur tinggi (*ground granulated blast furnace slag, ggbs*), MgO, kapur dan semen Portland (jenis CEM I berdasarkan BS EN 197-1)

meningkatkan kapasitas mekanik tanah. Dua jenis tanah yang diuji yaitu *slightly clayey silty sand* dan *clayey silt*. Salah satu uji



mekanik yang dilakukan adalah uji kuat tekan. Hasil pengujian kuat tekan menunjukkan komposisi terak tanur tinggi dan MgO lebih efisien sebagai bahan pengikat dengan kandungan MgO sekitar 5 - 20% dan jumlah campuran. Pada umur 28 hari, campuran yang mengandung terak tanur tinggi - MgO memiliki kuat tekan empat kali lebih besar dibandingkan campuran yang mengandung semen Portland.

N. Latifi, dkk., (2015) melakukan penelitian terhadap tanah laterit yang dapat ditemukan didaerah tropis dan tanah laterit tersebut memiliki komposisi SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 dan CO_2 masing masing sebesar 25,46%, 31,10%, 35,53% dan 7,91%. Bahan stabilisasi cair (*liquid-stabilized*) TX-85 yang yang dapat diperoleh di pasaran di Malaysia digunakan untuk meningkatkan kemampuan tanah laterit yang telah disaring dengan saringan no. #2. Pengujian kuat tekan bebas dilaksanakan sebagai salah satu metode yang digunakan untuk mengevaluasi peningkatan kemampuan tanah laterit yang telah dicampur dengan bahan stabilisasi cair. Hasil uji kuat tekan bebas campuran yang mengandung 9% bahan stabilisasi adalah 984 kPa setelah umur 7 hari. Nilai ini sekitar empat kali lebih besar dari kekuatan tanah yang tidak mengandung bahan stabilisasi liquid.

B. Rumusan Masalah



rdasarkan latar belakang yang dikemukakan maka rumusan dalam penelitian ini adalah :

1. Bagaimana kekuatan pada uji kuat tekan bebas tanah laterit yang mengandung kapur padam (Ca(OH)_2).
2. Bagaimana kekuatan pada uji kuat tekan bebas tanah laterit yang mengandung kapur padam (Ca(OH)_2) dan semen Portland komposit (PCC).
3. Berapa persen kadar kapur padam (Ca(OH)_2) dan kadar semen Portland komposit (PCC) yang optimal untuk menstabilisasi tanah laterit.

C. Batasan Masalah

Permasalahan tanah laterit yang di stabilisasi dengan kapur dan semen demikian luas, sehingga dipandang perlu membatasi masalah penelitian ini agar dapat lebih terarah sehingga penelitian ini fokus pada hal-hal yaitu :

1. Penelitian yang dilakukan adalah berbentuk uji kuat tekan bebas secara eksperimen yang dilaksanakan di laboratorium.
2. Tanah laterit yang digunakan berasal dari desa Mindiptana, Kabupaten Merauke Provinsi Papua.
3. Kapur padam (Ca(OH)_2) yang digunakan diproduksi oleh salah satu produsen kapur padam di kota Makassar, Provinsi Sulawesi Selatan.
4. Semen yang digunakan adalah jenis Semen Portland Komposit yang

tidak terdapat di pasaran.



D. Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah di atas, maka penelitian ini bertujuan yaitu :

1. Menganalisis kekuatan uji kuat tekan bebas tanah laterit yang mengandung kapur padam ($\text{Ca}(\text{OH})_2$).
2. Menganalisis kekuatan uji kuat tekan bebas tanah laterit yang mengandung kapur padam ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) dan semen Portland komposit (PCC).
3. Menemukan nilai persen kadar kapur padam ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) dan kadar semen Portland komposit (PCC) yang optimal untuk menstabilisasi tanah laterit.

E. Manfaat Penelitian

Beberapa manfaat yang bisa diperoleh dengan mengaplikasikan hasil penelitian ini adalah :

1. Tersedianya formula pemanfaatan tanah laterit yang dicampur dengan kapur dan semen sebagai material konstruksi khususnya material untuk perbaikan lapisan tanah dasar.
2. Sumbangan bagi ilmu pengetahuan dengan tersedianya komposisi ideal untuk perencanaan jalan dengan material tanah laterit, kapur dan



3. Hasil penelitian diharapkan dapat diaplikasikan untuk menanggulangi permasalahan tanah laterit sebagai tanah dasar. Diharapkan hasil penelitian ini dapat mendukung program pemerintah untuk membangun jalan ke daerah-daerah yang tidak memiliki batuan berbutir.

