

STUDI EKSPERIMENTAL KUAT TEKAN CAMPURAN TANAH LATERIT DAN KAPUR (CaCO₃) UNTUK LAPIS PONDASI JALAN

Irianto

Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Sistem Informasi
Universitas Yapis Papua
Email: irian.anto@gmail.com

Abstract

In remote areas most roads still use soil pavement which is very susceptible to weather changes, especially those using soil pavement with high plasticity or clay soil. In addition to cost issues, the difficulty of obtaining a good material source becomes another problem that results in soaring material procurement prices. Related to that matter, then conducted research that utilize local material that is limestone rock (limestone) as material of stabilization. This research is experimental by designing a mixture of lime-laterite cylinders with a diameter of 50 mm and a height of 100 mm. The number of test specimens was 144 by taking samples from two regions, namely Skyland-Jayapura and Mindiptana-Merauke and for mixtures using 5%, 10%, 15%, 20%, 30%, 40%, 60% % with lime gradation each pass 10, 40, and 200 sieves. Mixed mechanical testing was performed after the test specimen was subjected at 7 days with a compressive strength test. The results showed that the specimens for Skyland-Jayapura area with a mixture of laterite soil + lime pass filter 200 were in lime variations of 5% valued at 0.46 MPa, while laterite + lime clearance 40 was in lime variation of 5% 0, 64 MPa..

Keywords: *Laterite Soil, Limestone, Compressive Strength*

Abstrak

Pada daerah-daerah terpencil kebanyakan jalan masih menggunakan perkerasan tanah yang sangat rentan terhadap perubahan cuaca, terutama yang menggunakan perkerasan tanah dengan plastisitas tinggi atau tanah lempung. Selain masalah biaya, kesulitan mendapatkan sumber material yang baik menjadi masalah lain yang mengakibatkan melambungnya harga pengadaan material. Berkaitan dengan hal tersebut, maka diadakan penelitian yang memanfaatkan material lokal yaitu batuan kapur (limestone) sebagai bahan stabilisasi. Penelitian ini bersifat eksperimental dengan membuat rancang campuran kapur-tanah laterit silinder dengan ukuran diameter 50 mm dan tinggi 100 mm. Jumlah benda uji masing-masing 144 buah dengan mengambil sampel dari 2 daerah yaitu Skyland-Jayapura serta Mindiptana-Merauke dan untuk campuran yang menggunakan kadar campuran kapur sebanyak 5% dengan gradasi kapur masing-masing lolos saringan 10, 40, dan 200. Pengujian mekanik campuran dilakukan setelah benda uji diperam pada umur 7 hari dengan uji kuat tekan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa benda uji untuk daerah Skyland-Jayapura dengan campuran tanah laterit + kapur lolos saringan 200 berada pada variasi kapur sebanyak 5% senilai 0,46 MPa, sedangkan tanah laterit + kapur lolos saringan 40 berada pada variasi kapur sebanyak 5% senilai 0,64 MPa.

Kata kunci: Tanah Laterit, Batu Kapur, Kuat Tekan

PENDAHULUAN

Pada dasarnya suatu daerah dikatakan berkembang apabila sarana dan prasarana saling mendukung pembangunan daerah tersebut. Contohnya pada sarana transportasi seperti jalan, pelabuhan, dan bandara. Salah satu hal yang dianggap penting untuk mendukung sarana transportasi jalan adalah perkerasannya.

Namun untuk daerah tertentu memiliki lapisan perkerasan yang tidak memadai. Misalnya pada lapisan pondasi bawah (*subgrade*) mempunyai daya dukung yang rendah, sehingga terjadi perubahan volume tanah, oleh karena itu membutuhkan material pendukung. Perubahan volume ini sedikit banyak dipengaruhi oleh air yang jika musim hujan tanah akan menjadi basah dan menyusut sebaliknya pada musim kemarau akan retak-retak karena kehilangan air. Sifat kembang susut terjadi karena adanya perubahan volume yang diakibatkan oleh kandungan mineral-mineral dalam tanah lempung. Salah satu cara untuk memperbaiki sifat tanah adalah dengan penambahan bahan stabilisasi pada tanah tersebut.

