

Hubungan Teoritis Antara Berat Isi Kering dan Kadar Air untuk Menentukan Kepadatan Relatif

Syafuruddin¹

Abstract - Soil stabilization can be done with a few way, by increasing soil density or compaction. Compactable soil can increase soil strength and bearing capacity to working payload.

Laterite soils as embankment soil that stabilized with compacting method, influenced by water content, dry unit weight and compacting dissociation energy. To know theoretical connection between water contents, dry unit weight, degree of saturation and energy of compaction is done in laboratory with method Standard Proctor and Modified Proctor to know optimum water content zone at some Sr and determines minimum energy that needed to gets relative density of 90% (RC 90%) so that economic compacting can be reached.

From result of this research, it is gotten that optimum water content resided at Sr 75% and there is no compacting curve cuts Sr 100% (ZAV).

By using theoretical connection between dry unit weight , water content, Sr and compacting energy, it can determine the water content zone and minimum energy that needed to reaches relative density of 90% (RC 90%).

Keyword : Compaction, Optimum water content, Relative density.

PENDAHULUAN

Latar belakang

Tanah sebagai pendukung beban yang bekerja di atasnya berupa pekerjaan teknik sipil, perlu diketahui parameter-parameter yang mempengaruhi kekuatan dan daya dukung tanah terhadap beban yang bekerja yaitu berupa sifat-sifat tanah, baik sifat pengenal maupun sifat teknis yang mana diperlukan untuk mendesain pondasi.

Tanah di alam tidak selalu sesuai dengan harapan orang geoteknik. Hal ini disebabkan : tanah lunak, pemadatan dan permeabilitas yang tinggi, sehingga untuk dapat dipergunakan sebagai pondasi harus diperbaiki terlebih dahulu sifat-sifat teknisnya atau dilakukan stabilisasi.

Pembangunan suatu konstruksi pekerjaan teknik sipil di atas tanah yang stabil tidak banyak permasalahannya. Sebaliknya pada tanah yang labil memerlukan penelitian dan pengujian secara seksama untuk dasar perencanaan terknis. Alternatif lain adalah relokasi tempat konstruksi. Apabila lokasi lain tidak tersedia atau faktor pertimbangan lingkungan dan masyarakat serta pengaturan rencana tata ruang kota membatasi pemilihan lokasi konstruksi yang tersedia, maka diperlukan perbaikan tanah guna mendapatkan sifat-sifat tanah yang sesuai dengan perencanaan teknis, misalnya pada pekerjaan timbunan badan jalan dan konstruksi teknik sipil lainnya.

Umumnya di lapangan, stabilisasi tanah dilakukan dengan meningkatkan kerapatan tanah atau pemadatan. Tanah yang memiliki kepadatan tinggi, stabilitasnya akan tinggi. Pemadatan tanah bertujuan meningkatkan kekuatan dan daya dukung tanah, mengurangi besarnya penurunan dan meningkatkan stabilitas lereng timbunan.

Pekerjaan timbunan yang dibuat berdasarkan kebutuhan beban yang bekerja dan pelaksanaan pemadatan yang baik, akan menghasilkan dasar pondasi yang lebih baik pula. Kepadatan tanah itu sendiri dapat ditunjukkan oleh berat volume kering tanah (ρ_d) melalui percobaan dilaboratorium atau uji kepadatan dilapangan. Dilaboratorium dipakai cara memukul atau menumbuk sedangkan dilapangan dengan cara menggilas. Untuk setiap daya pemadatan tertentu (certain compactive effort) kepadatan yang dicapai tergantung pada kadar airnya

Mengingat kadar air sangat berpengaruh terhadap kepadatan suatu tanah maka sangat penting untuk mengetahui pada kadar air berapa angka pori paling rendah atau tanah paling padat. Kadar air yang paling cocok untuk daya pemadatan tertentu disebut kadar air optimum.

Pada umumnya kita dapat menentukan kadar air optimum dengan cara melakukan pemadatan lapangan. Biasanya kadar air optimum ditentukan dengan melakukan percobaan pemadatan dilaboratorium. Hasil percobaan ini kemudian dipakai untuk menentukan syarat-syarat yang harus dipenuhi pada waktu pemadatan dilapangan.

