

ANALISA NILAI KUAT TEKAN BEBAS CAMPURAN SEMEN DAN TANAH LEMPUNG EX. TABANAN DENGAN BERBAGAI VARIASI KADAR AIR

I Made Sudarma¹, IBG. Indramanik², I Gede Adi Satriawan³
Email : ft_unr@yahoo.com, adisatriawan95@gmail.com

Prodi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Ngurah Rai

ABSTRAK

Karakteristik tanah lempung secara umum mempunyai daya dukung terhadap beban sangat rendah, terutama pada musim hujan mudah mengembang (*swelling*), tetapi pada musim kemarau mudah retak – retak pada permukaannya, hal ini terlihat dilapangan sampai lebar retaknya antara 1 – 3 cm dengan kedalaman tertentu. Akibat kondisi tersebut diatas, diperlukan suatu cara agar tanah tersebut tetap stabil kondisinya. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui besarnya nilai kuat tekan tanah lempung yang dicampur semen menggunakan variasi kadar air, dimana tanah yang dijadikan sampel adalah tanah lempung ex. Tabanan distabilisasi dengan semen.

Metodologi yang dilaksanakan adalah dengan mencampurkan 98% tanah lempung + 2% semen pada variasi campuran air dengan metode UCS (*Unconfined Compressive Strength*). Sebelumnya dilaksanakan pengujian awal karakteristik tanah lempung tanpa campuran semen, kemudian dilakukan pencampuran 98% lempung ex. Tabanan + 2% semen dan diperam selama 3 hari dan 10 hari pada kondisi batas cair, kadar air optimum, batas plastis dan indeks plastis.

Dari hasil pengujian yang telah dilakukan pada campuran tanah lempung 98% + 2% semen dengan variasi campuran air dengan pemeraman 3 hari, kuat tekan bebas (q_u) yang dihasilkan adalah 400 - 450 Kpa, lebih kecil dibandingkan dengan pemeraman 10 hari yang menghasilkan kuat tekan bebas (q_u) \pm 2.015,17 Kpa pada kondisi kadar air optimum (w optimum). Demikian juga regangan (ϵ) pada umur pemeraman 3 hari sebesar 4,70 lebih kecil dibandingkan dengan pemeraman 10 hari sebesar 5,90. Hal tersebut menunjukkan bahwa tanah lempung yang dicampur dengan semen akan memiliki porositas dan angka pori yang semakin kecil, sehingga tanah lempung menjadi semakin padat.

Kata Kunci : lempung 98% + 2% semen diperam 3 hari dan 10 hari

1. PENDAHULUAN

Didalam suatu perencanaan jalan, besarnya daya dukung tanah dasar dapat mempengaruhi tingkat ketebalan perkerasan, semakin besar daya dukung tanah dasarnya maka ketebalan perkerasan yang diperlukan untuk menahan beban lalu lintas semakin tipis. Salah satu hal yang dapat mempengaruhi besar kecilnya daya dukung tanah dasar dapat dilihat dari golongan tanahnya. Tanah dibagi atas 5 golongan yaitu kerikil (*Gravel*), pasir (*Sand*), lanau (*Silt*), lempung (*Clay*), dan gambut (*Peat*). Dari beberapa golongan tanah tersebut tanah lempung adalah tanah yang menjadi perhatian khusus, dikarenakan ketika basah mudah mengembang (*Swelling*) dan butiran tanah satu dengan yang lainnya bersifat menyatu, namun dalam keadaan kering tanah ini dapat terpecah – pecah menjadi butiran halus yang mengakibatkan retak – retak pada permukaan tanah.

Oleh karenanya beberapa perbaikan tanah yang dilakukan untuk menanggulangi rendahnya daya dukung tanah dasar adalah dengan menambahkan semen sebagai bahan tambahan.

Dosen¹, Dosen², Mahasiswa³

Penambahan semen pada tanah lempung sudah sering digunakan untuk meningkatkan daya dukung tanah dasar ditandai dengan meningkatnya nilai kuat tekan UCS (*Unconfined Compressive Strength*) dari tanah lempung itu sendiri. Namun pada pelaksanaan dilapangan, dalam pengerjaan proyek jalan raya saat musim penghujan dapat mempengaruhi daya dukung tanah dasar, karena pada proses pencampuran dilapangan terjadi penambahan kadar air antara semen dengan tanah.