Pada daerah timur khususnya Papua seperti kabupaten Jayapura, Merauke dan sekitarnya memiliki kondisi tanah yang buruk dan tidak memiliki material berbatu. Tentunya hal ini dapat berdampak negatif untuk kelangsungan pembangunan infrastruktur jalan. Kondisi alam yang sulit, keterbatasan-keterbatasan sumber daya manusia dan sarana infrastruktur, merupakan penyebab terbatasnya akses transportasi darat di sana. Sehingga untuk kebutuhan penduduk pokok mengandalkan transportasi udara sebagai transportasi utama yang juga terbatas jumlahnya.

Salah satu cara yang digunakan adalah tanah lapis pondasi bawah distabilisasi dengan semen. Karena mineral kalsium silikat, C_3S dan C_2S merupakan unsur utama dalam pengembangan kekuatan dan memiliki pengaruh yang besar terhadap ketahanan dan sifat struktural jangka panjang. Namun karena biaya yang dibutuhkan untuk semen sebagai material pendukung sangat mahal, sehingga diperlukan alternatif material lain untuk menghemat biaya. Selain masalah biaya, kesulitan mendapatkan sumber material yang baik menjadi masalah lain yang mengakibatkan melambungnya harga pengadaan material. Dengan memanfaatkan material lokal yang ada, yaitu batu kapur diharapkan dapat mengatasi masalah yang ada dan dapat meminimalisir biaya.

Namun penambahan batuan kapur pada tanah yang distabilisasi tidak semata-mata dengan

perbandingan 1:1, tetapi pada penelitian ini digunakan kadar penambahan kapur 5% untuk mencari kuat tekan maksimum pada tanah campuran batuan kapur ($CaCO_3$).

Berdasarkan uraian latar belakang di atas, maka dirumuskan masalah dalam penelitian ini sebagai berikut:

Bagaimana pengaruh kuat tekan campuran tanah laterit setelah distabilisasi dengan penambahan kadar kapur pada curing selama 7 hari.

TINJAUAN PUSTAKA

Tanah

Tanah didefinisikan sebagai material yang terdiri dari butiran mineral-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 relative lepas (*loose*) yang terletak di atas batuan dasar (*bedrock*) (Hardiyatmo, H.C., 2010).

Menurut Bowles (1998), tanah adalah campuran partikel-partikel yang terdiri dari salah satu atau seluruh jenis berikut:

1. Berangkal (*boulders*), merupakan potongan batu yang besar, biasanya lebih besar dari 250 mm sampai 300 mm. Untuk kisaran antara 150 mm sampai 250 mm, fragmen batuan ini disebut kerakal (*cobbles*).
2. Kerikil (*gravel*), partikel batuan yang berukuran 5 mm sampai 150 mm.
3. Pasir (*sand*), partikel batuan yang berukuran 0,074 mm sampai 5 mm, berkisar dari kasar (3-5 mm) sampai halus (kurang dari 1 mm).
4. Lanau (*silt*), partikel batuan berukuran dari 0,002 mm sampai 0,074 mm. Lanau dan lempung dalam jumlah besar ditemukan dalam deposit yang 6 disedimentasikan ke dalam danau atau di dekat garis pantai pada muara sungai.
5. Lempung (*clay*), partikel mineral yang berukuran lebih kecil dari 0,002 mm. Partikel-partikel ini merupakan sumber utama dari kohesi pada tanah yang kohesif.
6. Koloid (*colloids*), partikel mineral yang "diam" yang berukuran lebih kecil dari 0,001 mm

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 tanah yang terbentuk dari batuan heterogen yang terdiri dari kerangka tulang yang mengandung besi keras yang diresapi dengan bahan tanah liat 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 karena 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 et al., 1990; Oyekan dan Balogun, 1997; Salau dan Balogun, 1998; Etti et al., 2013 dalam K. Muthusamy dkk, 2015).

Batu Kapur (CaCO_3)

Kapur adalah batuan sedimen terutama terdiri dari kalsium karbonat (CaCO_3) dalam bentuk kalsit mineral. Batuan ini paling sering terbentuk di perairan laut yang dangkal. Ini biasanya merupakan batuan sedimen organik yang terbentuk dari akumulasi cangkang hewan, karang, alga dan puing-puing.

