

# Perilaku Pemadatan Tanah Wayang Windu Pangalengan (*Compaction behaviour of soil Wayang Windu Pangalengan*)

Hendry, Dipl.Ing. HTL, MT  
Jurusan Teknik Sipil  
Politeknik Negeri Bandung  
Jl. Gegerkalong Hilir, Ds. Ciwaruga Bandung  
E-mail : hendrytkd3@yahoo.com

## Abstrak

Tanah daerah Wayang Windu Pangalengan memperlihatkan perilaku yang berbeda dari tanah umumnya. Perubahan sifat tanah terlihat setelah perlakuan pengeringan terhadap tanah Wayang Windu dimana menunjukkan tingkat kepadatan yang berbeda antara kondisi pemadatan sebelum dikeringkan dan setelah dilakukan pengeringan. Hasil uji coba pemadatan yang dilakukan menunjukkan nilai kadar air optimum yang tinggi dengan tingkat kepadatan yang rendah. Dari penelitian yang dilakukan melalui beberapa pengujian pemadatan di laboratorium, menghasilkan beberapa puncak berat isi kering maksimum ( $\gamma_{d\text{ mak}}$ ) dan kadar air optimum ( $\omega_{\text{opt}}$ ) yang berbeda, sesuai kondisi suhu pengeringan. Kepadatan maksimum di dapat pada pengeringan tanah dengan oven dengan nilai  $\gamma_{d\text{ mak}}=1.014\text{ gr/cm}^3$  dan  $\omega_{\text{opt}}=40.87\%$ . Untuk kondisi lapangan kepadatan maksimum yang bisa dicapai adalah dengan nilai berat isi kering maksimum  $\gamma_{d\text{ mak}} = 0.664\text{ gr/cm}^3$  dan  $\omega_{\text{opt}} = 107.23\%$ . Sedangkan nilai CBR yang dihasilkan adalah antara 0.8 % s.d 1.6 %.

## Abstract

The Soil from Wayang Windu Pangalengan shows a different behavior of the soil generally. Changes in soil properties seen after treatment of soil drying which show different levels of density between the conditions before being dried and after being dried. The results of compaction tests conducted showed that the high value of optimum moisture content with low density. From research conducted through several compaction tests in the laboratory, resulting in several peaks with maximum dry density and optimum moisture content according to different conditions of drying temperature. The maximum density which reached by drying the soil in the oven is with value of  $\gamma_{d\text{ mak}}= 1.014\text{ gr/cm}^3$  and  $\omega_{\text{opt}} = 40.87\%$ . For field conditions the maximum density can be achieved is  $\gamma_{d\text{ mak}} = 0.664\text{ gr/cm}^3$  dan  $\omega_{\text{opt}} = 107.23\%$ . While the resulting CBR value is between 0.8% to 1.6%.

**Kata kunci** : wayang windu pangalengan, kepadatan, pengeringan, kadar air optimum

## 1. PENDAHULUAN

Ketika tanah akan digunakan sebagai bahan bangunan, yang selanjutnya juga berfungsi sebagai landasan bangunan terutama pada konstruksi jalan, maka perlu diperhatikan kekuatannya. Kekuatan tanah diperlukan agar dapat memikul beban yang bekerja di atasnya, salah satu cara untuk meningkatkan kekuatan tanah adalah dengan cara pemadatan. Pada daerah Pangalengan, tepatnya daerah Wayang Windu terdapat tanah yang secara visual berjenis lanau kelempungan. Saat

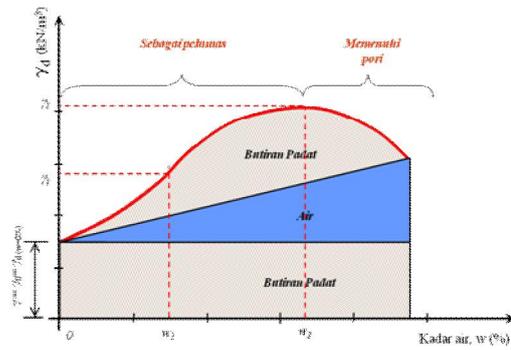
dipadatkan ada kendala untuk mendapatkan kepadatan maksimum. Pada penelitian awal perilaku tanah menunjukkan sifat yang kurang lazim sebagaimana tanah secara umum, terutama ketika dilakukan pemadatan. Kepadatan didapatkan pada tingkat kadar air optimum yang tinggi dengan nilai kepadatan yang rendah. Saat dibiarkan mengering dan kembali dipadatkan ada perubahan tingkat kepadatannya. Hal ini perlu dikaji lebih jauh untuk mengetahui perilaku tanah tersebut terhadap pemadatan akibat proses pengeringan dari tanah. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi dan mengevaluasi perilaku tanah lanau