Pada penelitian yang dilakukan (Ali & Satibi, 2015) dengan judul “Pengaruh Penambahan Semen Terhadap Kuat Geser Lempung Sebelum dan Sesudah Penjenuhan” memberikan kesimpulan bahwa dengan penambahan semen dan waktu pemeraman juga memberikan peningkatan nilai q_u tanah. pada penambahan campuran 2% semen dengan masa perawatan 0 hari pada tanah lempung dilaboratorium memberikan nilai UCS (*Unconfined Compressive Strength*) / kuat tekan (q_u) sebesar 510 Kpa dan meningkat menjadi 613 Kpa setelah diperam selama 1 hari dengan kadar air optimum.

Penelitian yang dilakukan Hasoloan H P Sinaga¹, Roesyanto², dengan judul “Pengujian Kuat Tekan Bebas (*Unconfined Compression Test*) Pada Stabilitas Tanah Lempung Dengan Campuran Semen Dan Abu Cangkang Sawit” memberikan sebuah kesimpulan bahwa dari uji *Unconfined Compression Test* yang dilakukan pada tanah asli diperoleh nilai kuat tekan tanah (q_u) sebesar 2,88 kg /cm², dan tanah remoulded diperoleh nilai kuat tekan tanah (q_u) sebesar 0,69 kg/cm², sedangkan dari komposisi campuran tanah dengan semen dan abu cangkang sawit diperoleh nilai maksimum pada variasi komposisi 2% PC + 3% ACS dengan masa pemeraman 7 hari, yakni nilai kuat tekan tanah (q_u) sebesar 4,94 kg/cm².

Dan begitu pula dari penelitian Nita Fadilla¹, Roesyanto² dengan judul “Pengujian Kuat Tekan Bebas (*Unconfined Compression Test*) Pada Stabilitas Tanah Lempung Dengan Campuran Semen Dan Abu Sekam Padi” pada sampel tanah asli diperoleh nilai kuat tekan tanah sebesar 2,88 kg/cm². Setelah tanah distabilisasi dengan berbagai variasi abu sekam padi dan diperam selama 7 hari diperoleh kesimpulan bahwa material abu sekam padi hanya efektif berfungsi pada variasi campuran 2% PC + 3% ASP dan 2% PC + 4% ASP yaitu dengan nilai kuat tekan bebas sebesar 3,82 kg/cm² dan 3,64 kg/cm².

Untuk penelitian kali ini akan diteliti lebih lanjut mengenai perubahan nilai UCS (*Unconfined Compressive Strength*) tanah lempung dengan menggunakan variasi kadar air pada proses pencampuran semen dengan tanah yang tidak dalam kondisi kering.

Tujuan dari penelitian ini adalah :

- a. Mengetahui nilai kuat tekan tanah lempung yang dicampur semen menggunakan variasi kadar air pada proses pencampuran.

- b. Melihat pengaruh yang terjadi akibat variasi kadar air pada proses pencampuran tanah dan semen dengan lama pemeraman 3 hari dan 10 hari.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tanah

Tanah adalah himpunan mineral, bahan organik dan endapan - endapan yang relatif lepas (*loose*) yang terletak di atas batuan dasar (*bedrock*). Ikatan antara butiran yang relatif lemah dapat disebabkan oleh karbonat, zat *organic* atau oksida - oksida yang mengendap di antara partikel - partikel. Ruang diantara partikel - partikel dapat berisi air udara ataupun keduanya. Proses pelapukan batuan atau proses geologi lainnya yang terjadi di dekat permukaan bumi membentuk tanah. Pembentukan tanah dari batuan induknya dapat berupa proses fisik maupun kimia. Proses pembentukan tanah secara fisik yang mengubah batuan menjadi partikel - partikel yang lebih kecil terjadi akibat pengaruh erosi angin, air, es, manusia atau hancurnya partikel tanah akibat perubahan suhu atau cuaca. Partikel - partikel mungkin berbentuk bulat, bergerigi maupun bentuk - bentuk diantaranya. Umumnya pelapukan akibat proses kimia dapat terjadi oleh pengaruh oksigen, karbondioksida, air (terutama yang mengandung asam atau alkali) dan proses - proses kimia yang lain. Jika hasil pelapukan masih berada di tempat asalnya, maka tanah ini disebut tanah residual (*residual soil*) dan apabila tanah berpindah tempat disebut tanah terangkut (*transported soil*).