Batu kapur mengandung 98,9% kalsium karbonat (CaCO_3) dan 0,95% magnesium karbonat (MgCO_3) (Russell, 2007). Batu kapur di alam jarang ada yang murni, karena umumnya mineral ini selalu terdapat partikel lecil kuarsa, feldspar, mineral lempung, pirit, siderite dan mineral lainnya. Dalam mineral batu kapur terdapat juga pengotor, terutama ion besi.

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 temperature. 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.

Perbaikan Tanah Mekanis

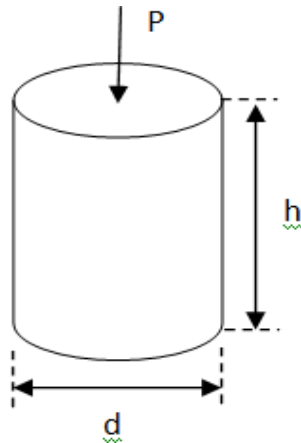
Lapis pondasi (*base*), lapis pondasi-bawah (*subbase*) maupun lapis permukaan merupakan struktur yang terbentuk dari campuran material granuler. Bila struktur pembentuk perkerasan tersebut tahan terhadap gerakan ke arah lateral akibat baban lalu-lintas, maka struktur dinamakan stabil secara mekanis, umumnya terdiri dari campuran agregat kasar (kerikil, batu pecah, slag dan sebagainya), agregat halus (abu batu, pasir dan sebagainya), lanau, lempung, yang dicampur dengan proporsi tertentu dan dipadatkan dengan baik. Penggunaan campuran material pada proporsi gradasi butiran yang optimal, disebut *stabilisasi mekanis*. Stabilisasi mekanis dilakukan dengan cara mencampur atau mengaduk dua macam tanah atau lebih yang bergradasi berbeda guna memperoleh material yang lebih baik, sehingga memenuhi syarat kekuatan tertentu.

Dalam pembangunan perkerasan jalan, guna memenuhi syarat kestabilan mekanis, umumnya disyaratkan material harus mempunyai gradasi dan plastis tertentu. Kadang-kadang, material alam di sekitar lokasi proyek mungkin tidak memenuhi syarat, contohnya: material bergradasi seragam, kekurangan butiran halus atau bahkan kelebihan butiran halus dan sebagainya. Untuk ini, maka material tersebut perlu dilakukan stabilisasi mekanis, yaitu dengan cara mencampur beberapa material yang mempunyai gradasi berbeda. Dalam stabilitas mekanis dengan cara mencampur dua atau lebih material, maka dibutuhkan distribusi ukuran butiran yang diinginkan dan distribusi ukuran butiran tanah yang akan dicampur.

Dalam praktek, tindakan-tindakan perbaikan tanah-dasar (*subgrade*) yang umum dilakukan terutama pada tanah-tanah yang terlalu basah atau tanah-dasar lunak. Caranya adalah dengan menutup tanah lunak atau basah tersebut dengan material granular (sebagian atau seluruhnya) dan mengganti tanah tersebut dengan material granular sampai kedalaman tertentu. Material granular ini berfungsi untuk mendistribusikan beban roda kendaraan ke area yang lebih luas dan sekaligus memberikan landasan kerja yang kuat.

Pengujian Kuat Tekan

Kuat tekan adalah besarnya beban persatuan luas, yang menyebabkan benda uji hancur bila dibebani dengan gaya tekan tertentu, yang dihasilkan oleh mesin tekan.



Gambar 1. Pembebanan pada benda uji silinder

Berdasarkan SNI 1974-2011, kuat tekan beton dihitung dengan membagi beban tekan maksimum yang diterima benda uji selama pengujian dengan luas penampang melintang.

$$f'c = \frac{p}{A} \tag{1}$$

Dimana :

$f'c$ = kuat tekan (MPa)

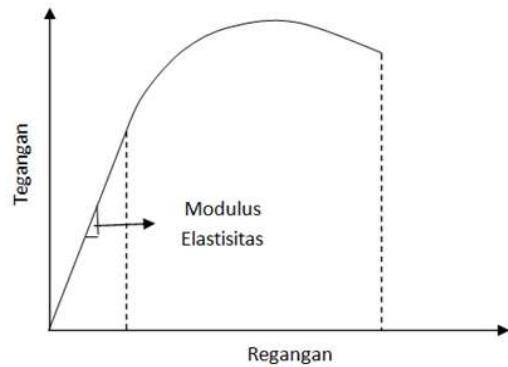
p = beban tekan (N)