F. Sistematika Penulisan

Agar lebih terarah tulisan ini, sistematika penulisan disertasi yang akan dilakukan sesuai tahapan-tahapan yang dipersyaratkan sehingga produk yang dihasilkan lebih sistematis sehingga susunan disertasi ini dapat diurutkan yaitu :

BAB I PENDAHULUAN

Dalam bab ini, memberikan gambaran tentang pentingnya masalah ini diangkat sebagai sebuah disertasi dengan berbagai pertimbangan-pertimbangan yang ada. Pokok-Pokok bahasan dalam BAB ini adalah latar belakang masalah, rumusan masalah, batasan masalah, maksud dan tujuan dari penelitian ini, manfaat dari penelitian ini, dan sistematika penulisan yang menjadi dasar dalam penulisan disertasi ini.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Dalam bab ini, memberikan gambaran tentang teori gambaran umum lokasi penelitian, tanah laterit, kapur dengan berbagai reaksi kimia yang terjadi, Semen Portland Komposit dan pengujian kuat tekan bebas serta informasi mengenai penelitian-



penelitian terdahulu tentang campuran stabilisasi tanah laterit dengan kapur dan semen.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Dalam bab ini, dijelaskan metode yang digunakan dalam penelitian ini, pengujian karakteristik yang dilakukan tanah laterit, kapur dan semen, bagan alir penelitian, pembuatan benda uji dan rencana jumlah benda uji, pengujian kuat tekan bebas serta kerangka pikir penelitian.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam bab ini, disusun hasil-hasil pengujian diantaranya adalah hasil pemeriksaan karakteristik tanah laterit, karakteristik kapur, karakteristik semen, proporsi campuran tanah laterit dengan kapur dan semen (*mix design*), validasi penelitian ini adalah pengujian kuat tekan campuran tanah laterit, kapur dan semen.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Merupakan bab yang menyimpulkan hasil dari analisis penelitian dan memberikan saran-saran dan rekomendasi penelitian.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Isu Material Lokal Sebagai Bahan Perkerasan Jalan

Kondisi infrastruktur jalan darat yang tidak memadai menjadikan jalur udara sebagai andalan untuk pengangkutan orang dan barang, termasuk berbagai kebutuhan pokok di Papua. Dalam kaca mata ekonomi, hal tersebut menyebabkan mahalnya biaya distribusi, yang berarti secara otomatis juga menaikkan harga berbagai barang kebutuhan pokok tersebut, terutama di pedalaman Papua. Upaya untuk menurunkan biaya distribusi dari satu kabupaten ke kabupaten lain di wilayah Papua terus dilakukan pemerintah Indonesia melalui pembangunan infrastruktur jalan raya Trans - Papua.

Dalam rangka pembangunan infrastruktur jalan tersebut, ada beberapa persoalan yang sering menjadi hambatan. Salah satunya adalah tidak tersedianya material lokal di daerah-daerah tertentu, misalnya wilayah Papua bagian selatan seperti Kabupaten Merauke dan sekitarnya serta Papua bagian Utara seperti kabupaten Sarmi dan sekitarnya, dimana tidak terdapat material yang baik untuk dipergunakan sebagai material jalan (pasir, batu dan

berbutir). Oleh karena itu, untuk memenuhinya harus didatangkan dari Kabupaten Merauke bahkan dari luar pulau Papua seperti dari i. Alternatif lain yang bisa dilakukan adalah dengan melakukan



perlakuan khusus terhadap tanah yang ada di Merauke sehingga paling tidak bisa mendekati standar perkerasan jalan.

Dalam rangka memanfaatkan material lokal, diperlukan penelitian yang bersifat inovatif dan aplikatif agar hasil penelitian benar-benar dapat bermanfaat untuk mengatasi masalah yang ada. Salah satu yang bisa dimanfaatkan adalah batu kapur yang banyak terdapat di Papua. Paling tidak bisa memperkecil *cost* dibandingkan bila harus didatangkan dari Sulawesi. Batu karang secara geologis disebut batu domato (batu lunak) yang merupakan batuan sedimen kimiawi yang terbentuk dari bahan-bahan organik (Hendarsin, 2002).

Sebagian besar wilayah Papua adalah daerah karts/daerah kapur dimana ketersediaannya sangat melimpah dan hampir terdapat di setiap daerah. Penggunaan yang umum oleh masyarakat adalah di Provinsi Papua adalah untuk beton rabat (cor sederhana), dicetak menjadi batako material timbunan dan pembangunan jalan. Secara khusus pada pembangunan jalan, material batu kapur banyak digunakan sebagai timbunan pilihan. Jalan-jalan desa dengan volume lalu lintas yang rendah biasanya hanya menggunakan batu kapur yang langsung dihampar dan dipadatkan tanpa dicampur dengan material lain seperti yang terlihat pada Gambar 1 dimana merupakan salah

s jalan di Kabupaten Jayapura, Jalan Besum yang terbuat dari batu kapur yang dihampar dan dipadatkan.





Gambar 1. Ruas jalan di Kabupaten Jayapura, Jalan Besum

Metode lain untuk memanfaatkan batu kapur adalah dicampur dengan tanah dimana dalam hal ini batu kapur berfungsi sebagai material stabilisasi. Metode ini dapat diaplikasikan di daerah dengan kondisi tanah yang buruk dan tidak memiliki material berbatu seperti daerah Merauke. Kabupaten Merauke secara umum tidak mempunyai batu sama sekali, sehingga yang digunakan sebagai lapis pondasi bawah adalah tanah yang distabilisasi dengan semen, sementara harga semen sangat mahal. Batu kapur bisa didatangkan dan digunakan sebagai pengganti semen karena harganya bisa lebih murah. Selain itu batu kapur dapat juga dicampur dengan semen dan digunakan sebagai material lapis pondasi bawah.

B. Karakteristik Tanah

Tanah didefinisikan sebagai material yang terdiri dari butiran mineral-padat yang terikat secara kimia satu sama lain dan dari bahan



organik yang telah melapuk (yang berpartikel padat) disertai dengan zat cair dan gas yang mengisi ruang-ruang kosong diantara partikel padat tersebut (Das, 1995). Tanah adalah himpunan mineral, bahan organik dan endapan-endapan yang relatif lepas (*loose*) yang terletak di atas batuan dasar (*bed rock*) (Hardiyatmo, H.C., 2010).