kelempungan dari daerah Wayang Windu Pangalengan, terutama sifat pemadatannya, akan masuk dalam kelompok tipe kurva pemadatan yang mana tanah yang diuji dan apakah mempunyai kekuatan yang cukup stabil untuk dapat memikul beban konstruksi perkerasan jalan, nantinya. Dengan diketahuinya perilaku tanah dari daerah Wayang Windu Pangalengan ini akan menjadikan adanya tambahan ilmu dan informasi bagi teknik sipil terutama untuk pekerjaan timbunan agar dapat mengantisipasi tindakan yang akan dilakukan jika menggunakan tanah dengan sifat dan perilaku yang sama.

**2. TINJAUAN PUSTAKA**

Pemadatan adalah suatu proses peningkatan kerapatan tanah dengan menambah jumlah butiran tanah yang mengisi suatu volume tertentu tanpa merubah volume yang ada. Pemadatan yang dilaksanakan secara mekanis, memerlukan air untuk membantu pergerakan butir tanah (air berfungsi sebagai pelumas). Pada saat tanah tidak mengandung air (kadar air,  $\omega = 0$ ), maka berat isi basah tanah ( $\gamma$ ) sama dengan berat isi kering tanah ( $\gamma_d$ ). Dengan penambahan air secara bertahap dalam usaha pemadatan maka berat butiran padat tanah pervolume juga meningkat. Berat isi basah tanah ( $\gamma$ ) adalah sama dengan ( $\gamma_2$ ), sedangkan berat isi kering tanah ( $\gamma_d$ ) adalah sama dengan ( $\gamma_{d(w=0)} + \Delta\gamma_d$ ) (lihat ilustrasi pada gambar 1).

Sampai pada penambahan kadar air tertentu (pada gambar 1,  $w = w_2$ ), penambahan kadar air berikutnya tidak meningkatkan kepadatan tanah, tanah bahkan cenderung untuk turun, karena ruang pori yang masih ada terisi oleh air dan tidak bisa lagi diisi oleh butiran / masa padat tanah. Keadaan puncak ini di mana tanah mencapai berat isi kering maksimum didapat pada kadar air yang disebut dengan kadar air optimum ( $\omega_{opt}$ ). Artinya tanah jika dipadatkan maka akan mencapai kepadatan maksimum (berat isi kering maksimum  $\gamma_{d\ max}$ ) jika kadar airnya adalah kadar air optimum.



**Gambar 1. Prinsip pemadatan tanah**

Pada uji skala laboratorium tanah dipadatkan dengan suatu metoda standar yang dikemukakan oleh Proctor (1933), yang selanjutnya disebut dengan Uji pemadatan Proctor (*Proctor Compaction Test*). Prinsip pemadatan yang dilaksanakan adalah dengan memadatkan tanah ke dalam sebuah cetakan (*mould*) berbentuk silinder bervolume 1/30 ft<sup>3</sup> (943,3 cm<sup>3</sup>) dengan diameter 4“ ( $\approx 101.6$  mm) dan tinggi 4.584” (116.43 mm). Pertama tanah dicampur dengan air kemudian dimasukan ke dalam mould yang dibagi / dipadatkan dalam tiga lapisan dengan penumbuk berbentuk silinder berdiameter 2” (50.8 mm) dan tinggi jatuh 12” (304.8 mm), dengan berat 5.5 lb (2.5 kg). Setiap lapisan ditumbuk sebanyak 25x tumbukan.