A = luas penampang benda uji (mm^2)

Beban tekan maksimum pada saat benda uji pecah dibagi luas penampang benda uji merupakan nilai kuat tekan yang dinyatakan dalam MPa atau kg/cm^2 , kuat tekan benda uji mengalami peningkatan seiring dengan bertambahnya umur

Modulus Elastisitas

Modulus elastisitas merupakan suatu ukuran yang menunjukkan kekakuan dan ketahanan beton untuk menahandeformasi (perubahan bentuk). Suatu bahan apabila dibebani maka akan mengalami deformasi. Perbandingan nilai deformasi dengan ukuran awal benda uji disebut regangan. Semakin tinggi modulus elastisitas suatu bahan maka bahan tersebut semakin kuat menahan tegangan aksial akibat pembebanan dengan regangan yang sekecil mungkin. Modulus elastisitas didefinisikan sebagai rasio dari tegangan normal tarik atau tekan terhadap regangan yang bersangkutan, dibawah batas proporsional dari material. Modulus elastisitas suatu bahan menggambarkan besarnya tegangan pada satu satuan regangan. Modulus elastisitas juga tergantung pada umur benda uji, sifat- sifat dari material, kecepatan pembebanan, jenis dan ukuran dari benda uji.



Gambar 2. Grafik modulus elastisitas

Kajian tentang hubungan tegangan-regangan beton perlu diketahui untuk menurunkan persamaan analisis dan perencanaan suatu bagian struktur. Kemampuan bahan untuk menahan beban yang didukungnya dan perubahan bentuk yang terjadi pada bahan itu sangat tergantung pada sifat tegangan dan regangan tersebut. Modulus elastisitas (E) dapat digunakan untuk berbagai material padat yang merupakan rasio konstan dari tegangan dan regangan dengan persamaan:

$$E = \frac{\sigma}{\epsilon} \tag{1}$$

Dimana :

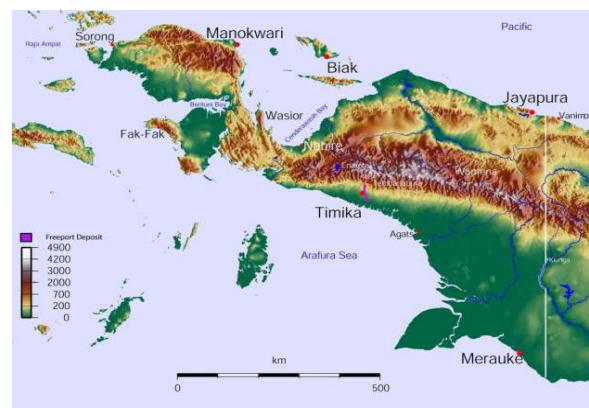
E = Modulus Elastisitas (MPa)

σ = kuat tekan (MPa)

ϵ = Regangan

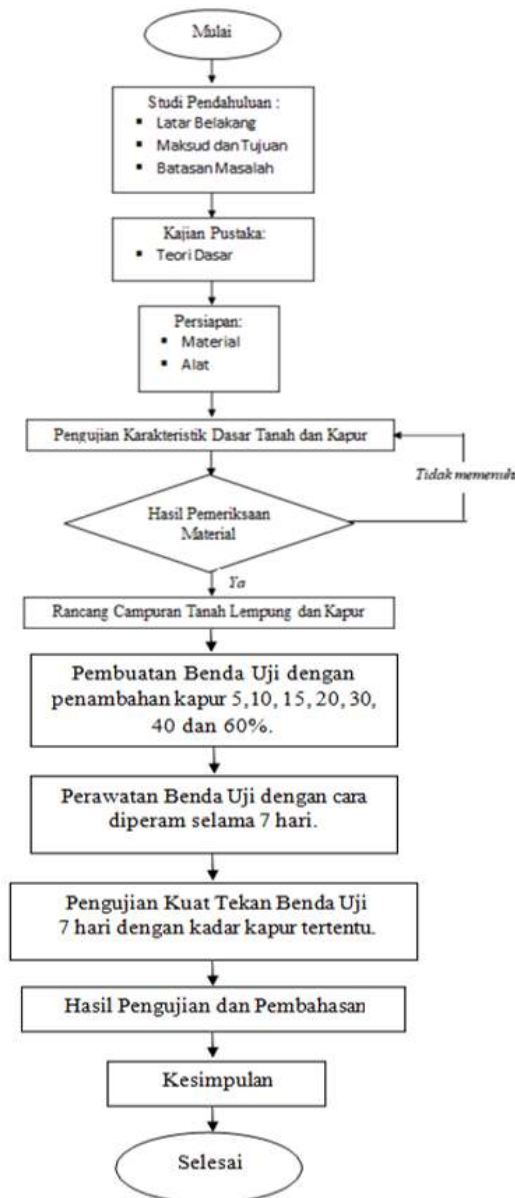
METODOLOGI PENELITIAN Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan bekerja sama dengan Laboratorium Balai Besar Pelaksanaan Jalan Nasional, Abepura Jayapura dengan waktu penelitian selama tiga bulan. Dengan lokasi pengambilan sampel daerah Skyland-Jayapura dan Mindiptana-Merauke. Gambar 3 memperlihatkan daerah lokasi penelitian.