¹ Staf pengajar Fakultas Teknik Unlam Banjarmasin

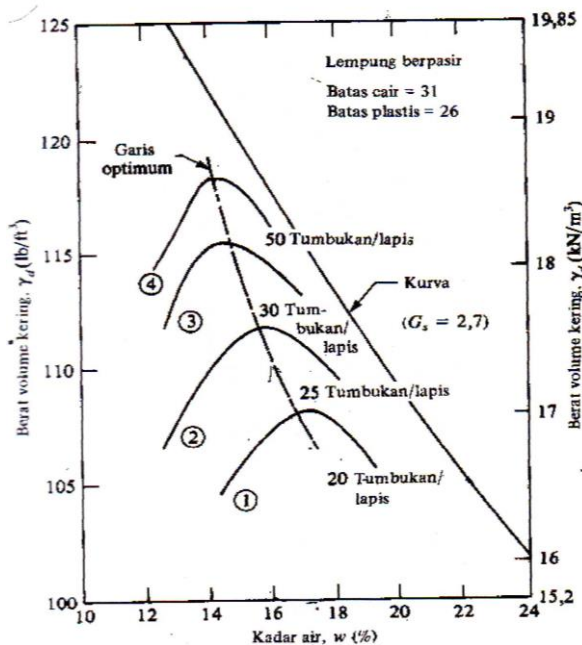
Namun yang menjadi permasalahan bahwa selama ini kita hanya mampu mencapai kepadatan relatif yang ditentukan tanpa memperhatikan nilai ekonomisnya. Oleh karena itu perlu adanya spesifikasi kadar air (kadar air ekonomis) yang merupakan hubungan dari OMC, garis teoritis S_r optimum dan garis kepadatan relatif (RC) minimum, sehingga diperoleh kondisi kepadatan lapangan yang ekonomis.

KAJIAN TEORITIS

Pengaruh Kadar Air terhadap Kepadatan Tanah

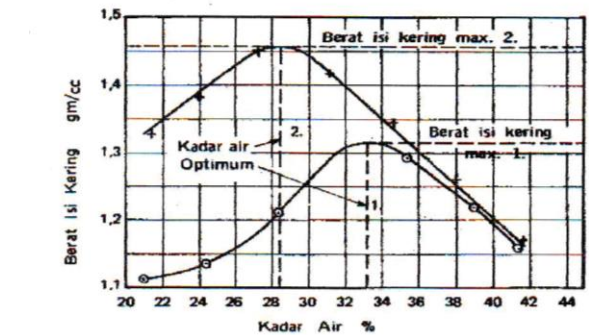
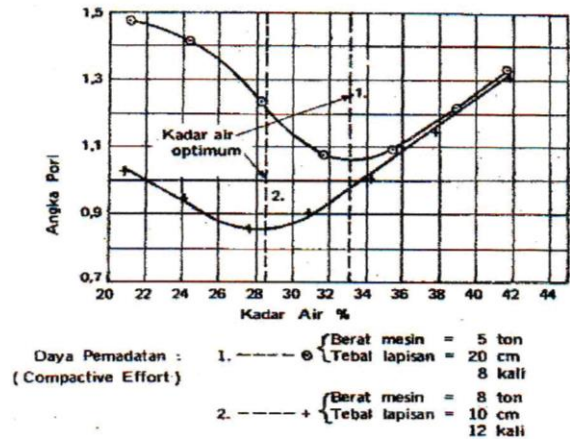
Umumnya massa tanah terdiri dari partikel padat berupa butiran tanah dari berbagai bentuk dan ukuran, serta ruang pori yang terdiri dari air dan udara sebagai pengisi rongga kosong diantara rongga tanah. Perbandingan antara berat air didalam suatu massa tanah terhadap berat partikel padatnya disebut *kadar air*, dinyatakan dalam persen. Bila kadar air suatu tanah rendah maka tanah tersebut keras atau kaku dan sukar dipadatkan, bila kadar air ditambahkan maka air itu akan berlaku sebagai pelumas sehingga tanah akan lebih mudah dipadatkan dan ruangan kosong antar butir menjadi lebih kecil. Pada kadar air yang tinggi nilai kepadatannya akan turun karena pori-pori tanah menjadi penuh terisi air yang tidak dapat dikeluarkan dengan cara memadatkan, (Wesley, 1977).

Kadar air optimum untuk contoh tanah yang dipadatkan pada uji pemadatan dilaboratorium selalu tergantung pada energi pemadatan. Dengan menambah energi pemadatan maka kadar air optimum menjadi lebih rendah seperti terlihat pada gambar 1.



Gambar 1. Kadar air optimum

Hal yang sama berlaku pula pada percobaan pemadatan dilapangan seperti terlihat pada gambar 2. Pada kadar air tanah agak rendah semakin besar usaha pemadatan semakin padat tanah tersebut. Akan tetapi bila kadar air tinggi, walaupun usaha pemadatan ditambah tidak berarti tanah menjadi lebih padat karena ruangan pori sudah penuh berisi air.

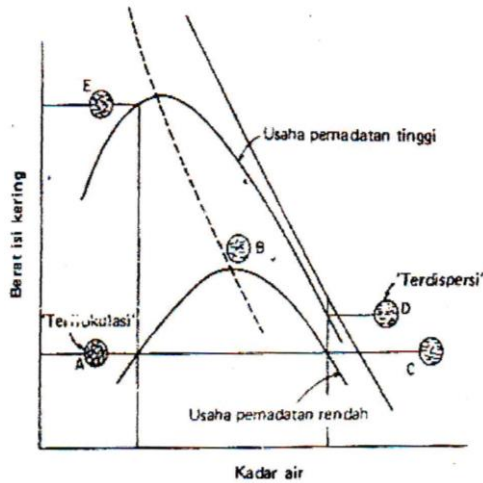


Gambar 2. Pengaruh kadar air dan usaha pemadatan terhadap kepadatan tanah

Pada usaha pemadatan yang sama dengan kadar air yang bertambah, tekstur tanah terdispersi (gambar 3). Pada keadaan lebih kering dari kadar air dari kadar air optimum tanah cenderung membentuk tekstur yang berflokulasi. Apabila usaha pemadatan diperbesar, tekstur semakin terdispersi walaupun kadar airnya tetap konstan seperti terlihat pada titik E, tekstur itu lebih terdispersi pada titik C dibandingkan pada titik A untuk usaha pemadatan yang sama, tetapi dengan perubahan kadar air yang besar dari keadaan lebih kering menjadi lebih lebih basah dari kadar air optimum.