1. Tanah Laterit

Curah hujan yang tinggi, suhu yang tinggi, eluviasi yang intensif, dan sistem pengaliran yang baik mempengaruhi tebal pelapukan tanah laterit di daerah tropis (Wei dkk., 2014). Tanah laterit adalah batuan heterogen dan anisotropik yang tersusun dari formasi kuat dari mineral yang mengandung besi yang keras dan diresapi dengan bahan lempung lunak (Kasthurba, dkk., 2007 dalam K. Muthusamy dkk., 2015). Tanah laterit adalah tanah yang kaya oksida, besi, aluminium atau keduanya (Raju dan Ramakrishnan, 1972 dalam K. Muthusamy dkk., 2015). Tanah laterit banyak digunakan sebagai bahan bangunan kerana jumlahnya banyak tersedia di beberapa bagian dunia. Penggunaan tanah laterit sebagai bahan pengganti agregat halus dalam beton telah diteliti secara ekstensif (Adepegba 1975 dalam K. Muthusamy dkk., 2015; Fola dkk., 1990; Oyekan dan Balogun, 1997; Salau dan Balogun, 1998; Ettu dkk., 2013 dalam K. Muthusamy dkk., 2015).

Tanah laterit adalah tanah yang terbentuk di daerah tropis atau sub tropis dengan tingkat pelapukan tinggi pada batuan basa sampai batuan granit yang didominasi oleh kandungan logam besi. Tanah ini



mengandung mineral-mineral lempung yang relatif tinggi utamanya illite dan montmorillonite, sehingga potensi kerusakannya relatif besar jika dilakukan pekerjaan konstruksi pada tanah seperti ini. Tanah laterit merupakan kelompok tanah dari hasil pelapukan yang tinggi, terbentuk dari hasil konsentrasi hidrasi oksida besi dan aluminium (Thagesen, 1996 dalam Olugbenga O Amu, 2011). (Portelinha, dkk., 2012) mengemukakan bahwa sangat efisien meningkatkan kemampuan tanah laterit dengan hanya menambahkan 3% semen dan 2% kapur. Sifat-sifat kimia campuran sangat sesuai dengan perilaku plastisitas, ditunjukkan bahwa kandungan kapur 3% mendukung alterasi mineralogi, hidrasi akibat reaksi dengan semen mengurangi nilai indeks plastisitas. Modifikasi tanah dengan kapur mengeliminasi potensi pengembangan tanah, bila ditambahkan semen 2%, modifikasi juga meningkatkan kekuatan dan modulus tanah utamanya setelah pemeraman 28 hari.

2. Stabilisasi Tanah

Dalam bidang jalan raya, istilah tanah mencakup semua bahan dari tanah lempung (*clay*) sampai kerakal (batu-batu yang besar) yang dapat digunakan sebagai bahan jalan baik sebagai tanah dasar maupun sebagai lapisan lainnya pada struktur perkerasan jalan. Salah satu persyaratan utama

penggunaan bahan tanah sebagai tanah dasar untuk perkerasan jalan adalah bahwa tanah tersebut harus cukup kuat untuk meneruskan dan menahan beban volume lalu lintas.



Dalam perencanaan pembangunan jalan terutama di daerah-daerah di Indonesia ini, salah satu faktor yang harus dipertimbangkan adalah tersedianya bahan jalan yang memenuhi persyaratan yang disyaratkan oleh spesifikasi. Tersedianya bahan tersebut sangat terbatas pada daerah-daerah tertentu, bahkan mungkin tidak tersedia sehingga harus didatangkan dari daerah lain yang tentunya akan membutuhkan biaya angkut yang cukup besar dengan demikian biaya konstruksi secara keseluruhan menjadi lebih tinggi sehingga biaya yang dibutuhkan sangat begitu tinggi terkhusus pada daerah-daerah pelosok.

Stabilisasi merupakan salah satu alternatif agar dapat memanfaatkan bahan setempat seoptimal mungkin serta meningkatkan sifat-sifat dan kekuatan tanah. Sifat-sifat dan kekuatan tanah yang dapat diperbaiki melalui stabilisasi adalah :

1. Kekuatan yaitu meningkatkan daya dukung.
2. Perubahan volume yaitu membatasi perubahan volume akibat perubahan kadar air.
3. Durabilitas yaitu meningkatkan ketahanan terhadap erosi, cuaca dan pemakaian arus lalu lintas.
4. Permeabilitas yaitu mengurangi sifat tembus air (permeabilitas).