Gambar 3. Lokasi penelitian

Bagan Alir Penelitian



Gambar 4. Bagan Alir Penelitian

Jenis Penelitian dan Sumber Data

Penelitian yang dilakukan adalah uji eksperimental murni berupa kajian laboratorium dengan mengkaji penelitian-penelitian sebelumnya, khususnya yang terkait dengan pemanfaatan kapur sebagai bahan penstabilisasi tanah laterit.

Penyiapan Material

Bahan-bahan penelitian berupa tanah laterit yang berasal dari Skyland-Jayapura, Mindiptana-Merauke, Papua dan batuan kapur (CaCO₃) yang diperoleh dari Besum-Sarmi, Papua.

Batuan kapur (CaCO₃) disaring dengan menggunakan saringan no. 10, no.40 dan no.200. Kemudian tanah laterit di campur dengan CaCO₃ sebanyak 5, 10, 15, 20, 30, 40, dan 60%.

Pengujian Karakteristik Material

Jenis pengujian dan metode pengujian agregat tanah laterit dan batuan kapur ditunjukkan pada Tabel 1 dan Tabel 2.

Tabel 1. Metode Pengujian Karakteristik Batuan Kapur

Jenis Pengujian	Standar Pengujian
Berat Jenis	SNI 03-1964-2008

Tabel 2. Metode Pengujian Karakteristik Tanah Laterit

Jenis Pengujian	Standar Pengujian
Pemeriksaan Klasifikasi Tanah	AASHTO M-145
Pemeriksaan Analisa Saringan	ASTM D-422
Pemeriksaan Batas-batas Atterberg:	
- Batas Cair (LL)	ASTM D-423C
- Batas Plastis (PL)	ASTM D-424
- Batas Susut (SL)	ASTM D-427
Pemeriksaan Berat Jenis	SNI 03-1964-2008
Kompaksi	SNI 03-2832-1992

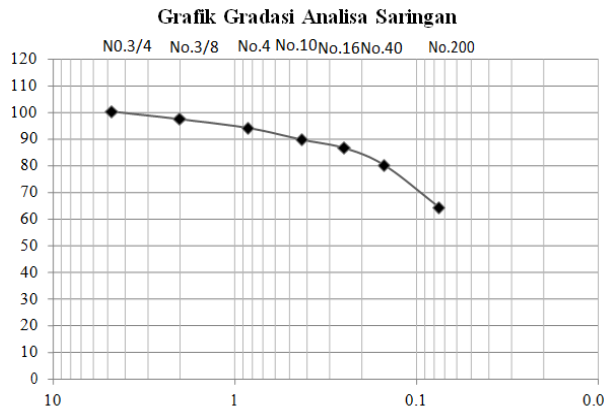
HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik Tanah Laterit Sumber Skyland

Hasil pengujian karakteristik tanah laterit dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Pengujian karakteristik tanah

Karakteristik Material	Hasil Pemeriksaan
Klasifikasi Tanah	A-7-6
Analisa saringan	> 30% lolos No.200
Batas-batas Atterberg	
- Batas cair (LL)	43,35 %
- Batas Plastis (PL)	27,25 %
- Indeks Plastisitas (PI)	16,25 %
Berat Jenis	2,57
Kompaksi	
- γ_{dry}	1,53 gr/cm ³
- W_{opt}	24,40%



