

STABILISASI TANAH EKSPANSIF MENGGUNAKAN *LIMESTONES* SEBAGAI *SUBGRADE* PERKERASAN JALAN PADA PROYEK JALAN TOL SEKSI 6A PAKET SUMEDANG – DAWUAN

Aan Binter¹, Uu Saepudin², Dedi Sutrisna³

¹Mahasiswa (Teknik Sipil, Universitas Galuh Ciamis)

²³Dosen (Teknik Sipil, Universitas Galuh Ciamis)

¹Korespondensi :

ABSTRACT

The problems that occur in the Toll Road Project Section 6a of the Sumedang – Dawuan package are subgrade soils including expansive soil types. Where the type of expansive soil is a soil type that is not good with very high clay content, expansion and shrinkage. This potential for shrinkage causes less stability in the road construction so that it affects the safety and comfort of traffic. The general technical properties of expansive soils are that they have a fairly high moisture content and low bearing capacity. Because of these properties, expansive soils are classified as poor soils to be used as subgrades. One way to overcome this is by improving the soil or so-called soil stabilization. In this study, the material used for stabilizing the expansive soil is limestone. Limestone or limestone is a carbonate rock that is formed biologically and biochemically.

This research was conducted with the aim of knowing the effect of adding limestone to the physical properties of expansive clay and knowing the optimum level of addition of limestone so as to produce a maximum increase in the stability of the road construction subgrade. The research method used is the experimental method. The study was designed with 5 treatments, namely 0%, 25%, 50%, 75% and 100% of the use of limestone on expansive clay soil.

The results showed that the use of limestone as a stabilizing agent for clay in the Section 6a of the Sumedang – Dawuan Toll Road Project affects the physical and mechanical properties of the expansive clay. Where the higher the addition of limestone, the smaller the liquid limit (LL), plasticity limit (PL), moisture content and swelling, while for specific gravity, compaction and CBR the higher. The use of limestone in the Toll Road Project Section 6a Sumedang – Dawuan Package optimum 75% with a ratio of 25% expansive clay with a CBR value of $3.75\% < 6\%$ (Minimum requirement of CBR value for road pavement subgrade) and produces a development value (swelling) $3.85\% > 1.25\%$ (maximum limit conditions for pavement subgrade swelling). The CBR value and swelling (swelling) do not meet the requirements as a subgrade for road pavement, in accordance with the expressway technical specifications for a minimum subgrade density of 100%, a minimum CBR of 6% and a maximum swelling of 1.25%.

Keywords : Limestone, Stabilization, Clay

I. PENDAHULUAN

Perkerasan jalan harus memiliki kualitas yang baik, dalam hal ini lapisan permukaan yang halus, sehingga kendaraan dapat meluncur dengan lancar. Selain itu perkerasan harus mempunyai ketebalan yang cukup untuk memastikan bahwa beban lalu lintas terdistribusikan dengan baik sehingga tekanan dan tegangan pada setiap lapisan perkerasan masih dapat ditoleransi, yang berarti tegangan dan regangan yang terjadi lebih kecil daripada tegangan regangan yang diijinkan. Kinerja perkerasan dapat dihubungkan dengan

kemampuan perkerasan untuk melayani lalu lintas dalam jangka waktu tertentu.

Kerusakan konstruksi permukaan jalan dapat diakibatkan oleh kerusakan konstruksi di bawahnya yaitu *base*, *subbase* bahkan lapisan *subgrade* atau tanah dasar. Jika penyebab *deformasi* konstruksi jalan tersebut terjadi di lapisan tanah dasar, maka harus diketahui karakteristik dari tanah dasar tersebut. Hal ini dapat diakibatkan oleh turunnya kuat geser tanah, sehingga perlu untuk diketahui penyebab turunnya kekuatan, baik terhadap beban kendaraan maupun pengaruh regional

berupa drainase dan curah hujan. Tanah yang kurang memenuhi persyaratan kestabilan, baik terhadap pengaruh beban maupun pengaruh cuaca dapat diperbaiki dengan mengadakan suatu tindakan yang dinamakan stabilitas tanah. Stabilitas tanah dapat dilakukan melalui salah satu atau kombinasi dari stabilisasi mekanis dan kimia.

Stabilisasi mekanis merupakan perbaikan struktur tanah, perbaikan susunan butir-butir dari bahan mineral dan tindakan-tindakan lain yang merupakan perbaikan sifat mekanis dari jenis tanah tersebut. Kestabilan kimia dengan menggunakan bahan-bahan kimia sebagai bahan stabilisator dengan tujuan untuk mencapai kestabilan kadar lengas, untuk mencegah kontak dengan air.