Untuk lempung yang dipadatkan pada sisi kering dari kadar air optimum menunjukkan pemuain lebih besar dan penyusutan lebih kecil. Ini disebabkan oleh kombinasi tekstur yang berflokulasi, kepekaan terhadap tambahan air dan kadar air referensi yang lebih rendah untuk

pemuaian. Untuk tanah yang lebih basah dari kadar air optimum, kadar air referensi, sudah cukup tinggi sehingga hanya sedikit tambahan yang diperlukan supaya derajat kejenuhan (S_r) menjadi 100% sehingga dapat membatasi pemuaian tanah. Penyusutan akibat kadar air referensi yang tinggi ini secara logis kan besar karena persentase perubahan kadar air akan besar apabila tanah tersebut *mengering*.



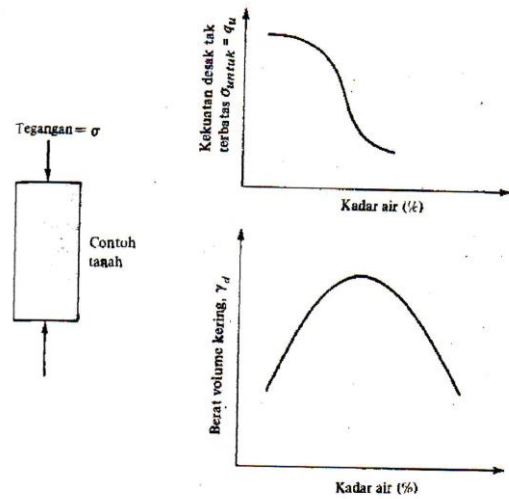
Gambar 3. Pengaruh kualitatif dari pemadatan terhadap tekstur tanah dan struktur tanah

Kekuatan tanah yang dipadatkan umumnya berkurang dengan bertambahnya kadar air. Setelah kadar air optimum terlewati, terjadi penurunan kekuatan tanah yang besar.

Bila ada dua contoh tanah yang dipadatkan pada berat volume kering yang sama, yang dipadatkan pada sisi kering dan sisi basah dari kadar air optimum, contoh tanah yang dipadatkan pada sisi kering dari kadar air optimum yang memiliki struktur terflokulasi mempunyai kekuatan yang lebih besar.

Untuk memperkecil pengaruh air terhadap kekuatan tanah maka tanah dipadatkan pada kadar air yang mendekati optimum. Apabila kadar air pada waktu dipadatkan adalah lebih basah dari pada optimum maka hanya sedikit air yang meresap sehingga tidak terlalu berpengaruh terhadap kekuatan tanah.

Bila kekuatan pada deformasi yang rendah adalah kritis seperti pada tanah dasar suatu perkerasan dan pemuaian bukan merupakan masalah, tanah harus dipadatkan sampai kadar airnya menjadi lebih kering dari kadar air optimum.

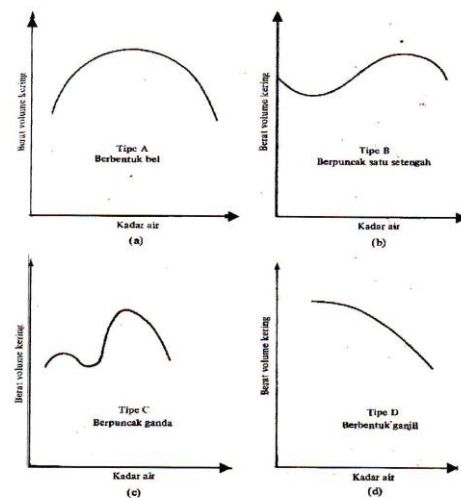


Gambar 4. Pengaruh pemadatan pada kekuatan tanah lempung

Untuk dasar bendung yang menjadi jenuh, untuk alasan stabilitas, pemadatan harus dipadatkan pada sisi basah dari optimum sehingga deformasi penurunan dapat diatasi tanpa menyebabkan keretakan. Tanah yang dipadatkan dengan baik pada kadar air yang tepat mempunyai daya dukung memuaskan.

Energi Pemadatan (CE)

Lee da Suedkamp (1972), menyimpulkan kurva pemadatan dibedakan menjadi empat tipe umum. Berikut macam-macam tipe kurva pemadatan yang sering dijumpai pada tanah.