Berat tanah yang masuk dan mengisi cetakan ditimbang ( $W$ ), sedangkan volume tanah adalah sama dengan volume cetakan ( $V$ ), maka berat isi tanah dapat dihitung dengan rumus berikut :

$$\gamma = \frac{W}{V} \dots\dots\dots (2.1)$$

Kadar air tanah ( $\omega$ ) yang dipadatkan diukur, sehingga berat isi kering tanah ( $\gamma_d$ ) dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$\gamma_d = \frac{W_s}{V} = \frac{W}{(1 + \omega)V} = \frac{\gamma}{1 + \omega} \dots\dots (2.2)$$

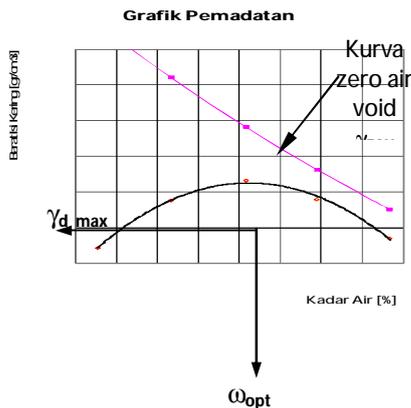
Berat isi kering akan dicapai jika seluruh ruang pori tanah yang ada terisi semua oleh tanah maupun air yang dinyatakan sebagai berat isi kering tanpa rongga udara (*Zero Air Void*) yang dihitung dengan rumus berikut :

$$\gamma_{dZAV} = \frac{G_s \gamma \omega}{1 + \omega} = \frac{\gamma \omega}{\omega + \frac{1}{G_s}} \dots\dots (2.3)$$

Dimana :

$G_s$  = berat jenis tanah

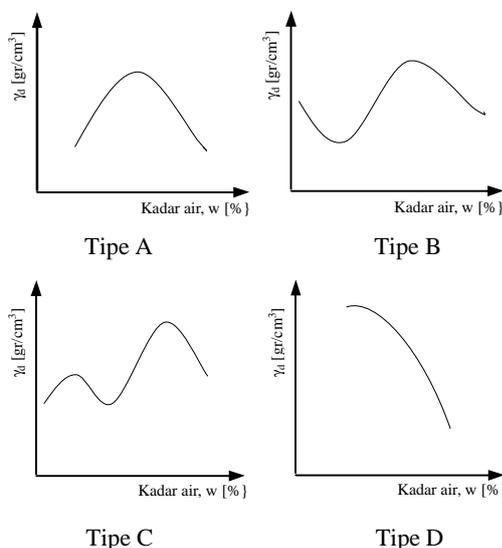
$\gamma_w$  = berat isi air



**Gambar 2. Kurva hasil pemadatan standar**

Gambar 2 adalah grafik hubungan berat isi kering ( $\gamma_d$ ) dengan kadar air ( $\omega$ ) yang merupakan grafik hasil pemadatan suatu tanah. Kurva  $\gamma_{dZAV}$  (zero air void / pori udara nol) merupakan kurva kontrol pemadatan. Kurva pemadatan tidak akan pernah memotong kurva kontrol tersebut.

Kondisi kadar air optimum untuk masing-masing tanah akan sangat berbeda tergantung dari jenis tanah yang dipadatkan. Berdasarkan hasil pengamatan dan penelitian yang dilakukan oleh Lee dan Suedkamp (1972) terhadap beberapa tanah akan menghasilkan empat tipe kurva pemadatan secara umum. Kurva pertama adalah kurva pemadatan berbentuk bel (tipe A). Kurva kedua tipe B adalah tanah yang mempunyai satu setengah puncak, kurva C tanah dengan puncak ganda dan Kurva D tanah dengan kurva berbentuk ganjil (lihat gambar 3.)



**Gambar 3. Empat tipe kurva pemadatan**

### 3. METODA PENELITIAN

Metoda penelitian ini dilakukan dengan pendekatan secara teori, pengamatan lapangan dengan mengidentifikasi ciri khusus atau parameter umum untuk mengetahui jenis tanah dan dilanjutkan dengan serangkaian pengujian di laboratorium.

Pendekatan teori adalah dengan membaca literatur yang berkaitan dengan sifat pemadatan tanah dan sifat plastisitas tanah sebagai referensi dan membuka dan menjalankan standar-standar yang berlaku untuk pengujian di laboratorium.

Pendekatan lapangan atau pekerjaan lapangan adalah melakukan survey dan pengambilan sampel tanah di lokasi yang menjadi pilihan yang dalam hal ini adalah daerah Wayang Windu Pangalengan. Tanah / sampel tanah diambil dari lokasi dalam kondisi apa adanya di lapangan, dan secara fisik kondisinya sudah terganggu (*disturbed sample*).