...nggunaan tanah dasar yang sifat-sifatnya tidak sesuai dengan
...tan, maka ada tiga kemungkinan pemecahan masalahnya yaitu

pertama menerima tanah yang ada tetapi dengan membatasi beban yang diijinkan sesuai dengan kemampuan tanah yang ada. Kedua membuang tanah yang ada dan menggantinya dengan tanah yang baru dengan memenuhi persyaratan spesifikasi untuk tanah dasar. Ketiga memperbaiki sifat-sifat tanah tersebut dengan cara stabilisasi dengan bahan-bahan yang murah dan mudah didapatkan apalagi bahan-bahan yang tersedia pada daerah atau material lokal sehingga dapat meningkatkan kekuatan tanah tersebut. Stabilisasi dapat dilakukan dengan beberapa metode diantaranya metode mekanis, metode fisika dan metode kimiawi. Stabilisasi kimia adalah metoda stabilisasi yang sering dijadikan alternatif bila metode mekanis dan fisika tidak dapat memenuhi sifat fisik tanah yang diinginkan dan memenuhi persyaratan spesifikasi untuk bahan jalan. Bahan yang sering digunakan dalam stabilisasi kimia antara lain :

1. Bahan organik non-bitumious, seperti semen dan kapur
2. Garam
3. Bahan-bahan yang merupakan turunan dari minyak bumi
4. Polimer

Stabilisasi dengan menggunakan semen pernah dilakukan

tersebutnya di Puslitbang jalan dan jembatan, baik pengujian laboratorium maupun pelaksanaan lapangan. Bahan stabilisasi dengan semen biasanya digunakan dengan tanah klasifikasi A-6 dengan plastisitas rendah (SC)



dan pasir klasifikasi A-2-4 termasuk pasir kelempungan. Hasil pengujian dengan penambahan semen 6 - 8% dapat meningkatkan nilai CBR sebesar 16 kali dan UCS (kuat tekan bebas) sebesar 4 kali. Didalam pelaksanaan stabilisasi terutama untuk bahan-bahan stabilisasi kimia yang perlu selalu dapat perhatian didalam penggunaannya harus disesuaikan dengan petunjuk dari pembuatnya (*production*), baik jumlah pemakaian bahan stabilisasi maupun jenis tanah yang akan distabilisasi. Banyak ditemui kegagalan didalam pelaksanaan stabilisasi tanah karena kurang cocoknya bahan stabilisasi dengan tanah yang distabilisasi. Tabel 1 memperlihatkan kriteria pemilihan bahan stabilisasi yang dipersyaratkan oleh Austroad tahun 1999.

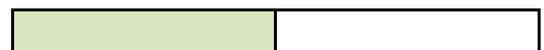
Tabel 1. Kriteria pemilihan bahan stabilisasi (AUSTROAD, 1999)

Indeks Plastisitas	Lolos #200 > 25%			Lolos #200 < 25%		
	IP ≥ 10	10 ≥ IP ≤ 20	IP ≥ 10	IP ≤ 10	IP ≤ 10	IP ≥ 10
				IP × %P200 ≤ 60		
Bahan Stabilisasi						
Semen						
Kapur						
Aspal						
Kombinasi Aspal/Semen						
Kimia Lain						

Keterangan



Cocok



Meragukan

Tidak Cocok



C. Kapur Sebagai Bahan Stabilisasi

Kapur merupakan salah satu material untuk pembangunan yang telah banyak dipakai oleh manusia dan digunakan sebagai bahan stabilisasi pada tanah yang memiliki kinerja yang buruk dan dimanfaatkan juga pada tanah lunak. Sejak lama campuran lempung-kapur telah banyak dipakai sebagai bahan bangunan. Batu kapur mengandung 98,9% kalsium karbonat (CaCO_3) dan 0,95% magnesium karbonat (MgCO_3) (Russell, 2007). Gambar 2 memperlihatkan bentuk fisik batu karang atau batu domato.



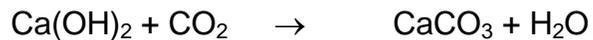
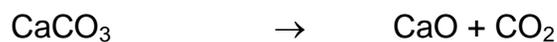
Gambar 2. Batu karang (batu domato)

Kapur (*lime*) merupakan salah satu mineral industri yang banyak digunakan oleh sektor industri maupun konstruksi. Secara umum kapur bersifat hidrolis, tidak menunjukkan pelapukan dan dapat terbawa arus.

Bentuk fisik kapur merupakan sebuah benda putih dan halus. Bahan dasar adalah batu kapur. Batu kapur mengandung kalsium karbonat CaCO_3 , pemanasan ($\pm 980^\circ\text{C}$) karbon dioksidanya keluar dan tinggal



kapurnya saja (CaO). Kapur dari hasil pembakaran ini bila ditambahkan air akan mengembang dan retak. Banyak panas yang dikeluarkan (seperti mendidih) selama proses ini, dan hasilnya ialah “*Calcium Hydroksida*” (Ca(OH)₂). Air yang dipakai untuk proses ini secara teoritis diperlukan hanya 32% berat kapur, akan tetapi karena faktor-faktor antara lain pembakaran, jenis kapur dan sebagainya kadang-kadang air yang diperlukan sampai 2 atau 3 kali volume kapur. Proses ini disebut “*slaking*” adapun sebagian hasilnya yaitu kalsium hidroksida disebut “*slaked lime* atau *hydrated lime*”. Dari kalsium hidrat ini akan diperoleh mortel kapur. Mortel ini di udara terbuka menyerap karbon dioksida (CO₂) dan dengan proses kimia menghasilkan CaCO₃ yang rumus kimia proses tersebut dapat ditulis yaitu :



Jenis batuan dapat dibagi menjadi 2 (dua) bagian utama, yaitu : batu kapur (*limestone*) dan dolomit (*dolostone*). Suatu batuan disebut batu kapur (*limestone*) apabila mengandung kalsit (CaCO₃) ≥ 90 % dan disebut dolomit (*dolostone*) apabila mengandung dolomit (CaMgCO₃) ≥ 90 %. Kapur adalah sedimen terutama yang terdiri dari kalsium karbonat (CaCO₃) dalam



bentuk kalsit mineral. Batuan ini paling sering terbentuk di perairan laut yang dangkal.