2.2 Tanah Lempung

Tanah liat atau lempung adalah partikel mineral berkerangka dasar silikat yang berdiameter kurang dari 4 mikrometer. Lempung mengandung leburan silika dan aluminium yang halus. Unsur - unsurnya terdiri dari silikon, oksigen, dan aluminium adalah unsur yang paling banyak menyusun kerak bumi. Lempung terbentuk dari proses pelapukan batuan silika oleh asam karbonat dan sebagian dihasilkan dari aktivitas panas bumi. Lempung membentuk gumpalan keras saat kering dan lengket apabila basah terkena air. Sifat ini ditentukan oleh jenis mineral lempung yang mendominasinya. Dari segi mineral tanah lempung ialah tanah yang mempunyai partikel - partikel mineral tertentu yang "menghasilkan sifat - sifat plastis pada tanah bila dicampur dengan air" (Grim, 1953).

2.3 Semen

Semen adalah perekat *hidraulis* yang digunakan untuk merekat batu, bata, batako, maupun bahan bangunan lainnya. *Hidraulis* dalam artian disini adalah semen akan jadi perekatan bila bercampur dengan air. Begitu pentingnya semen, sehingga nyaris tidak ada bangunan yang bebas dari penggunaan semen. Bahkan, semen telah digunakan sejak zaman dahulu, terbukti dengan banyaknya bangunan bersejarah yang sampai saat ini masih bisa kita lihat. Awalnya, semen terbentuk dari penggilingan beberapa material, seperti batu kapur, tanah liat, pasir silika, pasir besi,

sehingga membentuk *klinker*. Ditambah sejumlah gypsum dan mineral lainnya, maka terbentuklah semen. Semen tersebut dapat bekerja sebagai perekat jika ditambah air.

2.4 Kuat Tekan Bebas Tanah Kohesif

Metode uji kuat tekan bebas tanah kohesif dimaksudkan untuk menentukan kuat tekan bebas contoh tanah yang memiliki kohesi, baik tanah terganggu (*disturbed*), dicetak ulang (*remolded*) maupun contoh tanah yang dipadatkan (*compacted*). Dan digunakan untuk menentukan suatu nilai perkiraan kekuatan tanah kohesif yang dinyatakan dalam tegangan total. Ini berlaku untuk material kohesif, seperti lempung dan tanah tersemen (*cemented soil*) yang tetap tegak tanpa tahanan keliling dan tidak mengeluarkan air selama pembebanan (air keluar dari tanah akibat deformasi / perubahan bentuk).

3. METODE PENELITIAN

Tahap pengujian nilai kuat tekan bebas campuran semen dan tanah lempung dengan berbagai variasi kadar air dimulai dari persiapan awal berupa studi literatur yang akan digunakan yaitu : Pengujian Berat Jenis (SNI 1964 : 2008), Uji Proctor Standar (SNI 1742 : 2008), Uji Batas Cair (SNI 1967 : 2008), Uji Batas Plastis (SNI 1966 : 2008), dan Uji Kuat Tekan Bebas (SNI 3638 : 2012). Setelah mempersiapkan literature yang digunakan untuk melakukan pengujian dilanjutkan kemudian dengan melakukan persiapan bahan, dimana jenis bahan yang akan digunakan adalah Tanah Ex. Tabanan, Semen PCC, dan Air PDAM.

Tabel 1 Variasi Persentase Kadar Air Pada Pencampuran Benda Uji

Variasi	Persentase Campuran Benda Uji	
Variasi 1	98% Tanah Lempung +2% Semen	30,42 % Air (Kondisi Batas Cair)
Variasi 2	98% Tanah Lempung +2% Semen	15,66 % Air (Kondisi Batas Plastis)
Variasi 3	98% Tanah Lempung +2% Semen	14,75 % Air (Kondisi Indeks Plastis)
Variasi 4	98% Tanah Lempung +2% Semen	25,61 % Air (Kondisi Kadar Air Optimum)

Sumber : Hasil Penelitian

Sampel tanah Ex. Tabanan awal yang diambil dari lokasi bahan dikeringkan dengan cara dijemur kemudian dihancurkan barulah kemudian disaring supaya lolos ayakan no. 4, dari hasil saringan tersebut kemudian diuji Berat Jenis dan Uji Proctor Standar untuk menentukan kadar air