Permasalahan yang terjadi pada Proyek Jalan Tol Seksi 6a Paket Sumedang – Dawuan tanah dasar sebagai *subgrade* termasuk jenis tanah ekspansif. Dimana jenis tanah ekspansif merupakan jenis tanah yang kurang baik dengan kadar lempung, pengembangan dan penyusutan yang sangat tinggi. Potensi kembang susut ini menimbulkan kurang stabilnya pada konstruksi jalan sehingga mempengaruhi keamanan dan kenyamanan berlalu lintas. Sifat teknis yang umum dari tanah ekspansif mempunyai kandungan air atau kadar air yang cukup tinggi dan daya dukung yang rendah. Karena sifat-sifat tersebut maka tanah ekspansif digolongkan sebagai tanah yang buruk untuk dijadikan *subgrade*. Salah satu cara untuk mengatasi hal tersebut dengan perbaikan tanah atau disebut stabilisasi tanah. Pada penelitian ini bahan yang digunakan untuk stabilisasi tanah ekspansif yaitu *limestone*. *Limestone* atau batu gamping merupakan batuan karbonat yang terbentuk secara *biological* dan *biochemical*.

II. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian di Laboratorium dilaksanakan pada bulan Juni 2022 yang akan dilakukan di Laboratorium bahan jalan dan beton CV. Mitra Pusaka Patimban.

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

1. Tanah lempung, diambil dari lokasi kajian
2. *Limestone* sebagai bahan stabilisasi.
3. Air, yang digunakan air PDAM

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain :

1. Saringan
Berfungsi untuk menyaring agregat halus, sehingga diperoleh ukuran agregat yang di syaratkan untuk masing-masing agregat.
2. Oven
Untuk mengeringkan agregat sebelum ditimbang untuk mendapatkan berat jenis kadar air setiap agregat.
3. Neraca / Timbangan dengan ketelitian 0,01 gram
Dipakai untuk mengukur berat masing-masing bahn agar diperoleh perbandingan komposisi setiap bahan, serta digunakan untuk menimbang benda uji.
4. *Grooving tool*
Digunakan untuk membuat alur dengan cara membagi dua benda uji dalam pengujian batas cair.
5. Mesin pengguncang saringan
Digunakan untuk mengguncangkan saringan untuk mengetahui ukuran butiran tanah.
6. Alat batas cair standar (Atterberg)
Digunakan untuk menentukan kadar air tanah pada batas cair.
7. CBR Mold
Digunakan untuk menentukan nilai CBR tanah dan campuran tanah agregat.

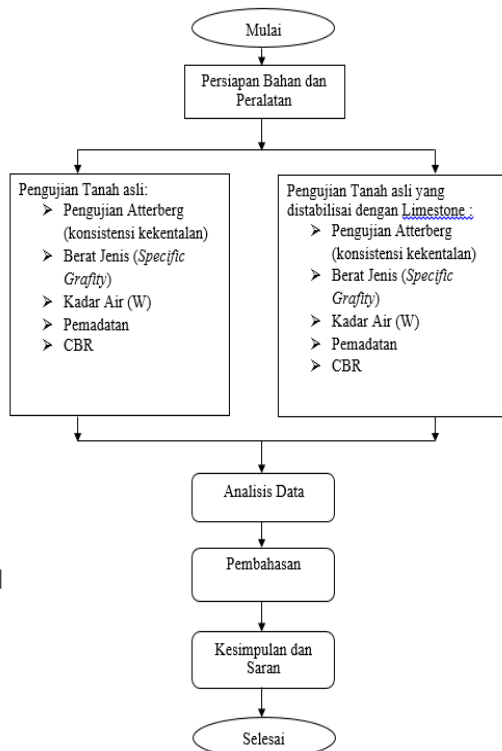
Metode penelitian yang digunakan adalah metode eksperimen. Penelitian dirancang dengan 5 perlakuan untuk pengujian atterberg, berat jenis, kadar air, pemadatan dan CBR. Perlakuan yang diujicobakan sebagai berikut :

1. Perlakuan₁ = Tanah ekspansif dengan penambahan *limestone* 0%
2. Perlakuan₂ = Tanah ekspansif dengan penambahan *limestone* 25%
3. Perlakuan₃ = Tanah ekspansif dengan penambahan *limestone* 50%

4. Perlakuan = Tanah ekspansif dengan penambahan *limestone* 75%

5. Perlakuan = Tanah ekspansif dengan penambahan *limestone* 100%

Langkah- langkah penelitian dapat dilihat pada diagram alir di bawah ini :



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

Untuk pengujian yang dilakukan pada penelitian ini yaitu sebagai berikut :