Gambar 5. macam-macam tipe kurva pemadatan yang dijumpai pada tanah

Kurva pemadatan tipe A adalah kurva yang hanya satu puncak. Tipe ini biasanya ditemukan pada tanah yang mempunyai batas cair antara 30 dan 70. Kurva tipe B mempunyai satu setengah

puncak dan kurva tipe C mempunyai puncak ganda. Kurva-kurva pemadatan tipe B dan C dijumpai pada tanah dengan batas cair kurang dari 30. Tipe kurva pemadatan D adalah tipe yang tidak mempunyai puncak tertentu. Tipe ini disebut sebagai berbentuk ganjil. Tanah dengan batas cair lebih besar dari pada 70. Kemungkinan mempunyai bentuk kurva pemadatan seperti tipe C dan D.

Dilaboratorium pengaruh usaha pemadatan pada kurva pemadatan dapat diteliti. Bila usaha pemadatan per-satuan volume tanah berubah, kurva pemadatan berubah dengan meningkatnya usaha pemadatan berat volume kering maksimum meningkat, kadar air optimum menurun. Tetapi tingkat kepadatan tanah tidak langsung sebanding dengan usaha pemadatannya. Untuk pelaksanaan yang ekonomis dilapangan, harga batas usaha pemadatan harus ditentukan.

Percobaan dilaboratorium dilakukan untuk mendapatkan berat volume kering maksimum dan kadar air optimum Standard Proctor dan Modified Proctor. Energi yang diperlukan untuk pemadatan dilaboratorium dapat ditulis sebagai berikut :

$$CE = \frac{w \times h \times n \times b}{V}$$

Dimana :

- w = berat palu (lb)
- h = tinggi jatuh (ft)
- n = jumlah lapisan
- b = jumlah pukulan tiap lapis
- v = volume cetakan (ft³)

Adapun spesifikasi ASTM dan AASHTO untuk pemadatan dapat dilihat pada Tabel 1.

Prinsip Pemadatan

Pemadatan merupakan usaha untuk mempertinggi kerapatan tanah dengan pemakaian energi mekanis untuk memampatkan partikel tanah. Tingkat kepadatan tanah diukur dari berat volume kering tanah, semakin tinggi berat volume kering semakin tinggi kepadatannya.

Bila air ditambahkan kepada tanah yang dipadatkan, air tersebut berfungsi sebagai pelumas pada partikel-partikel tanah. Karena adanya air, partikel-partikel tanah tersebut lebih mudah bergerak dan bergeseran satu sama lain, membentuk kedudukan yang lebih rapat atau padat serta saling mengunci sehingga rongga-rongga antar butirannya semakin berkurang.

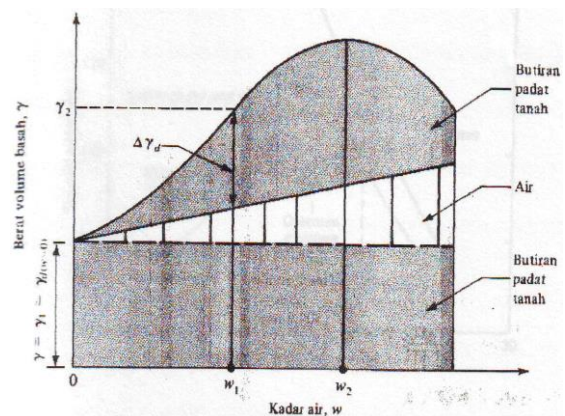
Tabel 1. Rangkuman Spesifikasi Uji Pemadatan

Penjelasan	ASTM D-698		AASHTO T-99		ASTM D-1557		AASHTO T-180	
	Metode A	Metode B	Metode C	Metode D	Metode A	Metode B	Metode C	Metode D
Cetakan								
Volume	ft ³ cm ³	1/30 943,9	1/13,33 2124,3	1/30 943,9	1/13,33 2124,3	1/30 943,9	1/30 943,9	1/13,33 2124,3
Tinggi	in mm	4,58 116,33	4,58 116,33	4,58 116,33	4,58 116,33	4,58 116,33	4,58 116,33	4,58 116,33
Diameter	in mm	4 101,6	6 152,4	4 101,6	6 152,4	4 101,6	6 152,4	4 101,6
Berat (massa) penumbuk	lb kg in mm	5,5 2,5	5,5 2,5	5,5 2,5	5,5 2,5	10 4,54	10 4,54	10 4,54
Tinggi jatuh penumbuk	in mm	12 304,8	12 304,8	12 304,8	12 304,8	18 457,2	18 457,2	18 457,2
Jumlah lapisan tanah		3	3	3	3	5	5	5
Jumlah pukulan per lapis		25	56	25	56	25	56	25
Fraksi tanah yang diuji lolos ayakan		No.4	No.4	3/4 in	3/4 in	No.4	No.4	3/4 in

* Faktor konversi : 1 lb. massa = 0,4536 kg ; 1 in. = 2,54 mm ; 1 ft³ = 28316,8 cm³.