Selanjutnya adalah melakukan pengujian laboratorium meliputi pengujian sifat fisik dan teknik, dilanjutkan studi dan analisa data. Pengujian sifat fisik dan teknik dilakukan untuk mendapatkan parameter-parameter pokok tanah. Semua pengujian dilakukan dengan mengacu kepada “Annual Book of ASTM Standard Volume 04.08”, dan SNI (Standar Nasional Indonesia).

Pengujian sifat teknik yang merupakan pengujian utama, berupa pengujian pemadatan standar untuk mendapatkan berat isi kering maksimum ( $\gamma_{dmax}$ ) dan kadar air optimum ( $\omega_{opt}$ ). Pengujian pemadatan mengacu kepada standar ASTM D 698-00a dan SNI 03-1742-1989.

Dari data hasil pemadatan ( $\gamma_{dmax}$  &  $\omega_{opt}$ ) akan dilakukan pengujian CBR. Dalam penyiapan spesimen (benda uji) sebagai patokan adalah kadar airnya, yang dalam hal ini adalah kadar air optimum ( $\omega_{opt}$ ) dengan toleransi  $\pm 5\%$ , untukantisipasi penguapan. Pengujian CBR yang dipadatkan pada kondisi kadar air optimum ( $\omega_{opt} \pm 5\%$ ) dengan pembebanan dilakukan pada kondisi *unsoaked* (kering) / langsung, dan kondisi *soaked* (basah) setelah perendaman selama 4 x 24 jam dengan mengacu kepada ASTM D 1883-99 dan SNI 03-1744-1989. Pengujian CBR dilakukan untuk melihat apakah ada perbedaan nilai CBR berdasarkan kondisi penyiapan pengeringan tanah. Pada pemadatan tanah akan dilakukan variasi

penambahan kadar air tanah dimulai dari kadar air terendah sampai kadar air tertinggi dimana tanah tidak dapat lagi dipadatkan atau tanah sudah menjadi lembek. Pertama tanah dikondisikan kering dan secara bertahap dibuat beberapa sampel dan ditambahkan kadar air dengan selisih penambahan kadar air antara 1 – 3 %, seperti terlihat pada tabel 1. berikut :

**Tabel 1. Rancangan kondisi pemadatan**

Kondisi Tanah	Langsung				Kering Ruang				Kering Matahari				Kering oven			
	0	1	2	3	0	1	2	3	0	1	2	3	0	1	2	3
Penambahan air, %	0	1	2	3	0	1	2	3	0	1	2	3	0	1	2	3
Kepadatan tanah	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?
CBR	Pada kepadatan maksimum dan kadar air optimum masing-masing kondisi															

Kondisi tanah yang dimaksud pada tabel 1. di atas adalah tanah dikeringkan pada empat lokasi pengeringan yaitu :

- Langsung artinya tanah yang baru diambil dari lapangan tanpa usaha pengeringan, langsung disiapkan dan dilakukan pemadatan dengan penambahan variasi kadar air sampai tidak bisa dipadatkan lagi.
- Kering Ruang artinya tanah dihampar di dalam ruangan laboratorium selama beberapa hari sampai kelihatan kering kondisi dalam ruangan laboratorium dengan suhu udara antara 20 °C s.d. 30 °C.
- Kering Matahari artinya tanah dikeringkan di luar, di bawah terik matahari selama beberapa hari hingga kelihatan kering, baru dilakukan pengujian, dengan perkiraan suhu antara 30 °C s.d. 40 °C.
- Kering Oven tanah disiapkan dan dikeringkan di dalam oven dengan suhu 105 ± 5 °C selama ± 24 jam, baru dilakukan pengujian pemadatan.

Data yang didapat dibuatkan grafik dan dilihat tren yang terjadi dari semua pengujian tersebut. Adapun beberapa grafik yang akan dihasilkan adalah sebagai berikut :

- Grafik hubungan antara kadar air dan berat isi kering untuk empat kondisi variasi lokasi pengeringan, yaitu kondisi Langsung (LG), Kering Ruang (KR), Kering Matahari (KM) dan Kering Oven (KO).
- Grafik perubahan nilai CBR berdasarkan suhu pengeringan.