- Berat Jenis Tanah (*Specific Gravity*)**
Pengujian ini dimaksudkan untuk menentukan berat jenis tanah yang lolos saringan No.4 dengan menggunakan labu ukur.
- Kadar Air (*Moisture Content*)**
Pengujian ini dimaksudkan untuk menentukan kadar air sampel tanah yaitu perbandingan berat air yang terkandung dalam tanah dengan berat kering tanah tersebut.
- Analisa Saringan (*Sieve Analysis*)**
Pengujian ini dimaksudkan untuk mengetahui ukuran butir dan susunan butir (gradasi) tanah yang tertahan saringan No.200.

d) **Pengujian Batas Cair Dengan Alat *Cassagrande Liquid Limit***

Pengujian ini dimaksudkan untuk menentukan kadar air tanah pada batas cair dengan cara *cassagrande* yang akan digunakan untuk menentukan sifat dan klasifikasi tanah.

e) **Pengujian Batas Platis (*Plastic Limit*)**

Pengujian ini dimaksudkan untuk menentukan kadar air tanah pada batas keadaan plastis dan keadaan semi padat (batas plastis) yang akan digunakan untuk menentukan jenis, sifat dan klasifikasi tanah.

f) ***California Bearing Ratio* (CBR) Laboratorium**

Pengujian ini dimaksudkan untuk menentukan nilai CBR tanah dan campuran tanah agregat yang dipadatkan dilaboratorium pada kadar air tertentu yang akan digunakan untuk perencanaan pembangunan jalan.

g) **Pemadatan (*Compaction Test*)**

Pengujian ini dimaksudkan untuk mengetahui hubungan antara kadar air dan kepadatan tanah. Dapat disebut juga *proctor test* dan dapat dilakukan secara standard maupun *modifield*.

Data yang didapat dari hasil pengujian kemudian dianalisis dengan menggunakan analisis regresi. Regresi adalah menentukan garis lurus atau garis lengkung yang paling mendekati dengan sejumlah data titik, dengan memberikan hubungan linier, hubungan kuadratik antara dua variabel. Rumus yang digunakan adalah sebagai berikut:

$$Y_{ij} = \mu + \sigma_1 + \Sigma_{ij}$$

Keterangan:

Y_{ij} = Nilai stabilitas tanah

μ = nilai lengas / rata-rata stabilitas tanah

σ_1 = pengujian penambahan *limestone*

Σ_{ij} = Keseluruhan percobaan

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil Pengujian Sifat Fisik Tanah Lempung

Pengujian terhadap sifat-sifat fisik tanah lempung yang dilakukan dalam penelitian ini meliputi pengujian batas-batas *atterberg*, pengujian berat jenis, pengujian kadar air, pengujian berat volume dan pengujian pemadatan standar. Hasil-hasil pengujian seperti diuraikan di bawah ini :

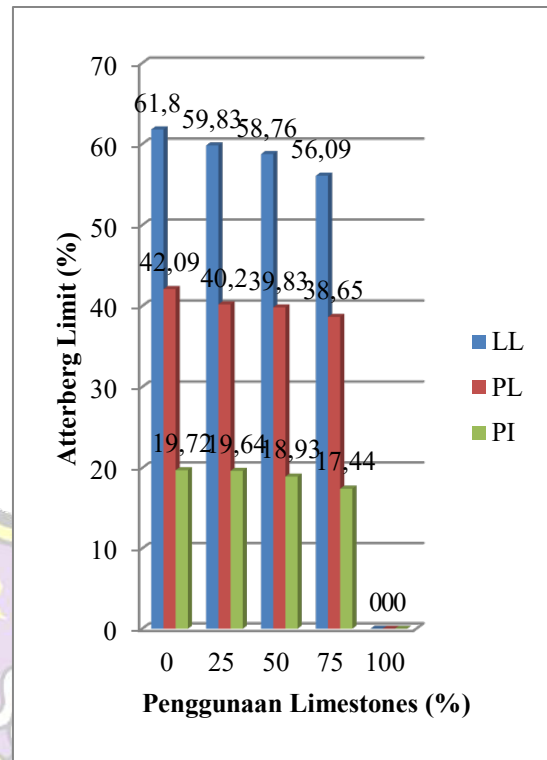
a) Hasil Pengujian Batas-batas Atterberg

Hasil pengujian batas-batas *Atterberg* seperti disajikan pada tabel di bawah ini yang meliputi batas cair (LL), batas plastis (PL) dan nilai indeks plastisitas (PI).