Batu kapur berwarna putih keabu-abuan dengan kekerasan 3,00 Mohs, berbutir halus hingga kasar dan mempunyai sifat mudah menyerap air serta mudah dihancurkan. Batu kapur juga mudah larut dalam asam. Batu kapur yang larut dalam asam akan menghasilkan gas karbon dioksida. Batu kapur akan menjadi semakin tidak larut dalam air dengan naiknya temperatur. Adapun batu kapur lebih banyak digunakan dalam industri karena banyak terdapat di alam dan banyak manfaatnya, misanya dalam pembuatan kalsium klorida (Amethyst, 2010).

Sifat kimia (CaCO_3) antara lain tidak mudah terbakar dan bersifat stabil, dapat diperoleh secara alami dalam bentuk barang tambang berupa kapur (Patnaik, 2003). Oleh karena itu tidak akan terjadi reaksi mekanis saat dicampur dengan tanah laterit kerana (CaCO_3) bersifat stabil. Amethyst, 2010 membagi tipe kapur menjadi 5 tipe dasar, yaitu :

- 1) Kapur tohor kalsium tinggi (*high-calcium quiqlime*)... CaO .
- 2) Kapur tohor dolomatik (*dolomitic quiqlime*).... $\text{CaO}+\text{MgO}$.
- 3) Kapur kalsium terhidrasi (*hydrated high-calciumlime*)..... $\text{Ca}(\text{OH})_2$.
- 4) Kapur dolomitik terhidrasi normal (*normal hydrated dolomitic*)..... $\text{Ca}(\text{OH})_2 + \text{MgO}$.
- 5) Kapur dolomitik terhidrasi tekan (*pressure-hydrated dolomitic*)..... $\text{Ca}(\text{OH})_2 + \text{Mg}(\text{OH})_2$.

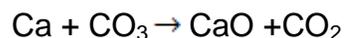


SNI 03-4147-1996 membagi tipe kapur menjadi 4 macam :

- 1) Kapur tipe I, yaitu kapur yang mengandung kalsium hidrat tinggi; dengan kadar magnesium oksida (MgO) paling tinggi 4%.
- 2) Kapur tipe II, yaitu kapur magnesium atau dolomit dengan magnesium oksida lebih dari 4% dan maksimum 36% berat.
- 3) Kapur tohor, yaitu hasil pembakaran batu kapur pada suhu $\pm 900^{\circ}\text{C}$, dengan komposisi sebagian besar kalsium karbonat (CaCO_3).
- 4) Kapur padam, yaitu kapur dari hasil pemadaman kapur tohor dengan air, sehingga terbentuk hidrat $\text{Ca}(\text{OH})_2$.

Kapur mentah atau kapur tohor pada prinsipnya terdiri dari kalsium oksida CaO . Kapur tohor ini diperoleh dari pembakaran batu kapur (*limestone*) pada suhu lebih kurang 900°C . Jika dibakar dengan suhu tersebut, maka karbon dioksidanya ke luar dan tinggal kapurnya saja (CaO).

Proses kimia pembentukan kapur adalah :



Kapur padam adalah kalsium hidroksida $\text{Ca}(\text{OH})_2$ dan berasal dari hidrasi kapur tohor. Kalsium hidroksida terbentuk dari penambahan air pada kapur tohor. Reaksi hidrasi adalah :

Kapur tohor + air \rightarrow kapur padam + panas



Menurut SNI 03-3437-1994, perencanaan kadar kapur dalam campuran harus memenuhi ketentuan yaitu :

- 1) Kadar kapur yang digunakan dalam campuran tanah-kapur adalah 2% - 15%. Kadar kapur dihitung terhadap berat kering tanah.
- 2) Dengan berbagai nilai persentase kadar kapur, lakukan serangkaian uji pemadatan standar di laboratorium. Tentukan nilai kadar air optimum dan berat volume kering maksimum dari masing-masing persentase kadar kapur tersebut.
- 3) Melakukan uji tekan bebas dan uji CBR pada nilai-nilai kadar air optimum dan berat volume kering maksimum tersebut, dengan jumlah benda uji masing-masing 3 buah.
- 4) Efisiensi alat di laboratorium adalah 100%.

D. Stabilisasi Tanah Dengan Semen

Stabilisasi tanah dengan semen untuk aplikasi jalan raya umumnya digunakan untuk material lapis pondasi (*base*) atau lapis pondasi bawah (*subbase*). Material lapis pondasi jalan umumnya dipilih yang berkualitas tinggi. Semen digunakan untuk mereduksi atau menghilangkan secara total palstisitas material granural yang akan digunakan untuk lapis pondasi jalan,

s mempertinggi kekuatannya. Hasil yang baik dalam stabilisasi adalah apabila tanah asli bergradasi baik dan mempunyai butiran



halus kurang dari 50% serta indeks plastisitas (PI) kurang dari 18, dan batas cair (LL) kurang dari 40.