Gambar 5. Grafik Gradasi Analisa Saringan (mm)

Karakteristik Batu Kapur (CaCO₃)

Hasil pengujian karakteristik batu kapur (CaCO₃) dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 4. Pengujian karakteristik batu kapur (CaCO₃)

Karakteristik Material	Hasil Pemeriksaan
Berat Jenis	2,614
Analisa Saringan	< 30% lolos No.200

Mix Design Campuran Dalam 1 m³

Rancangan campuran tanah laterit dengan kapur dengan variasi kadar kapur yang lolos saringan nomor 10, 40, dan 200.

Tabel 5. Mix design campuran tanah laterit dan kapur

Mix design Tanah + Kapur	Tanah (gr)	Kapur (gr)	Air (gr)
0%	457.5	0	57.46
5%	434.6	23.26	57.46

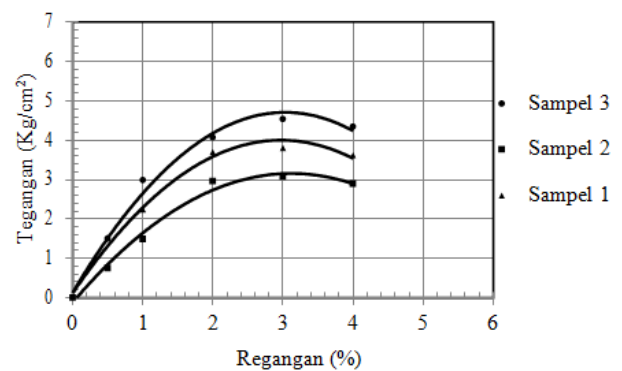
Hasil Pengujian Kuat Tekan Tanah Laterit Dari Skyland

Pengujian kuat tekan menggunakan silinder berukuran 50 x 100 mm sebanyak 3 buah benda uji untuk setiap variasi. Pengujian kuat tekan dilakukan dengan mengacu pada SNI 1974:2011. Hasil pengujian kuat tekan dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 6. Hasil pengujian Kuat Tekan

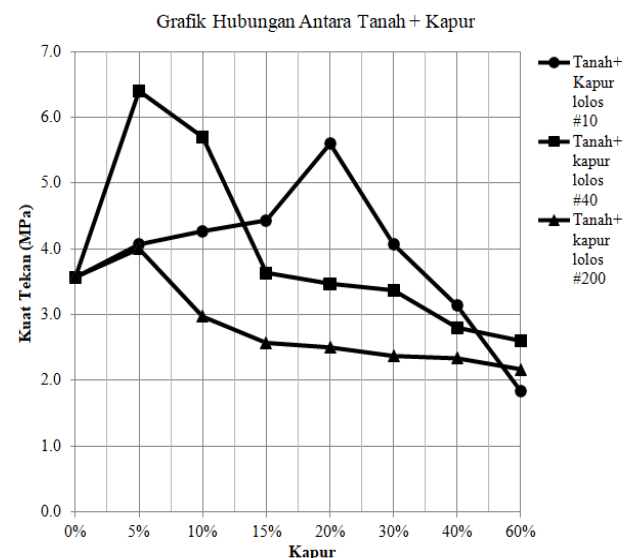
Kapur lolos #	Kadar kapur (%)	Kuat tekan Maks (MPa)
10	5	0,35
40	5	0,39
200	5	0,46

Dari hasil pengujian terlihat bahwa kuat tekan tertinggi berada pada Tanah + Kapur lolos #200.