Tabel 1. Hasil Pengujian *Atterberg Limit*

| Perlakuan | LL | PL | PI |
|----------------------------------------------|-------|-------|-------|
| | (%) | (%) | (%) |
| Tanah Lempung Ekspansif | 61,80 | 42,09 | 19,72 |
| Tanah Lempung Ekspansif 75% + 25% Limestones | 59,83 | 40,20 | 19,64 |
| Tanah Lempung Ekspansif 50%+ 50% Limestones | 58,76 | 39,83 | 18,93 |
| Tanah Lempung Ekspansif 25%+ 75% Limestones | 56,09 | 38,65 | 17,44 |
| Limestones 100% | 0 | 0 | 0 |

Dari tabel di atas dibuat diagram batang yang menggambarkan hasil pengujian *Atterberg Limit* seperti ditunjukkan pada gambar di bawah ini :



Gambar 2. Diagram Hasil Pengujian *Atterberg Limit*

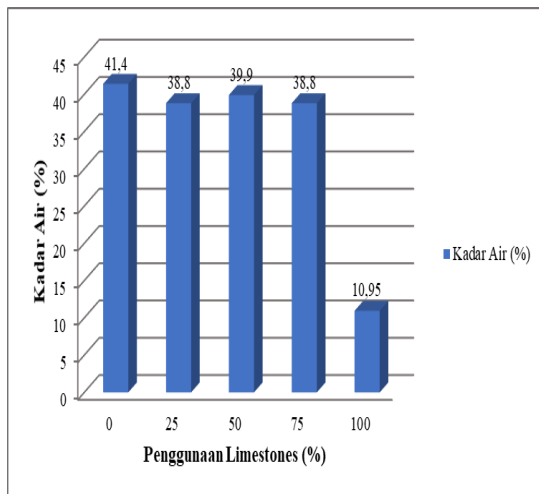
b) Hasil Pengujian Kadar Air

Berdasarkan hasil pengujian kadar air, diperoleh hasil yang disajikan pada tabel. Hasil pengujian menunjukkan penurunan nilai kadar air pada tanah lempung ekspansif campuran limestones terhadap tanah lempung asli.

Tabel 2. Hasil Pengujian Kadar Air

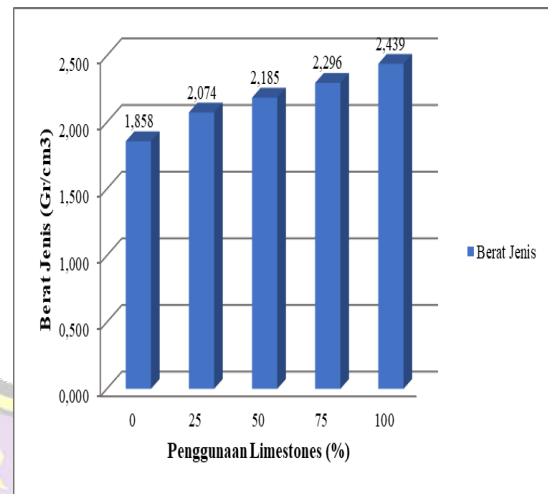
| Perlakuan | Kadar Air (%) |
|----------------------------------------------|---------------|
| Tanah Lempung Ekspansif | 41,40 |
| Tanah Lempung Ekspansif 75% + 25% Limestones | 38,80 |
| Tanah Lempung Ekspansif 50% + 50% Limestones | 39,90 |
| Tanah Lempung Ekspansif 25% + 75% Limestones | 38,80 |
| Limestones 100% | 10,95 |

Dari tabel di atas dibuat diagram batang yang menggambarkan hasil pengujian Kadar Air seperti ditunjukkan pada gambar di bawah ini :



Gambar 3. Diagram Hasil Pengujian Kadar Air

Dari tabel di atas dibuat diagram batang yang menggambarkan hasil pengujian berat jenis seperti ditunjukkan pada gambar di bawah ini :



Gambar 4. Diagram Hasil Berat Jenis

c) Hasil Pengujian Berat Jenis

Berdasarkan hasil pengujian berat jenis, diperoleh hasil seperti ditunjukkan pada Tabel. Hasil pengujian menunjukkan kenaikan nilai berat jenis pada tanah lempung ekspansif campuran limestones terhadap tanah lempung asli.