SNI 03-3438-1994 mensyaratkan tanah yang digunakan untuk stabilisasi semen adalah tanah laterit, tanah kepasiran dan sirtu. Sifat-sifat campuran tanah-semen bergantung pada banyaknya semen dan tingkat kepadatan. Pemasakan merupakan hal penting, tidak hanya pada derajat kepadatan, tetapi juga ketepatan waktu.

Pencampuran tanah dengan semen umumnya dilakukan dengan kadar semen berkisar di antara 5 - 15% dari berat keringnya. Volume semen yang dibutuhkan untuk stabilisasi, akan bertambah, bila plastisitas tanah bertambah. Untuk tanah-tanah yang mempunyai plastisitas tinggi, dibutuhkan semen sekitar semen sekitar 15 - 20% terhadap beratnya untuk membuat tanah menjadi agak keras. Faktor-faktor utama yang mempengaruhi sifat-sifat campuran tanah dengan semen adalah :

1) Macam tanah

Untuk menghasilkan kekuatan tertentu, tanah-tanah berbutir halus, seperti lempung, membutuhkan semen yang lebih banyak, oleh karena itu, stabilisasi semen tidak cocok untuk tanah-tanah lempung dan lanau organik, dan kemungkinan metode lain harus digunakan bila tanahnya A-6 dan A-7

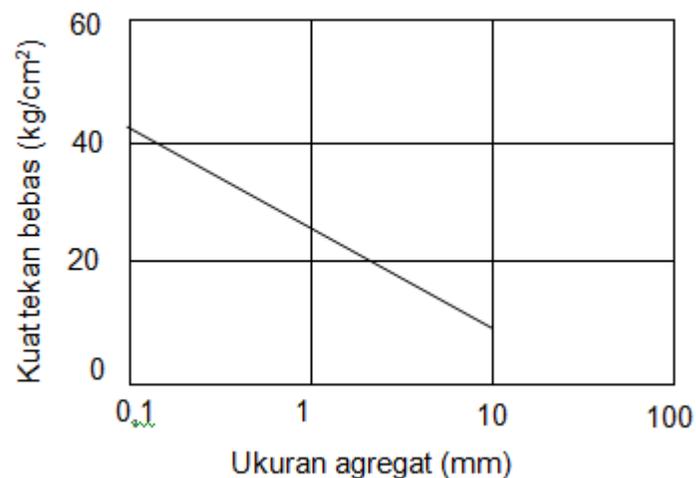
, MH, dan CH). Walaupun sudah distabilisasi, tanah-tanah plastis masih tetap mudah melunak dan mengembang dengan naiknya



kadar air sehingga akan mengurangi tingkat durabilitas dari campuran tanah yang distabilisasi dengan semen (Das, 1995).

2) Ukuran butiran

Derajat penghancuran dan efisiensi pencampuran sangat berpengaruh pada kekuatan campuran tanah dengan semen. Di lapangan, umumnya sangat dibutuhkan penghancuran sedemikian rupa sehingga tidak memasukkan partikel dengan ukuran batuan dengan besar 80% yang lolos saringan no. 4 (4,74 mm) dan pencampuran harus merata sehingga campuran betul-betul homogen. Pengaruh dari penghancuran dan pencampuran yang buruk sangat terlihat terutama pada stabilisasi tanah lempung. Gambar 3 memperlihatkan pengaruh ukuran partikel lempung dan kekuatan campuran yang distabilisasi dengan kadar semen 20%.

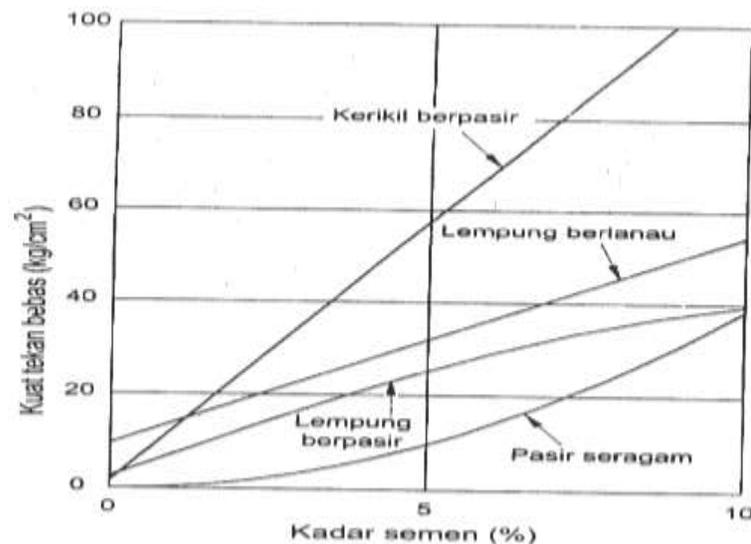


3. Pengaruh ukuran partikel lempung pada kekuatan campuran yang distabilisasi dengan kadar semen 20%



3) Kadar semen

Untuk maksud stabilisasi, campuran tanah-semen dapat berhasil baik dengan hanya kadar semen 4%, namun dalam kasus yang lain, kebutuhan kadar semen bisa mencapai 20 sampai 25% untuk mencapai kekuatan yang dibutuhkan. Dengan kadar semen yang tinggi tersebut, biaya pelaksanaan stabilisasi semen menjadi tidak ekonomis lagi. Tanah-tanah lempung yang berhasil distabilisasi dengan semen adalah tanah-tanah lempung dengan kandungan lempung kurang dari 30%, dan membutuhkan kadar semen 12 sampai 20%. Campuran pasir-lempung dapat menghasilkan kekuatan lebih tinggi dan awet, dengan kadar semen antara 5 sampai 8%. Gambar 4 memperlihatkan pengaruh kadar semen pada berbagai jenis tanah yang distabilisasi dengan semen tipe I.