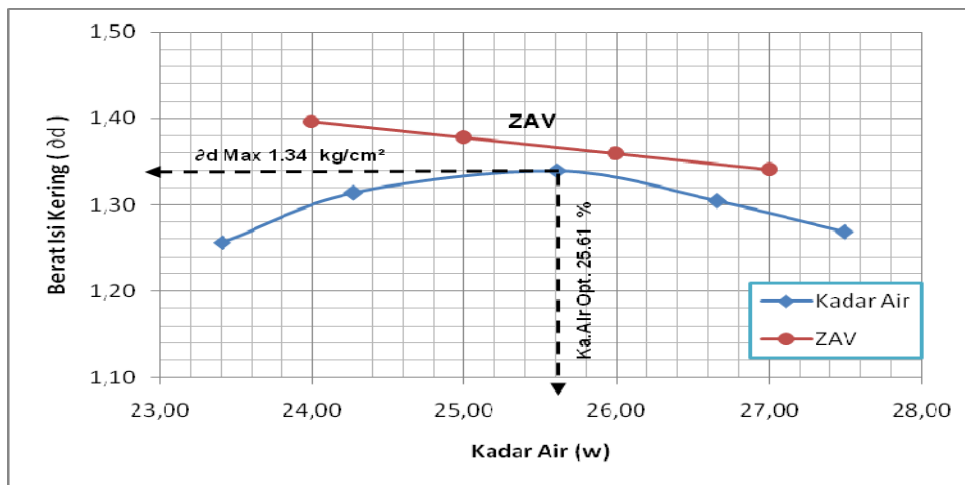
optimumnya. Selanjutnya sampel tanah disaring kembali supaya lolos ayakan no. 200 untuk diuji besar nilai Batas Cair, dan Batas Plastis tanah lempung awal.

Setelah diketahui besar nilai Batas Cair, Batas Plastis, Indeks Plastis, dan Kadar Air Optimum dilanjutkan dengan pembuatan benda uji, persentase untuk masing – masing campuran dapat dilihat pada tabel. Benda uji yang sudah dicampur kemudian dimasukkan kedalam cetakan kemudian diperam selama 3 hari dan 10 hari untuk diuji nilai kuat tekan bebasnya. Nilai uji kuat tekan bebas yang telah diuji kemudian dilakukan analisis data untuk dapat dibuatkan hasil berupa kesimpulan dan saran.

4. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Uji Standar Proctor Tanah Lempung

Dari hasil pengujian Standar Proctor Tanah Lempung yang dilakukan dilaboratorium didapatkan nilai kadar air optimum sebesar 25,61% dan Berat Isi Kering sebesar 1,34 kg/cm³ seperti terlihat pada gambar 1 dibawah ini.



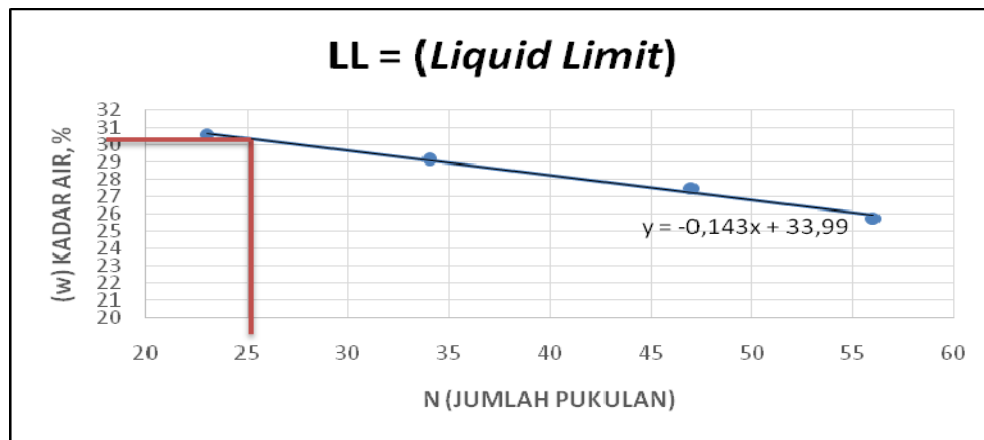
Gambar 1 Uji Standart Proctor Tanah Lempung Ex. Tabanan
 Sumber : Hasil Penelitian (2019)

Dimana garis lengkung seperti parabola tersebut merupakan hubungan antara jumlah kadar air (w) % dengan besaran berat isi kering (δd) yang terjadi. Titik – titik yang terletak pada garis parabola tersebut merupakan hasil dari pengujian dengan nilai kadar air (w) 23,41% ; 24,27% ; 25,61% ; 26,65% ; 27,50% dan berat isi kering (δd) didapat 1,26 Kg/Cm³; 1,31 Kg/Cm³; 1,34 Kg/Cm³; 1,30 Kg/Cm³; 1,27 Kg/Cm³ dari titik tersebut dibentuklah sebuah garis yang menyerupai parabola. Dimana titik yang berada paling puncak dari garis tersebut yang digunakan sebagai besarnya nilai kadar air optimum. Dari gambar 1 terlihat titik paling puncak terletak pada nilai

kadar air sebesar 25,61% yang dimana nilai ini merupakan nilai dari kadar air optimum ($W_{Opt.}$) tanah lempung dengan nilai berat isi kering maksimum sebesar $1,34 \text{ kg/cm}^3$.