Tabel 3. Hasil Pengujian Berat Jenis

| Perlakuan | Berat Jenis (Gr/cm ³) |
|----------------------------------------------|-----------------------------------|
| Tanah Lempung Ekspansif | 1.858 |
| Tanah Lempung Ekspansif 75% + 25% Limestones | 2,074 |
| Tanah Lempung Ekspansif 50% + 50% Limestones | 2,185 |
| Tanah Lempung Ekspansif 25% + 75% Limestones | 2,296 |
| Limestones 100% | 2,439 |

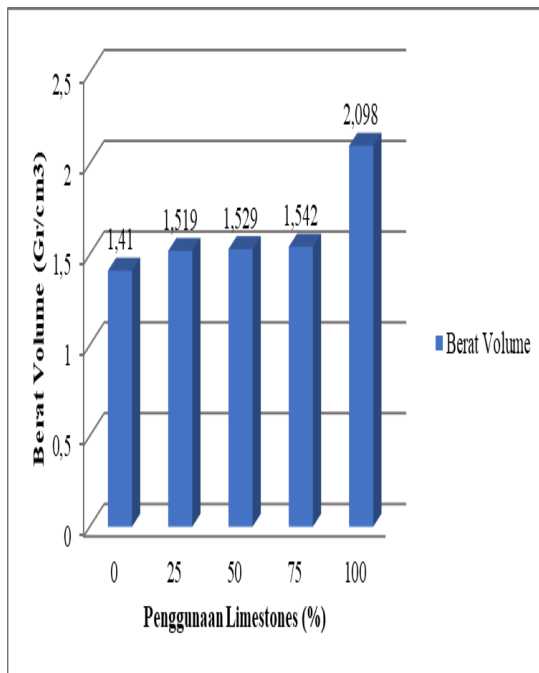
d) Hasil Pengujian Berat Volume

Berdasarkan hasil pemeriksaan berat volume, diperoleh hasil yang disajikan pada Tabel. Hasil pengujian menunjukkan penurunan nilai berat volume pada tanah lempung ekspansif campuran limestones terhadap tanah lempung asli.

Tabel 4. Hasil Pengujian Berat Volume

| Perlakuan | Berat Volume (Gr/cm ³) |
|----------------------------------------------|------------------------------------|
| Tanah Lempung Ekspansif | 1,410 |
| Tanah Lempung Ekspansif 75% + 25% Limestones | 1,519 |
| Tanah Lempung Ekspansif 50% + 50% Limestones | 1,529 |
| Tanah Lempung Ekspansif 25% + 75% Limestones | 1,542 |
| Limestones 100% | 2,098 |

Dari tabel di atas dibuat diagram batang yang menggambarkan hasil pengujian berat volume seperti ditunjukkan pada Gambar di bawah ini :



Gambar 5. Diagram Hasil Berat Volume

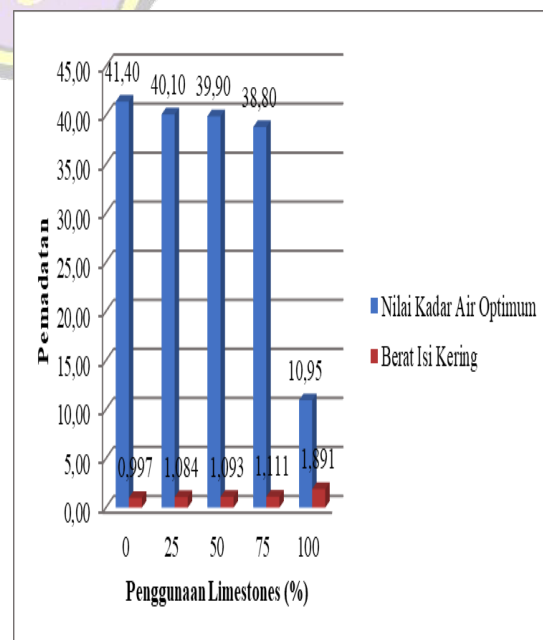
e) Hasil Pengujian Pemadatan Standar

Pemadatan merupakan usaha untuk mempertinggi kerapatan tanah dengan pemakaian energi mekanis, tujuan pemadatan tanah adalah untuk memperbaiki sifat-sifat teknis tanah. Beberapa keuntungan yang didapat dengan adanya pemadatan ini adalah berkurangnya penurunan permukaan tanah yaitu gerakan vertikal didalam massa tanah itu sendiri akibat berkurangnya angka pori dan bertambahnya kekuatan tanah. Nilai berat isi tanah kering ini dimaksudkan untuk menentukan tingkat kepadatan tanah pada kadar air tertentu, sedangkan nilai kadar air dimaksudkan untuk menentukan kadar air tanah. Kadar air tanah adalah perbandingan antara berat air yang terkandung dalam tanah dengan berat kering tanah tersebut dinyatakan dalam persen. Berdasarkan hasil uji pemadatan tanah standar, diperoleh nilai kadar air optimum (OMC) dan berat isi kering seperti disajikan pada Tabel di bawah ini :