Selanjutnya dari grafik yang ada akan dapat dilihat tren perilaku tanah berdasarkan kondisi suhu pengeringan, sehingga dapat diperkirakan tindakan atau perlakuan yang akan dilakukan pada tanah untuk penggunaan di lapangan.

#### 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengamatan lapangan di lokasi pekerjaan penggalian dan penimbunan tanah terlihat kondisi tanah yang relatif gembur dan sebagian sudah dibentuk menjadi badan jalan (lihat gambar 4).



**Gambar 4. Situasi pengambilan tanah di lapangan**

Tanah yang diambil dari lapangan dibawa ke laboratorium. Tanah kemudian dipisah sesuai dengan keperluan dan perlakuan yang akan dikerjakan. Sebagian dikeringkan di luar di bawah terik matahari, sebagian dikeringkan dalam ruangan, dan sebagian untuk dikeringkan pakai oven. Sedangkan kondisi langsung adalah tanah yang baru diambil dari lapangan langsung dilakukan pengujian

dengan mengasumsikan kondisinya sama dengan kondisi saat di lapangan. Berikut adalah beberapa kondisi penyiapan tanah di laboratorium.



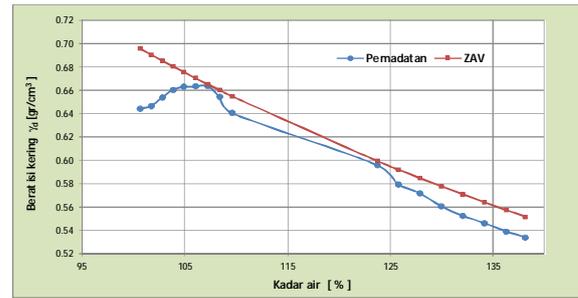
Gambar 5. Penyiapan tanah di laboratorium

Pengujian sifat fisik meliputi pengujian pemadatan tanah dengan metoda pemadatan standar. Tanah dipadatkan setelah penyiapan sampel tanah pada 4 variasi suhu / lokasi pengeringan yaitu kondisi langsung, kering ruangan, kering matahari dan kering oven.

#### 4.1. Pemadatan Kondisi Langsung

Pemadatan tanah pada kondisi langsung dilakukan dengan variasi penambahan kadar air setiap interval 1% dimulai dari 0%. Pada kondisi ini telah dilakukan 17 kali atau 17 perbedaan kadar air, dan hasilnya dapat dibuatkan grafik hubungan antara kadar air dan berat isi kering seperti terlihat pada gambar 6. Pada kondisi langsung nilai kepadatan maksimum (berat isi kering

maksimum) didapat pada kadar air  $\omega_{opt} = 107.23\%$  dengan  $\gamma_{d\text{ mak}} = 0.664 \text{ gr/cm}^3$ .

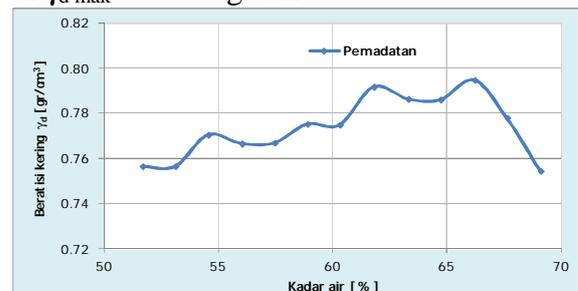


Gambar 6. Grafik pemadatan kondisi langsung

Pada pemadatan tanah kondisi langsung terlihat kepadatan tanah mencapai puncak pada kadar air 107 %, seiring dengan bertambahnya air maka kepadatan tanah menjadi turun drastis. Saat percobaan di laboratorium kondisi tanah masih bisa dipadatkan biarpun ada penambahan kadar air. Kurva pemadatan yang didapat menyerupai kurva tipe A (berbentuk lonceng) untuk bagian kiri dan tipe D (tanpa puncak) untuk bagian kanan. Disini tanah memperlihatkan dua model tipe kurva pemadatan.