Pada gambar 2 juga terdapat garis lurus miring kekanan, itu merupakan batas – batas ZAV (*Zero Air Void*). Dimana ZAV adalah kondisi dimana udara tidak ada dalam pori. Bila terdapat udara dalam pori – pori maka garis hubungan antara kadar air (w) % dengan berat isi kering (ρ_d) akan memotong kurva pemadatan. Karena didalam gambar tersebut tidak adanya perpotongan maka kondisi tanah yang diuji tersebut dapat dikatakan pori – pori tanah tidak terdapat udara.

4.2 Hasil Uji Konsistensi Atterberg Tanah Lempung



Gambar 2 Konsistensi Atterberg Tanah Lempung Ex. Tabanan
 Sumber : Hasil Penelitian (2019)

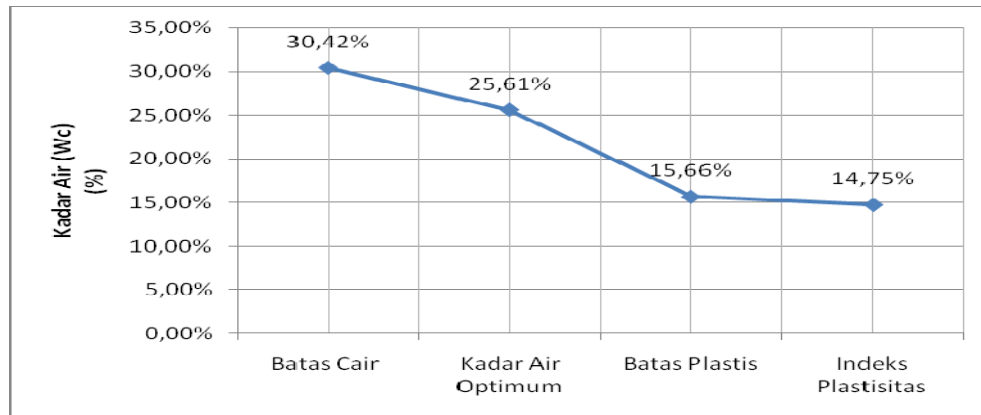
Pada gambar 2 adalah hasil penelitian konsistensi atterberg tanah lempung ex. Tabanan, dengan jumlah sampel diambil sebanyak 4 kali. Dimana campuran pertama dengan jumlah kadar air 25,76 % menghasilkan jumlah pukulan sebanyak 56 kali, pada campuran kedua kadar air yang digunakan sebanyak 27,46 % menghasilkan jumlah pukulan 47 kali, dilanjutkan dengan campuran ketiga dengan kadar air 29,11 % banyaknya pukulan yang didapat sebanyak 34 kali, dilanjutkan dengan campuran keempat menggunakan kadar air sebanyak 30,61 % menghasilkan 23 kali pukulan. Karena data jumlah ketukan sudah berada diantara diatas dan dibawah 25 ketukan maka percobaan diselesaikan sehingga didapatlah grafik kurva seperti pada gambar 2.

4.3 Hubungan Nilai Kadar Air Terhadap Batas Konsistensi Tanah

Berdasarkan pengujian batas – batas konsistensi tanah yang telah dilakukan, maka dapat digambarkan hubungan antara nilai kadar air terhadap batas – batas konsistensi tanah seperti pada Gambar 3 dimana terlihat nilai kadar air optimum berada diantara batas cair dan batas plastis.