Tabel 5. Hasil Pengujian Pemadatan

| Perlakuan | Nilai Kadar Air Optimum (%) | Berat Isi Kering (gr/cm ³) |
|----------------------------------------------|-----------------------------|----------------------------------------|
| Tanah Lempung Ekspansif | 41,40 | 0,997 |
| Tanah Lempung Ekspansif 75% + 25% Limestones | 40,10 | 1,084 |
| Tanah Lempung Ekspansif 50% + 50% Limestones | 39,90 | 1,093 |
| Tanah Lempung Ekspansif 25% + 75% Limestones | 38,80 | 1.111 |
| Limestones 100% | 10,95 | 1,891 |

Dari tabel di atas dibuat diagram batang yang menggambarkan hasil pengujian pemadatan seperti ditunjukkan pada gambar di bawah ini :



Gambar 6. Diagram Hasil Uji Pemadatan

3.2 Hasil Pengujian Sifat Mekanik Tanah Lempung

Pengujian terhadap sifat mekanik tanah lempung yang dilakukan dalam penelitian ini meliputi pengujian CBR Laboratorium, Pengembangan (*Swelling*) dan kuat tekan. Hasil-hasil pengujian seperti diuraikan di bawah ini :

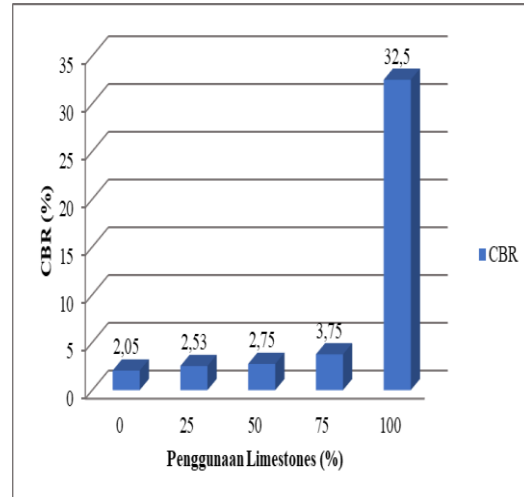
a) Hasil Pengujian CBR (*California Bearing Ratio*)

Pengujian ini dimaksudkan untuk menentukan CBR tanah yang dipadatkan dilaboratorium pada kadar air optimum. CBR adalah perbandingan antara beban penetrasi suatu bahan terhadap beban standar dengan kecepatan penetrasi yang sama. Peningkatan daya dukung dari tanah setelah diadakan stabilisasi dapat dilihat dengan adanya kenaikan nilai tersebut. Hasil pengujian disajikan pada tabel di bawah ini :

Tabel 6. Hasil Pengujian CBR Laboratorium

| Perlakuan | Nilai CBR (%) | Kategori |
|----------------------------------------------|---------------|----------|
| Tanah Lempung Ekspansif | 2.05 | Buruk |
| Tanah Lempung Ekspansif 75% + 25% Limestones | 2,53 | Buruk |
| Tanah Lempung Ekspansif 50% + 50% Limestones | 2,75 | Buruk |
| Tanah Lempung Ekspansif 25% + 75% Limestones | 3,75 | Buruk |
| Limestones 100% | 32,50 | Baik |

Dari tabel di atas dibuat diagram batang yang menggambarkan hasil pengujian CBR seperti ditunjukkan pada gambar di bawah ini :



Gambar 7. Diagram Hasil Pengujian CBR

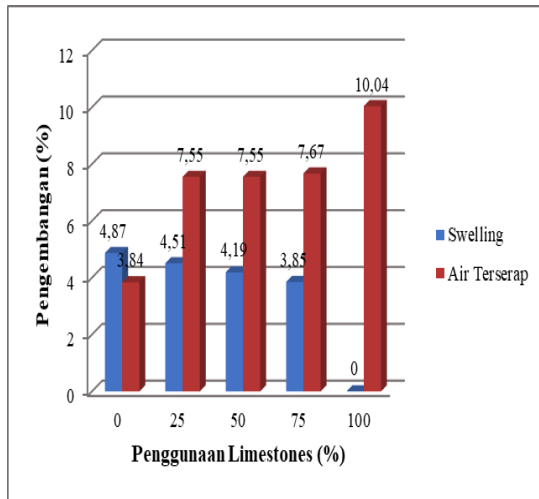
b) Hasil Pengujian Pengembangan (*Swelling*)

Pengembangan (*Swelling*) merupakan perbandingan antara perubahan tinggi selama perendaman terhadap tinggi benda semula, dinyatakan dalam persen. Hasil pengujian pengembangan (*Swelling*) disajikan pada tabel di bawah ini :