#### 4.2. Pemadatan Kondisi kering ruangan

Pada pemadatan tanah yang telah dikeringkan dengan kondisi suhu/lokasi pengeringan kering ruangan yang dapat dilakukan sebanyak 13 kali / 13 variasi kadar air. Perilaku pemadatan kondisi kering ruangan dapat dibuatkan grafiknya seperti terlihat pada gambar 7. Kepadatan tanah berubah-ubah (naik turun) seiring dengan penambahan air dan mencapai kepadatan maksimum dengan  $\omega_{opt} = 66.19\%$  dan  $\gamma_{d\text{ mak}} = 0.796 \text{ gr/cm}^3$ .



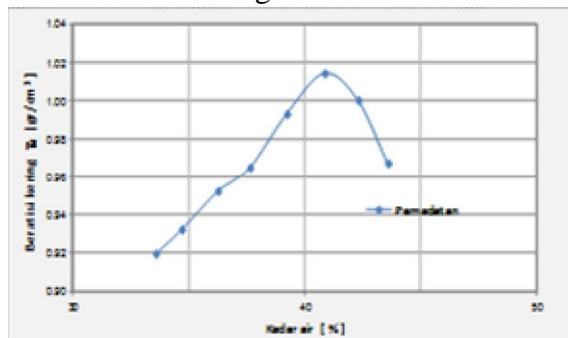
Gambar 7. Grafik pemadatan kondisi kering ruangan

Setelah kondisi yang terpuncak penambahan air tidak meningkatkan/menaikkan kepadatan tanah tetapi menjadi turun mendekati nilai saat

penambahan kadar air awal (lihat gambar 7). Kurva / grafik pemadatan yang dihasilkan berupa kurva tipe C yaitu tanah dengan puncak ganda (lebih dari satu puncak).

### 4.3. Pemadatan Kondisi Kering Matahari

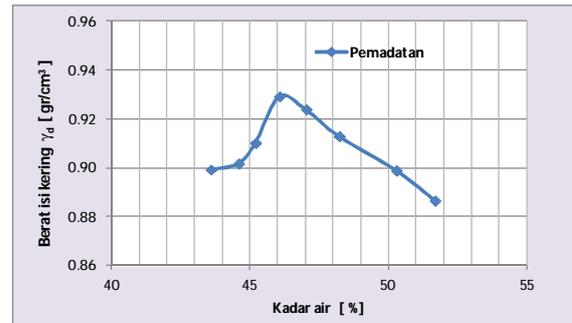
Pemadatan tanah yang telah dikeringkan pada kondisi suhu pengeringan panas kering matahari dilakukan sebanyak 8 kali / 8 variasi kadar air. Perilaku kepadatan tanah yang dipadatkan pada kondisi kering matahari terlihat pada gambar 8. Pada gambar terlihat kenaikan kepadatan tanah dengan bertambahnya kadar air tetapi setelah mencapai puncaknya kembali turun dan tidak naik lagi. Kepadatan kering maksimum didapat pada nilai  $\omega_{opt} = 46.06\%$  dan  $\gamma_{d\text{ mak}} = 0.929 \text{ gr/cm}^3$ . Grafik/kurva pemadatan yang didapat menyerupai kurva tipe A berbentuk bel/lonceng.



Gambar 8. Grafik pemadatan kondisi kering matahari

### 4.4. Pemadatan kondisi Kering Oven

Selanjutnya untuk pemadatan tanah setelah pengeringan tanah dengan oven, dan disini dapat dilakukan sebanyak 8 kali / 8 variasi kadar air. Hasil pemadatan tanah kondisi pengeringan dengan oven ketika diplotkan / dibuatkan kurva pemadatan (gambar 9), terlihat perilaku yang sama dengan kering matahari dimana kepadatan tanah meningkat / menaik dengan bertambahnya kadar air tetapi setelah mencapai puncaknya kembali turun drastis. Kepadatan kering maksimum didapat dengan  $\omega_{opt} = 40.87\%$  dan  $\gamma_{d\text{ mak}} = 1.014 \text{ gr/cm}^3$ . Grafik / kurva pemadatan yang didapat juga menyerupai kurva tipe A berbentuk bel/lonceng.