Pada usaha pemadatan yang sama, berat volume kering dari tanah naik bila kadar air dalam tanah pada saat dipadatkan meningkat. Pada kadar air = 0, berat volume basah dari tanah (□) adalah sama dengan berat volume keringnya (□ = □_d = □₁), seperti terlihat pada gambar 2.6.

Bila kadar air ditingkatkan terus secara bertahap pada usaha pemadatan yang sama, maka berat dari jumlah bahan padat dalam tanah persatuan volume meningkat secara bertahap. Setelah mencapai kadar air tertentu w sama dengan w₂, adanya penambahan kadar air justru menurunkan berat volume kering dari tanah. Hal ini disebabkan karena air tersebut menempati rongga-rongga pori dalam tanah yang sebetulnya dapat ditempati oleh partikel-partikel padat dari tanah.



Gambar 6. Prinsip Pemadatan

Kadar air pada berat volume kering maksimum tanah dicapai disebut *kadar air optimum*. Jika semua udara didalam tanah dapat dikeluarkan dengan pemadatan, maka tanah tersebut berada pada kondisi jenuh sempurna atau derajat kejenuhan tanah sama dengan 100% dan menghasilkan berat volume kering maksimum untuk kadar air yang ditentukan, tetapi secara

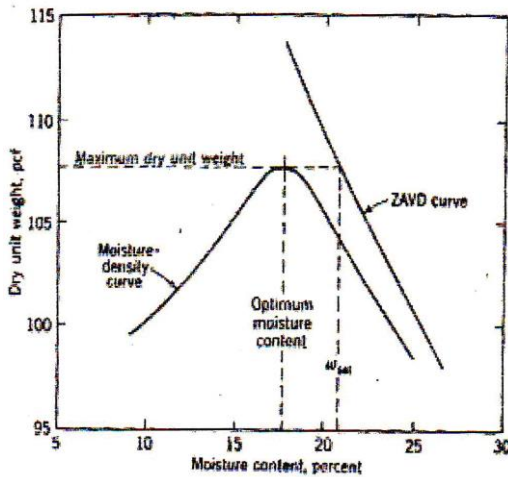
praktisi tingkat pemadatan ini tidak akan dicapai. Hasil perhitungan yang menghubungkan berat volume kering dengan ruang pori tanpa udara dan kadar air disebut *kurva/garis kejenuhan (ZAV curve)*. Kurva berat volume kering dan kadar air untuk usaha pemadatan tentu harus terletak disebelah kiri garis ruang pori tanpa udara dan tidak mungkin memotong menjadi disebelah kanan kurva / garis kejenuhan.

Spesifikasi Pemadatan

Tujuan pemadatan adalah untuk meningkatkan sifat-sifat teknis suatu jenis tanah. Berat volume kering harus dispesifikasikan untuk mencapai tujuan ini, bukannya dengan hanya menentukan *”tanah harus dipadatkan 90% dari berat volume kering maksimum yang diperoleh dari uji pemadatan standar”*. Kepadatan relatif (persentase perbandingan dari berat volume kering dilapangan dengan berat volume kering yang didapat dilaboratorium) didefinisikan sebagai:

$$RC = \frac{\text{Berat volume kering dilapangan}}{\text{Berat volume kering maksimum dari percobaan dilaboratorium}} \times 100\%$$

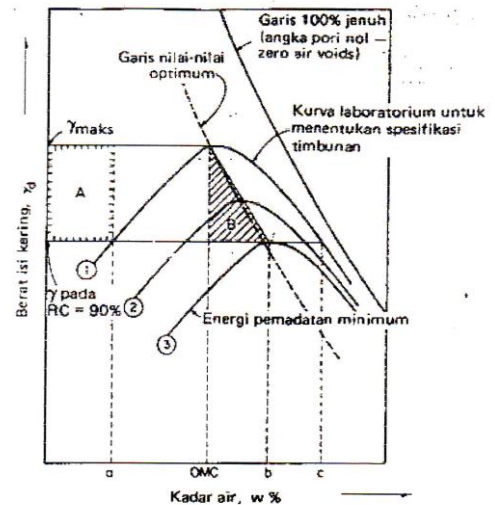
dimana RC = Kepadatan relatif (Relatif compaction), yang menentukan berat volume kering dilapangan yang harus dicapai. Nilai RC besarnya antara 105% sampai dengan 90% dan penentuan RC minimum didasarkan pada jenis tanah sebagaimana terlihat pada Tabel 2.