4. Pengaruh kadar semen pada berbagai jenis tanah yang distabilisasi dengan semen tipe I (Metcalf, 1959)



4) Kepadatan

Hal yang juga penting selain kadar semen adalah kepadatan (berat volume kering). Dalam tanah-tanah granular yang dipadatkan, umumnya penambahan semen relatif sedikit dapat menambah kekuatan dan daya tahannya beberapa kali.

5) Pengaruh waktu pemeraman

Hidrasi semen membuat campuran tanah dan semen menjadi material keras. Semen beraksi dengan silika tanah untuk mengikat partikel-partikel tanah. Pada saat pelaksanaan campuran tanah-semen, waktu perawatan atau pemeraman perlu diberikan. Waktu perawatan sangat penting, karena kekuatan campuran naik secara berangsur-angsur dengan umur pemeraman.

6) Pengaruh kadar air

Dalam pelaksanaan, disarankan menggunakan air murni seperti pada pekerjaan beton, yaitu air harus tidak mengandung alkali, garam atau bahan organik secara berlebihan. Dalam stabilisasi tanah-semen, prinsip-prinsip untuk menghasilkan kualitas beton yang baik. Seperti pada beton, rasio air semen sangat mempengaruhi hasil stabilisasi. Pemeraman atau perawatan yang tepat, yaitu tanpa adanya kehilangan air akibat penguapan sangat penting.

Kadar air ditentukan dari persyaratan untuk kepadatan. Air yang diperlukan untuk hidrasi hanya sekitar $\frac{1}{4}$ dari berat semen yang dibutuhkan.



Biasanya didapatkan sedikit reduksi kepadatan maksimum tanah setelah ditambahkan semen.

E. Pengujian Kuat Tekan (UCS)

Kuat tekan *Unconfined Compressive Strength* (UCS) adalah sebuah metode untuk mengetahui nilai beban yang dapat diterima dari suatu campuran perkerasan tanpa mengalami kegagalan. Pada konstruksi perkerasan fleksibel kuat tekan merupakan kemampuan lapisan perkerasan untuk menahan beban yang ada secara vertikal. Parameter – parameter hubungan kurva tegangan – regangan merupakan karakteristik dasar dari suatu benda akibat beban jangka pendek.

Dalam menentukan hubungan tegangan-regangan campuran akibat beban tekan dalam waktu jangka pendek digunakan uji kuat tekan (*Unconfined Compressive Strength*). Starodubsky dkk, 1994 telah melakukan penelitian yang bertujuan menginvestigasi model keruntuhan benda uji, mempelajari perilaku campuran di bawah beban sebagai penurunan kekuatan material, menjelaskan kurva tegangan – regangan campuran dibawah batas elastis pada daerah yang menanjak. Penelitian tersebut menggunakan benda uji dengan diameter 100 mm dan 150 mm dan dipadatkan dengan tekan

berbagai variasi tekanan statik 6, 12, 18, 24, 36 MPa atau dengan



getaran, agregat yang digunakan adalah basal dan batu kapur (*lime stone/dolomite*).

Kurva yang dihasilkan oleh campuran memperlihatkan pola yang umum yang terlihat pada beton dan batuan. Analisa menunjukkan bahwa kurva tegangan – regangan dapat dibagi dalam lima bagian yang spesifik (*Peng dkk, 2006*) menggunakan pengujian kuat tekan tidak tertekan (UCS) pada benda uji berdiameter 100 mm dan tinggi 100 mm yang diambil dari inti bor pada benda uji. ASTM mengeluarkan pedoman dalam pengujian *compressive strength* dengan kode ASTM C39-86 “standar test method for *compressive cylindrical concrete spesimens*”

1. Kekuatan

Pengujian kekuatan tekan dapat menggunakan standar ASTM C39-86 “standar test method for *compressive cylindrical concrete spesimens*” (ASTM,1993), SK,SNI. M-10-1991-03

Kuat tekan merupakan besarnya beban persatuan luas yang menyebabkan material hancur. Setiap gaya atau beban yang diterapkan pada material akan menghasilkan tegangan dan regangan dalam materi. Tegangan merupakan intensitas dari reaksi gaya yang terjadi pada setiap titik dalam material yang disebabkan oleh beban layanan, kondisi perakitan,

tan, dan perubahan suhu. Nilai kuat tekan umumnya didapat dari n standar dengan benda uji yang lazim digunakan berbentuk silinder. oski, 1987). Rumus yang untuk perhitungan kuat tekan adalah:



$$f_c = \frac{P}{A} \dots \dots \dots (1)$$

Dimana :

f_c = kuat tekan benda uji, (MPa)

P = beban maksimum, (kN)

A = luas penampang benda uji (mm^2)

Kuat tekan sangat dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain, pengaruh dari perbandingan campuran, pengaruh air untuk membuat campuran, pengaruh umur benda uji, pengaruh waktu pencampuran, pengaruh perawatan, pengaruh bahan campuran tambahan.