Tabel 7. Hasil Pengujian Pengembangan (*Swelling*)

| Perlakuan | <i>Swelling</i> (%) | Air Terserap (%) |
|----------------------------------------------|---------------------|------------------|
| Tanah Lempung Ekspansif | 4,87 | 3,84 |
| Tanah Lempung Ekspansif 75% + 25% Limestones | 4,51 | 7,55 |
| Tanah Lempung Ekspansif 50% + 50% Limestones | 4,19 | 7,55 |
| Tanah Lempung Ekspansif 25% + 75% Limestones | 3,85 | 7,67 |
| Limestones 100% | 0 | 10,04 |

Dari tabel di atas dibuat diagram batang yang menggambarkan hasil pengujian Pengembangan (*Swelling*) seperti ditunjukkan pada gambar di bawah ini :

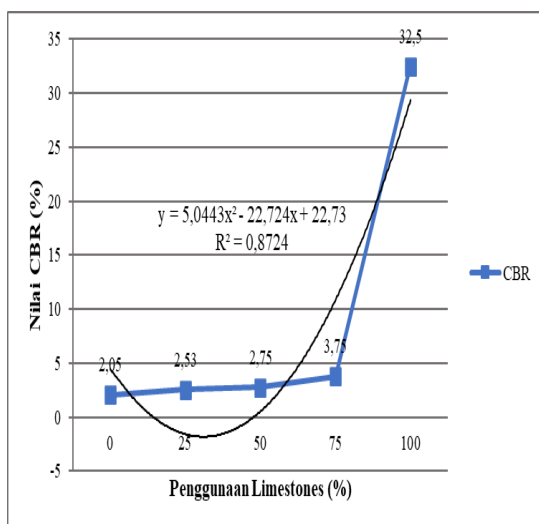


Gambar 8. Diagram Hasil Uji Pengembangan (*Swelling*)

3.3 Pembahasan

a) CBR (*California Bearing Ratio*)

Berdasarkan Tabel 6 diperoleh grafik yang menggambarkan hubungan antara variasi penggunaan *limestones* dengan nilai CBR seperti ditunjukkan pada gambar di bawah ini:



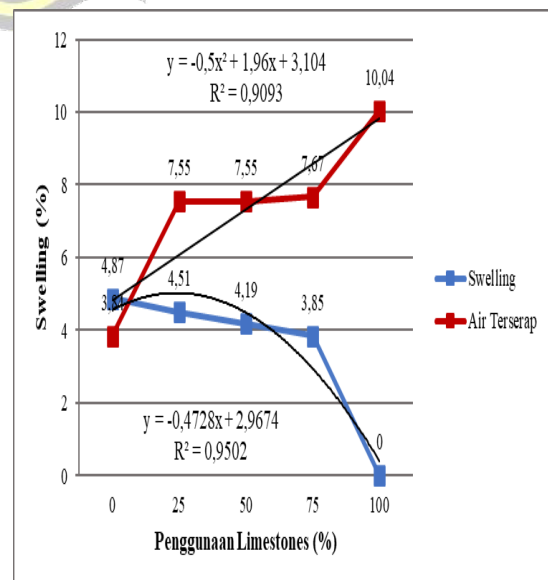
Gambar 9. Grafik Hubungan antara Variasi Penggunaan Limestones dengan CBR

Nilai CBR semakin meningkat seiring dengan meningkatnya penggunaan limestone.

Penggunaan limestone 25% sebagai bahan stabilisasi tanah lempung ekspansif menghasilkan nilai CBR 2,53% dengan kategori buruk sebagai subgrade perkerasan jalan. Penggunaan limestone 50% sebagai bahan stabilisasi tanah lempung ekspansif menghasilkan nilai CBR 2,75% dengan kategori buruk sebagai subgrade perkerasan jalan. Penggunaan limestone 75% sebagai bahan stabilisasi pada tanah lempung ekspansif menghasilkan nilai CBR 3,75% dengan kategori buruk sebagai subgrade perkerasan jalan. Penggunaan limestone 100% sebagai bahan stabilisasi pada tanah lempung ekspansif menghasilkan nilai CBR 32,50% dengan kategori baik sebagai subgrade perkerasan jalan. Syarat batas minimal nilai CBR untuk subgrade perkerasan jalan adalah 6%, sehingga penggunaan limestone 100% memenuhi syarat sebagai subgrade perkerasan jalan dengan nilai CBR 32,50%.

b) Pengembangan (*Swelling*)

Berdasarkan Tabel 7 diperoleh grafik yang menggambarkan hubungan antara variasi penggunaan *limestones* dengan nilai pengembangan (*swelling*) seperti ditunjukkan pada gambar di bawah ini :