Gambar 7. Kurva volume kering – kadar air untuk pemadatan tanah dan ZAVD (Zero air voids density)

Kondisi-kondisi kepadatan yang paling ekonomis diperlihatkan pada Gambar 8, dimana terdapat tiga kurva kepadatan kualitatif untuk

tanah yang sama pada usaha-usaha pemadatan yang berbeda. Studi atas kurva ini dengan menganggap bahwa kurva 1 mewakili kurva yang dapat diperoleh dengan peralatan yang ada, menunjukkan bahwa untuk mencapai misalnya kepadatan 90%, penempatan kadar air pada timbunan harus lebih besar dari kadar air **a** dan kurang dari kadar air **c**. Titik-titik ini diperoleh dimana garis RC 90% memotong kurva 1. Apabila kadar air timbunan tidak berada dalam batas-batas **a** sampai **c**, seperti misalnya dalam zona A dari gambar 2.11, maka akan sukar untuk dipadatkan. Kalau memang masih mungkin untuk memperoleh RC yang diinginkan tanpa menambah usaha dengan menambah jumlah gilasan atau dengan menggunakan peralatan yang lebih berat, sebab inilah mengapa kita perlu membasahi (dengan penyiraman atau Sprinkle) atau mengeringkan (dengan menggaruk) tanah sebelum digilas.



Gambar 8. Kurva berat isi kering vs kadar air

Dengan melihat kembali Gambar 8 dari titik tolak pandang ekonomi, kadar air yang paling ekonomis akan berada pada **b**, dimana usaha pemadatan yang minimum diperlukan untuk mencapai RC 90%. Tetapi dengan secara konsisten memperoleh RC minimum untuk suatu proyek, akan dibutuhkan usaha pemadatan yang sedikit lebih tinggi, seperti yang diperlihatkan oleh kurva 2 dengan pertimbangan ini kadar air tanah timbunan yang paling ekonomis terdapat pada zona diarsir (zona B) diantara OMC dan b, dan merupakan “lebih basah dari optimum”.

Derajat Kejenuhan dan Zero Air Void

Derajat kejenuhan (S_r) adalah perbandingan antara volume air dengan volume rongga. Zero air void adalah suatu keadaan dimana pori-pori

tanah tidak mengandung udara sama sekali ($S_r = 100\%$). Hubungan antara S_r dan zero air void dapat ditulis sebagai berikut :

$$S = \frac{V_w}{V_v} \dots\dots\dots (2.1)$$

Volume air dalam tanah

$$V_w = \frac{w \cdot \gamma_d}{\gamma_w} \dots\dots\dots (2.2)$$

dengan kadar air w dalam desimal

Volume rongga pori :

$$V_v = 1 - V_s = 1 - \frac{\gamma_d}{\gamma_w \cdot G_s} \dots\dots\dots (2.3)$$

substitusi persamaan (2.2) dan (2.3) ke persamaan (2.1)

$$S = \frac{w \cdot \gamma_d}{\gamma_d - \gamma_w(1 - \frac{\gamma_d}{G_s \cdot \gamma_w})}$$

$$S \cdot \gamma_w - \frac{S \cdot \gamma_d}{G_s} - w \cdot \gamma_d = 0$$

Penyelesaian dari persamaan ini :

$$\gamma_d = \frac{G_s \cdot \gamma_w}{1 + \frac{G_s \cdot \gamma_w}{S}} \quad \gamma_{zav} = \frac{G_s \cdot \gamma_w}{1 + G_s \cdot w}$$

Garis teoritis Zero Air Void (ZAV) menunjukkan kerapatan kering pada saat kejenuhan (saturation) 100% ($S_r = 100\%$) dan langsung dapat dihitung dengan persamaan tersebut diatas. Dalam sebagian besar keadaan OMC terjadi pada $S_r=60\%$ sampai 80% dan lebih sempit lagi biasanya terjadi pada $S_r 75\%$ untuk uji pemadatan standar. Ini diperlihatkan pada tanah seperti pada tabel di bawah ini.

Tabel 2. Spesifikasi Pemadatan

Kelompok tanah	jenis tanah		Derajat pemadatan
Tidak kedap air atau bebas berdrainase	GW GP SW SP	Padat	95 sampai 105 persen dari uji pemadatan standar
		setengah padat	90 sampai 95 persen dari uji pemadatan standar
Agak kedap air sampai kedap air	GM GC SM	Padat	90 sampai 95 persen dari uji pemadatan standar
	SC ML CL OL MH CH OH	Setengah padat	90 sampai 95 persen dari uji pemadatan standar

METODE

Setelah proses pemeriksaan dan pengujian dilaboratorium kemudian dilakukan analisa data. Data hasil percobaan dikelompokkan sesuai parameter-parameter yang dibahas dalam ruang lingkup penelitian ini. Parameter-parameter tersebut adalah batas plastis (PL), batas cair (LL), berat jenis (G_s), kadar air (w), berat volume kering (γ_d).