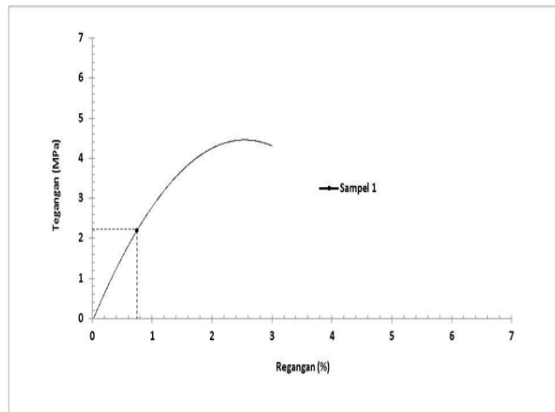
Gambar 6. Grafik kuat tekan tanah asli

Kuat Tekan Campuran Tanah Laterit Dari Skyland + Kapur

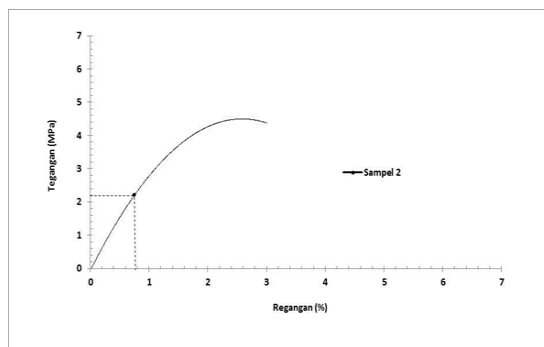


Gambar 7. Perbandingan Kuat Tekan Tanah + kapur lolos #10, #40 dan #200.

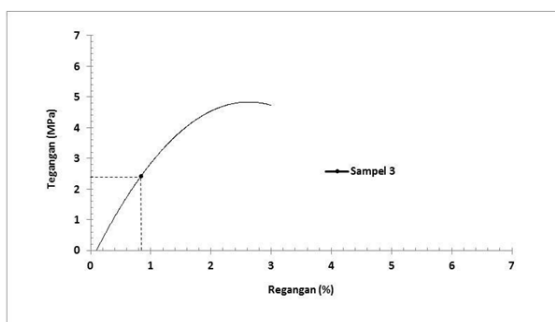
Modulus Elastisitas Tanah Laterite + Kapur dari Skyland



Gambar 7. Grafik Modulus Elastisitas



Gambar 8. Grafik Modulus Elastisitas



Gambar 9. Grafik Modulus Elastisitas

PENUTUP

Kesimpulan

Dari Hasil Analisa diperoleh nilai kuat tekan tanah asli daerah Skyland Jayapura memiliki peningkatan 2,05% setelah ditambahkan kapur sebanyak 5%, sedangkan nilai kuat tekan benda uji daerah Mindiptana Merauke mengalami peningkatan 8,27% setelah ditambahkan kapur sebanyak 5% dan dari nilai kuat tekan tanah asli daerah Skyland, Jayapura mengalami peningkatan pada pencampuran

kadar kapur sebanyak 5% untuk kapur lolos saringan no.200, sedangkan nilai kuat tekan benda uji daerah Mindiptana, Merauke mengalami peningkatan pada pencampuran kadar kapur sebanyak 5% untuk kapur lolos saringan No.40.

DAFTAR PUSTAKA

- Anwar Muda, (2015), *Kuat Tekan Bebas Tanah Lempung Bukit Rawi Distabilisasi Pasir Dan Semen*, Anterior Jurnal, Volume 15 Nomor 1. Jakarta.
- Bowles, J.E. (1984), *Physcal and Geotechnical Propertes of Soils*, McGraw-Hill Book Company, USA
- Das, Braja.M. (2005), *Mekanika Tanah (Prinsip-Prinsip Rekayasa Geoteknik)*, Jilid I, Erlangga. Jakarta.
- Fitri Febriani, (2015), *Perilaku Kuat Tekan Tanah Laterit Dengan Stabilisasi Kapur Dan Semen*, Jurnal Sipil, Fakultas Teknik UNHAS Makasar.
- H. Darwis, (2017), *Dasar dasar teknik Perbaikan Tanah*, Pustaka AQ, Yogyakarta.
- Hardiyatmo, H.C. (2010), *Stabilitas Tanah Untuk Perkerasan Jalan*, Gadjah Madah University Press, Yogyakarta.
- Hermin Tjahyati, (2019), *Peningkatan daya dukung tanah laterite dengan stabilisasi semen*, Jurnal Jalan dan Jembatan kementerian PUPR, Jakarta.
- K. Muthusamy, N. W. Kamaruzaman, Mohamed A. Ismail, dan A. M. A. Budiea. (2015), *Durability Performance of Concrete Containing Laterite Aggregates*, KSCE Journal of Civil Engineering, November 2015, vol 19, issue 7, pp 2217-2224.