Gambar 9. Grafik pemadatan kondisi kering oven

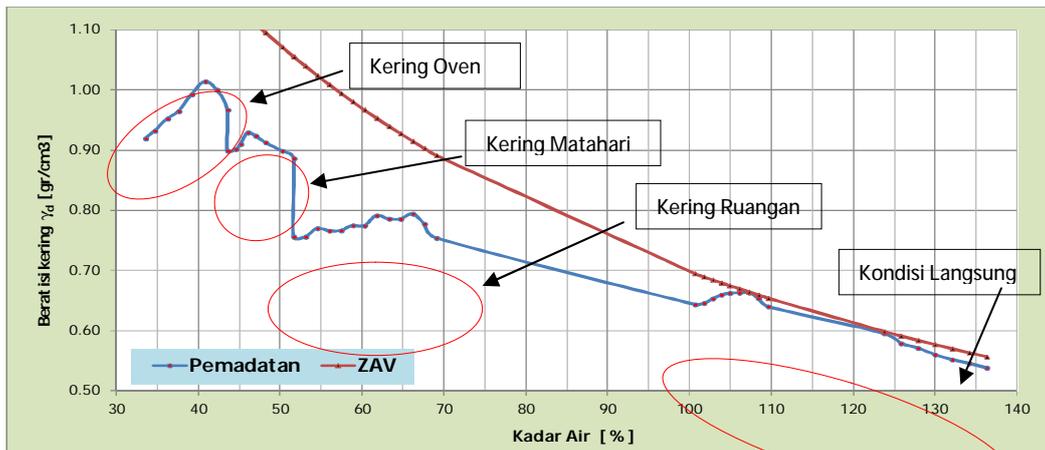
Dari semua grafik pemadatan untuk 4 suhu lokasi pengeringan masing-masing mempunyai puncak kurva dengan kepadatan maksimum yang berbeda. Kepadatan maksimum di dapat saat pengeringan tanah dengan menggunakan oven, dan kepadatan terendah saat pengujian secara langsung terhadap tanah yang dibawa dari lapangan. Artinya kepadatan tanah akan meningkat jika tanah dipersiapkan dan dikeringkan terlebih dahulu.

Untuk lebih melihat perilaku dan perubahan kepadatan tanah berdasarkan variasi suhu / lokasi pengeringan maka keempat kurva di atas (gambar 6. s.d. 9) dibuatkan grafik gabungan seperti terlihat pada gambar 10.

Dari grafik terlihat perilaku kepadatan tanah yang dipadatkan pada beberapa kondisi pengeringan tanah yang digabungkan menjadi satu grafik, memperlihatkan pola grafik yang berbeda dengan tipe grafik pemadatan secara umum yang dikemukakan dari hasil penelitian oleh Lee dan Suedkamp. Tanah Wayang Windu mempunyai puncak lebih dari satu bahkan ada yang tanpa puncak, sesuai dengan kondisi kekeringannya saat dipadatkan. Bentuk kurva gabungan tidak menunjukkan suatu tipe kurva yang sudah ditemukan sebelumnya.

Jika dilihat dan dapat diasumsikan maka tipe kurvanya cenderung seperti kurva D yang tidak memiliki puncak, karena pemadatan tanah di lapangan dengan cara tanah terlebih dahulu dikeringkan dengan oven adalah hal

yang mustahil untuk dilakukan. Kekeringan maksimum tanah di lapangan yang akan dapat dicapai hanyalah pada kering ruangan, sehingga puncaknya dicapai saat tersebut dan selanjutnya akan turun.