Pemeriksaan sifat fisis :

Batas plastis (PL) = 23,16%

Batas cair (LL) = 38,00%

Berat jenis (G_s) = 2,619

Indeks plastisitas (PI) = 14,84%

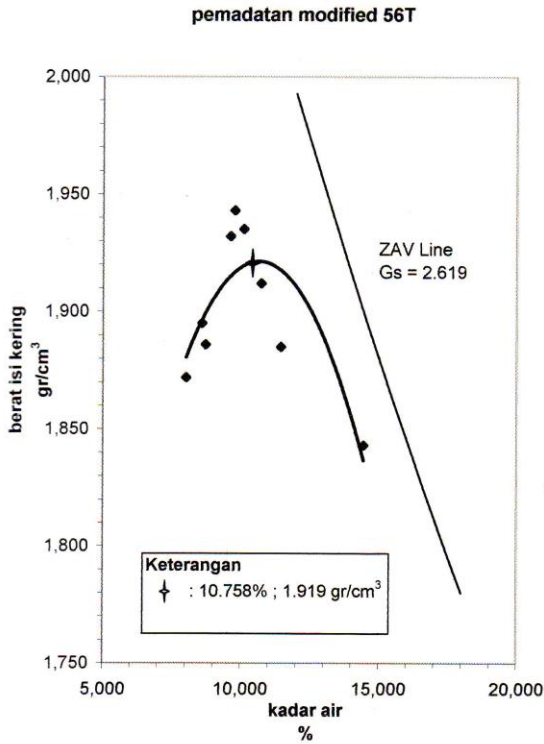
Klasifikasi tanah = Lempung berpasir (CL)

Pengujian sifat mekanis :

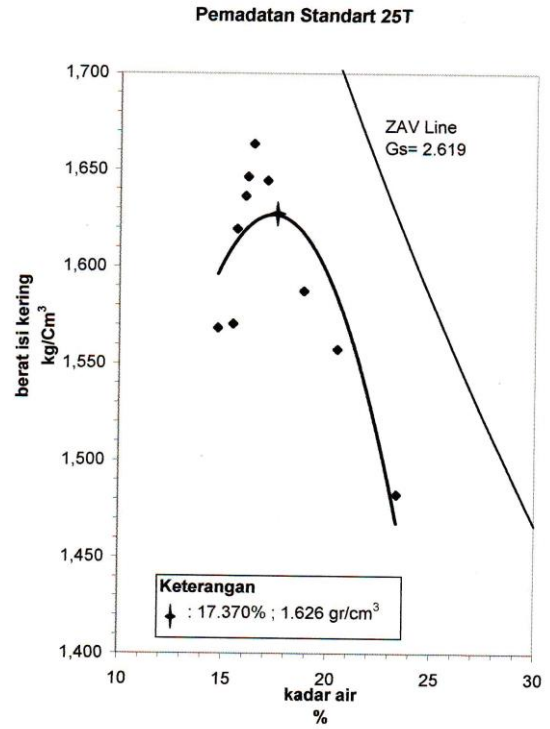
1. Data hubungan w vs γ_d untuk pemadatan standard proctor
2. Data hubungan w vs γ_d untuk pemadatan modified proctor
3. Data hubungan w_{opt} , $\gamma_{dry maks}$ Vs CE untuk percobaan pemadatan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

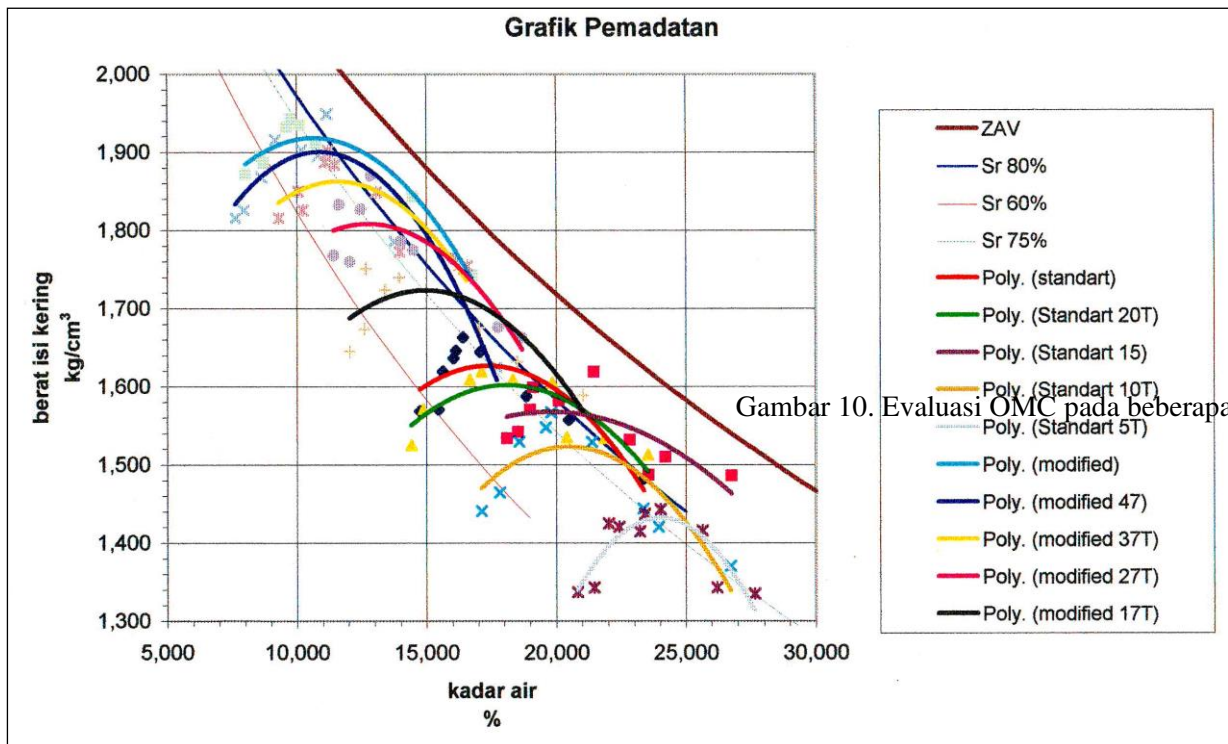
Grafik dari data yang ada berdasarkan pada teori yang mendukung.