2. Modulus elastisitas

Modulus elastisitas biasa juga disebut modulus young setelah *Thomas Young* membuat konsep baru pada tahun 1807. Modulus elastisitas (E) dapat digunakan untuk berbagai material padat yang merupakan rasio konstan dari tegangan dan regangan dengan persamaan 2.

$$E = \frac{\sigma}{\epsilon} \dots \dots \dots (2)$$

Dimana :

E = Modulus elastisitas campuran tanah lempung dan karang (MPa)

σ = Tegangan campuran tanah lempung dan karang (MPa/mm^2)

Regangan (mm)

Ini merupakan salah satu pendekatan yang dapat digunakan untuk mengetahui tegangan – regangan dalam campuran kapur dan tanah



lempung. Parameter kurva tegangan-regangan (SSC) merupakan karakteristik yang utama pada campuran kapur dan tanah lempung. Dalam analisis kurva tegangan – regangan dapat dibagi dalam 5 (lima) segmen yaitu *concave domain*, *linier domain*, *nonlinier domain*, *peak domain*, *descending branch* (Starodubsky dkk., 1994).

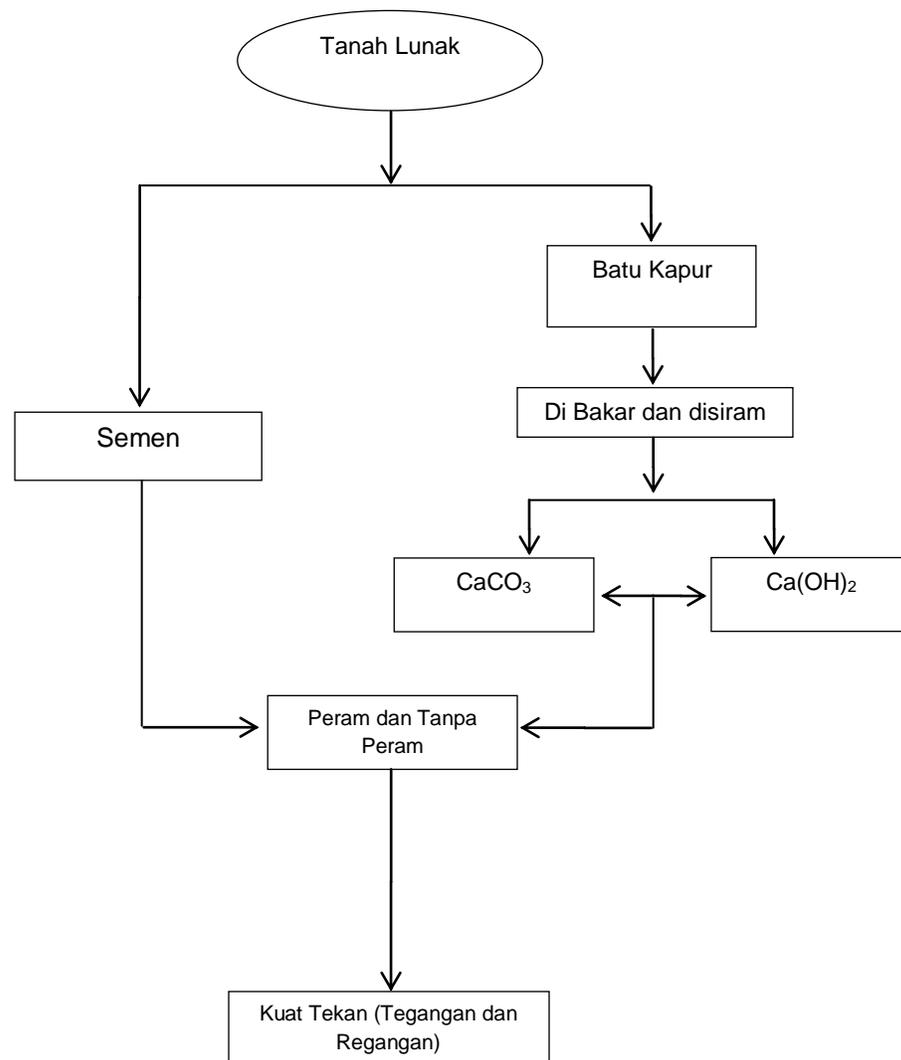
Modulus elastisitas merupakan satu propertis mekanis yang sangat penting dalam campuran tanah lempung dan kapur karena memiliki korelasi dengan tegangan campuran dan ketahanan terhadap regangan.

F. Kerangka Pikir Penelitian

Terdapat beberapa persoalan penting yang sering menjadi hambatan, ketika melaksanakan pembangunan jalan, yaitu tidak tersedianya material lokal yang cukup untuk dimanfaatkan, seperti wilayah Papua. Solusi yang diusulkan untuk mengatasi hal ini adalah menggunakan batu kapur yang banyak terdapat di Papua dimana batu kapur berfungsi sebagai material stabilisasi tanah sehingga biaya dapat diperkecil dengan memanfaatkan material lokal. Dewasa ini, untuk stabilisasi tanah lunak selalu dilakukan dengan stabilisasi satu tahap namun pada akhir-akhir ini digunakan metode stabilisasi dua tahap yaitu dengan menggunakan kapur dan semen.

an yang diberikan untuk stabilisasi dua tahap adalah dengan dan pemeraman. Gambar 5 memperlihatkan kerangka pikir penelitian ini.





Gambar 5. Kerangka pikir penelitian