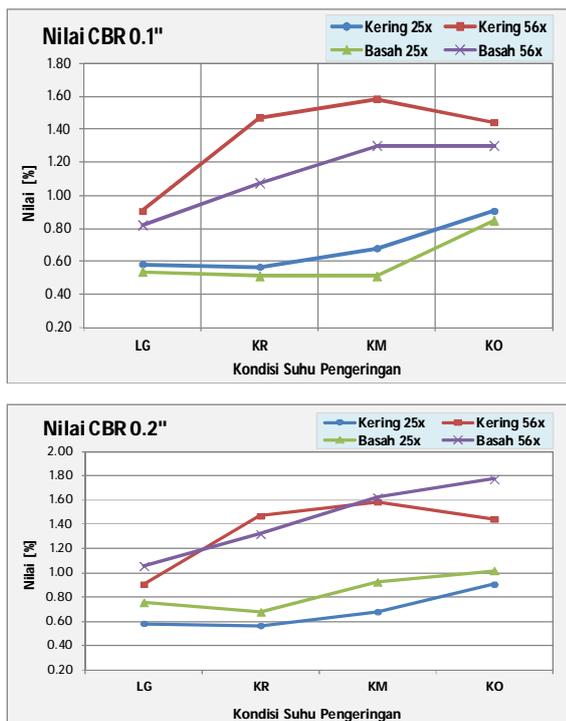


Gambar 10. Grafik gabungan pemadatan tanah semua kondisi suhu pengeringan

#### 4.5. Hasil Uji CBR

Untuk melihat kekuatan tanah dilakukan pengujian CBR disesuaikan dengan kepadatan maksimum dari 4 suhu/lokasi pengeringan yang dapat digambarkan seperti terlihat pada gambar 11.

Nilai CBR tanah pada penetrasi 0.1" maupun 0.2" menunjukkan peningkatan sesuai suhu pengeringan. Jika tanah pada kondisi kering dipadatkan dan diuji CBRnya akan mendapatkan nilai lebih tinggi dibanding suhu rendah.



Gambar 11. Grafik hasil uji CBR

#### 5. KESIMPULAN DAN SARAN

Pemadatan tanah dapat dilakukan pada beberapa kondisi kekeringan, tetapi kepadatan maksimum tergantung dari suhu/kekeringan tanah saat dipadatkan, apakah tanah langsung dipadatkan apa adanya, atau tanah digemburkan terlebih dahulu dan diangin-anginkan di bawah terik matahari sehingga agak kering dan baru dipadatkan.

Tipe kurva pemadatan yang didapatkan memiliki tipe yang berbeda dengan tipe kurva pemadatan yang umum dimiliki oleh tanah. Kondisi langsung berbentuk kurva tipe A dan dan D, Kondisi kering ruangan berbentuk kurva tipe C, Kering Matahari berbentuk kurva tipe A dan Kering oven berbentuk kurva tipe A. Untuk tanah yang sama dengan perbedaan kondisi kekeringan saat pemadatan akan menghasilkan tipe kurva tersendiri antara berpuncak ganda dan tidak ada puncak. Puncak tertinggi di dapat pada kondisi yang kering, kondisi lembab kepadatan akan rendah.

Perlu pengujian, pengamatan dan evaluasi yang lebih jauh, terutama dengan perubahan perilaku kepadatan tanah, apalagi jika disesuaikan dengan kondisi lapangan yang sangat berbeda dengan skala laboratorium. Skala laboratorium semua kondisi bisa dikondisikan, tetapi di lapangan sakan sulit untuk mendapatkannya. Uji skala lapangan akan mendukung untuk lebih memberikan jawaban terhadap perilaku pemadatan tanah Wayang Windu ini.

## **6. DAFTAR PUSTAKA**

1. Hendry. 2011. Evaluasi Perilaku Pemadatan dan Plastisitas Tanah Wayang Windu Pangalengan Sebagai Bahan Timbunan. Laporan Penelitian Terapan, Polban, Bandung.
2. American Society for Testing and Material, "Annual Books of ASTM Standard, Section 4, Volume 04-08", Easton, M.D., United State of America.
3. Das, Braja M., "Mekanika Tanah (Prinsip-prinsip Rekayasa Geoteknik) Jilid 1", alih bahasa Noor Endah, Indrasurya B. Mochtar, Penerbit Erlangga.
4. Bowless, J.E. 1986. Sifat-sifat fisis dan Geoteknis Tanah (Mekanika Tanah), alih bahasa Johan Kelanaputra Hainin, Ir. Penerbit Erlangga, Jakarta.
5. Hendry. 1998. Perbaikan Tanah Gambut Pulau Padang dengan Campuran Semen-Renolith dalam Kaitannya sebagai Lapisan Dasar Konstruksi Jalan. Tesis Magister, ITB, Bandung.
6. Hendry. 1999. Pengaruh Siklus Basah Kering terhadap Plastisitas dan Aktivitas Tanah Ekspansif, Laporan Penelitian, Politeknik Negeri Bandung.
7. Hendry. 2005. Stabilisasi Tanah Lempung Padalarang sebagai Subgrade Jalan (Stabilization of Padalarang Clay Soil as Subgrade), Laporan Penelitian, Politeknik Negeri Bandung.