Dengan nilai batas cair didapat sebesar 30,42 %, Kadar Air Optimum sebesar 25,61%, Batas Plastis dengan nilai 15,86%, dan Indeks Plastisitas sebesar 14,75% yang kemudian dari nilai – nilai

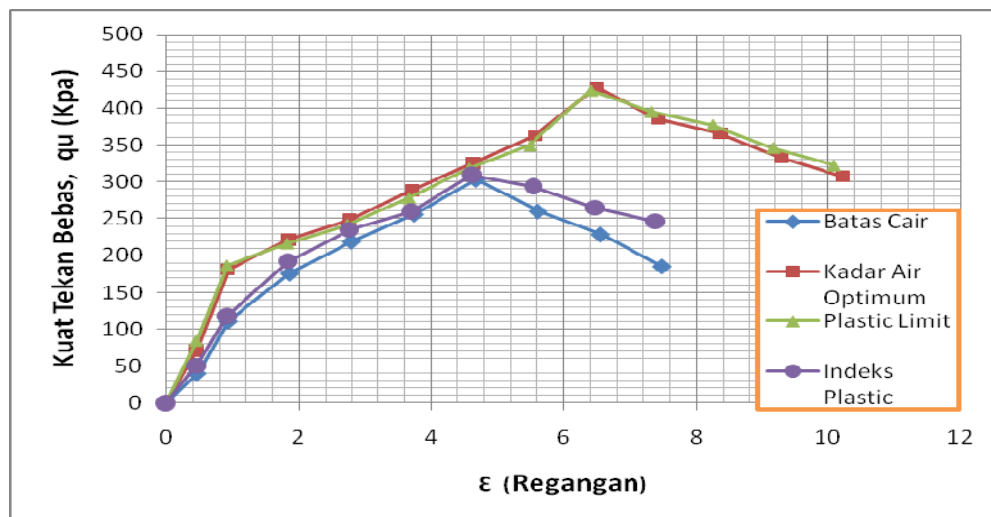
tersebut digunakan sebagai variasi campuran air pada percobaan nilai kuat tekan bebas pada pemeraman umur 3 hari dan 10 hari.



Gambar 3 Hubungan Nilai Kadar Air Terhadap Batas Konsistensi Tanah
 Sumber : Hasil Penelitian (2019)

4.4 Nilai Tekan Bebas (q_u) dan Regangan (ϵ) Tanah Lempung Ex. Tabanan Pada Pemeraman Umur 3 Hari

Pada gambar 4 adalah hubungan kuat tekan bebas (q_u) dengan ϵ (regangan) tanah lempung ex. Tabanan pada pemeraman umur 3 hari menunjukkan kuat tekan bebas (q_u) sebesar ± 300 Kpa dengan regangan (ϵ) sebesar 4,70, sebaliknya pada kondisi kadar air optimum (w optimum) dengan plastic limit menunjukkan kuat tekan bebas (q_u) semakin besar antara 400 – 450 Kpa, demikian juga regangannya (ϵ) sebesar 6,51.



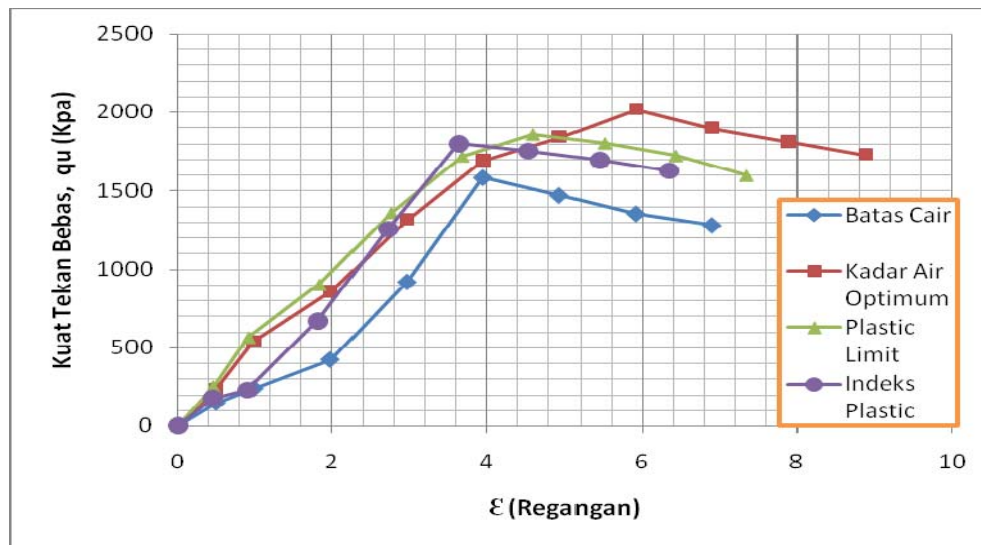
Gambar 4 Hubungan Kuat Tekan Bebas, q_u (Kpa) Dengan ϵ (Regangan) Tanah Lempung Ex. Tabanan Pada Pemeraman Umur 3 Hari

Sumber : Hasil Penelitian (2019)

Hal ini menunjukkan bahwa tanah lempung dengan kadar 98% + 2% semen dengan variasi campuran air menyebabkan porositas dan angka pori tanah lempung semakin kecil dan tanah lempung semakin padat. Dengan kuat tekan bebas (q_u) terendah 300 kpa dan tertinggi antara 400 – 450 kpa, kalau dihitung dalam bentuk persentase kuat tekan bebas mengalami peningkatan 29,26%.