Gambar 10. Grafik Hubungan antara Variasi Penggunaan Limestones dengan *Swelling*

Nilai pengembangan (*swelling*) semakin menurun seiring dengan meningkatnya

penggunaan limestone. Penggunaan limestone 25% sebagai bahan stabilisasi tanah lempung ekspansif menghasilkan nilai pengembangan (*swelling*) 4,51%. Penggunaan limestone 50% sebagai bahan stabilisasi pada tanah lempung ekspansif menghasilkan nilai pengembangan (*swelling*) 4,19%. Penggunaan limestone 75% sebagai bahan stabilisasi tanah lempung ekspansif menghasilkan nilai pengembangan (*swelling*) 3,85%. Penggunaan limestone 100% sebagai bahan stabilisasi tanah lempung ekspansif menghasilkan nilai pengembangan (*swelling*) 0%. Syarat batas maksimal nilai pengembangan (*swelling*) subgrade perkerasan jalan adalah 1,25%, sehingga penggunaan limestone 100% memenuhi syarat sebagai subgrade perkerasan jalan dengan nilai pengembangan (*swelling*) 0%.

IV. SIMPULAN

Melalui hasil penelitian yang telah dipaparkan sebelumnya, dapat ditarik kesimpulan yaitu :

1. Penggunaan *limestone* sebagai bahan stabilisasi tanah lempung berpengaruh terhadap sifat fisik dan sifat mekanik tanah lempung ekspansif. Dimana semakin tinggi penambahan *limestone*, maka semakin kecil nilai batas cair (LL), indeks plastisitas (PL), kadar air dan pengembangan (*swelling*), sedangkan untuk berat jenis, pemadatan dan CBR semakin tinggi.
2. Penggunaan *limestone* yang optimum 100% menghasilkan nilai CBR 39,15% dan menghasilkan nilai pengembangan (*swelling*) 0%. Nilai CBR dan pengembangan (*swelling*) memenuhi syarat sebagai subgrade perkerasan jalan.

DAFTAR PUSTAKA

- Andriani, dkk. (2016) "Pengaruh Penggunaan Semen Sebagai Stabilisasi Pada Tanah Lempung Daerah Lambung Bukit Terhadap Nilai CBR Tanah" Universitas Andalas, Padang.
- Agus T. Sudjianto. (2014) " Stabilisasi Tanah Lempung Ekspansif dengan Garam Dapur (NaCl)". Universitas Widyagama, Malang
- Craigh, R.F. (2007). "Mekanika Tanah". Edisi 6 Erlangga, Jakarta.
- Direktorat Jenderal Bina Marga. (1994). "SNI 03-6757 Metode Pengujian Pemadatan Laboratorium", Departemen Pekerjaan Umum.
- Damoerin,D., dan Virisdiyanto. (1999). "Stabilisasi Tanah Lempung Ekspansif dan Pasir Dengan Penambahan Semen atau Kapur Untuk Lapisan Badan Jalan", Prosiding Seminar Nasional Geoteknik , jurusan Teknik Sipil UGM, Yogyakarta.
- Fathani, T.F., dan Adi, D.A. (1999). " Perbaikan Sifat Lempung Expansif dengan Penambahan Kapur", Prosiding Seminar Nasional Geoteknik, Jurusan Teknik Sipil UGM, Yogyakarta.
- Paputungan, F, S, dkk. (2012) "Pemanfaatan Limbah Spent Catalyst TA-5 PT. Pertamina UP IV Cilacap. Sebagai Papan Penyekat Tahan Air", Naskah Publikasi, Direktorat Pengembangan Bakat/Minat Kesejahteraan Mahasiswa Universitas Islam Indonesia.
- Permana, Yuda. (2009). "Studi Penggunaan Limbah Pengilangan Minyak (Residium Catalytic Cracking 15, RCC 15) Pada Perbaikan Tanah Ekspansif (Studi kasus Tanah Gedebage Bandung)", Simposium XII FSTPT, Universitas Kristen Petra, Surabaya.
- Suryolelono, K.B. (1999). "Potensi Variasi Campuran Abu sekam Padi dan Kapur untuk Meningkatkan Karakteristik Tanah Lempung", Forum Teknik Sipil No. VIII/1, Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik UGM, Yogyakarta.
- Karyasuparta, Suyud R . (1996). " Swelling Soil", Institut Teknologi Bandung.
- Nasution, Syarifuddin. (2000). " Perbaikan Tanah", Institut Teknologi Bandung.

Sutarman, Encu. (2010). "Mekanika Tanah".
CV. Djatnika CV.