4.5 Nilai Tekan Bebas (q_u) dan Regangan (ϵ) Tanah Lempung Ex. Tabanan Pada Pemeraman Umur 10 Hari

Pada gambar 5 adalah hubungan kuat tekan bebas, q_u (kpa) dengan regangan (ϵ) tanah lempung ex. tabanan pada pemeraman umur 10 hari menunjukkan kuat tekan bebas (q_u) tertinggi sebesar $\pm 2.015,17$ Kpa dengan regangan (ϵ) sebesar 5,90 sebaliknya pada kondisi kadar air optimum (w optimum) dengan nilai *plastic limit* menunjukkan kuat tekan bebas (q_u) tertinggi sebesar 1.856,25 kpa, sedangkan nilai kuat tekan bebas (q_u) yang paling rendah pada kondisi batas cair sebesar 1.583,73 kpa dengan regangan (ϵ) sebesar 3,90. menunjukkan bahwa tanah lempung 98% + 2% semen pada kadar air optimum (w optimum) menyebabkan porositas dan angka pori tanah lempung sangat kecil serta semakin padat. Akibat dari pengaruh reaksi tanah lempung + semen (C_3S), yang mengandung *Trikalsium Sulfat*, membuat proses pemadatan menjadi semakin cepat. Persentase besarnya nilai kuat tekan terendah dibandingkan dengan yang tertinggi adalah sebesar 21,41% .

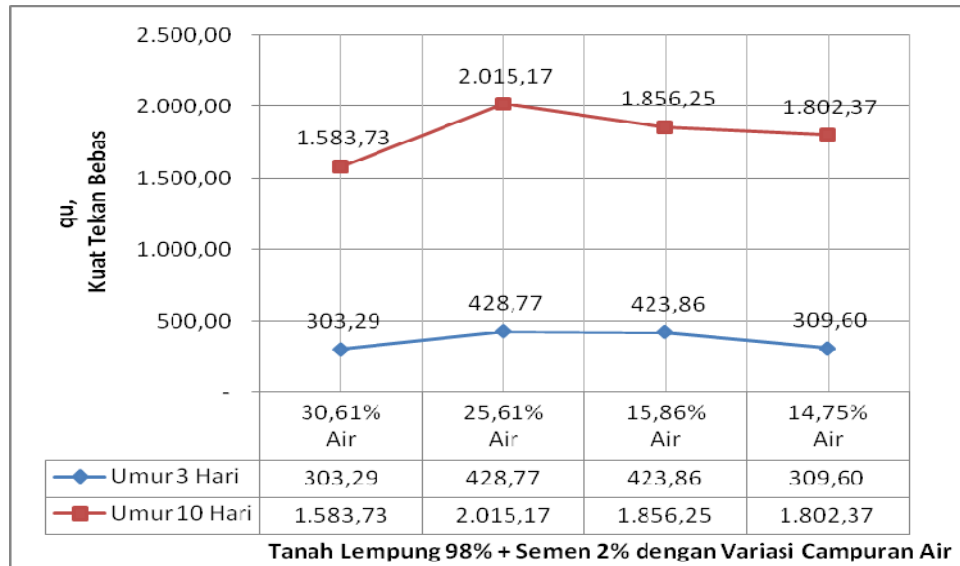


Gambar 5 Hubungan Kuat Tekan Bebas, q_u (Kpa) Dengan ϵ (Regangan) Tanah Lempung Ex. Tabanan Pada Pemeraman Umur 10 Hari

Sumber : Hasil Penelitian (2019)

4.6 Hasil Pengujian Nilai Kuat Tekan Bebas Tanah

Pada Gambar 6 hasil pengujian didapatkan nilai terendah pada pencampuran batas cair tanah sebesar 30,61% air dengan nilai kuat tekan sebesar 303,29 Kpa pada umur 3 hari dan 1.583,73 Kpa pada umur 10 hari. Untuk nilai kuat tekan tertinggi terdapat pada kadar air optimum sebesar 428,77 Kpa saat umur 3 hari dan 2.015,17 Kpa saat umur 10 hari.



Gambar 6 Hubungan Nilai Kuat Tekan Untuk Tiap Variasi Campuran Kadar Air
 Sumber : Hasil Penelitian (2019)

5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian dan pembahasan mengenai analisa nilai kuat tekan bebas campuran semen dan tanah lempung ex. Tabanan dengan berbagai variasi kadar air maka penulis menyimpulkan bahwa :

- a. Tanah lempung ex. Tabanan memiliki nilai Batas Cair 30.42%, Kadar Air Optimum 25.61%, Batas Plastis 14.75%, dan nilai Indeks Plastis 15.66%. Tanah lempung 98% + 2% semen dengan variasi campuran air dengan pemeraman 3 hari mempunyai kuat tekan bebas (q_u) antara 400 - 450 Kpa lebih kecil dibandingkan dengan pemeraman 10 hari yang menghasilkan kuat tekan bebas (q_u) ± 2.015,17 Kpa pada kondisi kadar air optimum ($w_{optimum}$). Demikian juga regangan (ϵ) pada umur pemeraman 3 hari sebesar 4,70 lebih kecil dibandingkan dengan pemeraman 10 hari sebesar 5,90 menunjukkan bahwa tanah lempung yang dicampur dengan variasi kadar air dapat mempengaruhi nilai kuat tekan akhir dari saat pencampuran.

- b. Variasi kadar air yang digunakan saat pencampuran tanah lempung sangat mempengaruhi nilai kuat tekan awal dan akhir tanah. Dimana pada umur 3 hari memiliki tingkat penurunan sebesar 29,26% dan pada umur 10 hari memiliki tingkat penurunan 21,41% dari kadar air optimum terhadap batas cairnya. Jika dirata – rata, persentase penurunan akibat dari variasi campuran air yang dilakukan antara kadar air optimum dengan batas cair ini sebesar $\pm 25\%$.

5.2 Saran

Untuk penelitian lebih lanjut penulis menyarankan agar meneliti tanah lempung dilokasi dimana terjadi penurunan permukaan jalan supaya mendapatkan hasil yang lebih optimal.

6. DAFTAR PUSTAKA

- Ali, M., & Satibi, S. (2015). *Pengaruh Penambahan Semen Terhadap Kuat Geser Lempung Sebelum Dan Sesudah Penjenuhan*, 1-8.
- Bobby, H. (1982). *Solution Of Problem In Soil Mechanics b h c Sutton*. Surabaya: Yustadi Offset.
- Hardiyatmo, H. C. (2002). *Mekanika Tanah Jilid I*. Indonesia: Gadjah Mada University Press.
- Kusuma, D. (2013, 6 26). *Dwi Kusuma*. Dipetik 6 30, 2017, dari Kapur Sebagai Bahan Bangunan: <https://dwikusumadpu.wordpress.com/2013/06/26/kapur-sebagai-bahan-bangunan/>
- Sinaga1, H. H., & Roesyanto2. (t.thn.). *Pengujian Kuat Tekan Bebas (Unconfined Compression) Pada Stabilitas Tanah Lempung Dengan Campuran*, 12.
- SM-Biro, B. (2013, Agustus). <http://birobangunan.blogspot.com/2013/08/jenis-dan-type-semen>. Dipetik November Senin, 2018, dari SM - Biro Bangunan (Desain Bangun Renovasi Rumah): <http://birobangunan.blogspot.com/2013/08/jenis-dan-type-semen.html>
- SNI 1742:2008. (2008). *Cara Uji Kepadatan Ringan Untuk Tanah*. Indonesia: BSN.
- SNI 1744:2012. (2012). *Metode Uji CBR Laboratorium*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- SNI 1965:2008. (2008). *Cara uji penentuan kadar air untuk tanah dan batuan di laboratorium*. Indonesia: Badan Standardisasi Nasional.
- SNI 1966:2008. (2008). *Cara Uji Penentuan Batas Plastis dan Indeks Plastisitas Tanah*. Indonesia: Badan Standardisasi Nasional.
- SNI 1967:2008. (2008). *Cara Uji Penentuan Batas Cair Tanah*. Indonesia: Badan Standardisasi Nasional.
- SNI 3422:2008. (2008). *Cara Uji Penentuan Batas Susut Tanah*. Indonesia: Badan Standardisasi Nasional.
- SNI 3638:2012. (2012). *Metode Uji Kuat Tekan Bebas Tanah Kohesif*. Indonesia: Badan Standardisasi Nasional.
- SNI15-7064-2004. (2004). *Semen Portland Komposit*. Indonesia: Badan Standardisasi Nasional.