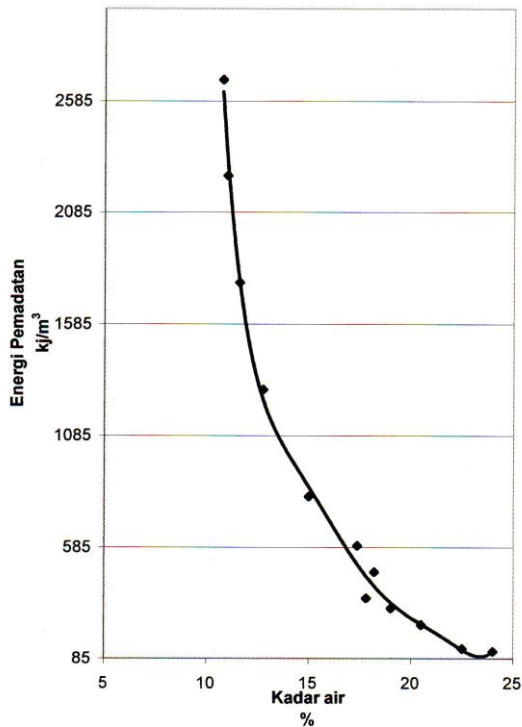
Gambar 9. Hubungan w vs γ_{dry}



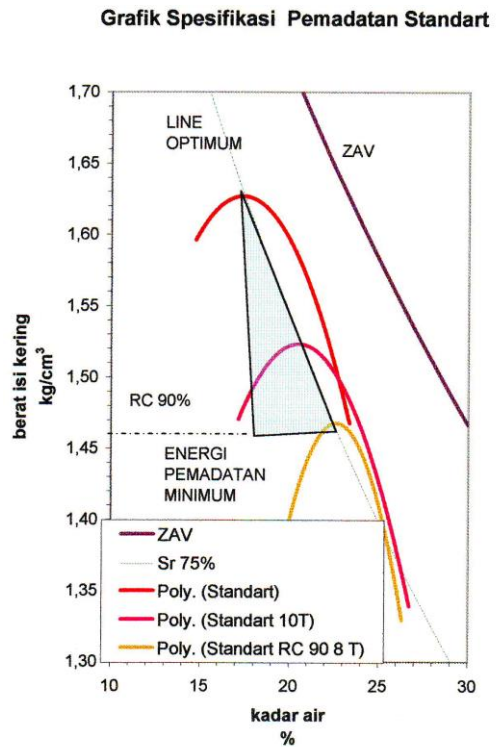
Gambar 9. Hubungan w vs γ_{dry}



Gambar 10. Evaluasi OMC pada beberapa Sr

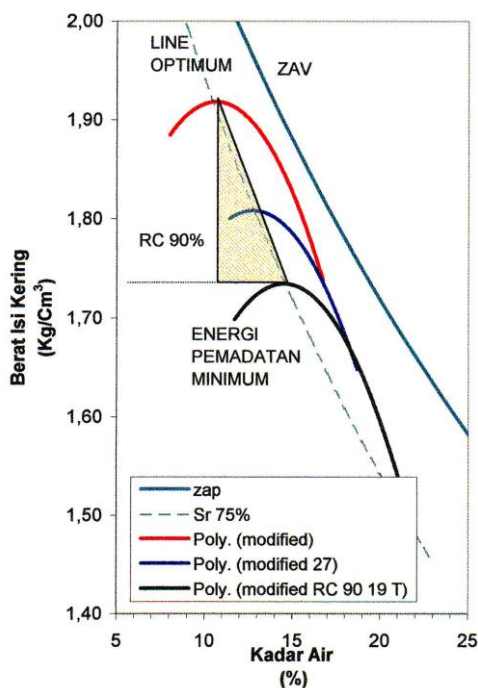


Gambar 11. Hubungan $w_{optimum}$ vs energi pemadatan



Gambar 13. Spesifikasi pemadatan

Grafik Spesifikasi Pemadatan Modified



Gambar 12. Spesifikasi pemadatan

HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari grafik tersebut, dilakukan analisa data melalui bentuk hubungan yang didapatkan yaitu :

1. Dari data hasil percobaan pemadatan yang dilakukan didapat bentuk kurva pemadatan dengan satu puncak atau kurva tipe A (Lee da Suedkam 1972) (Gambar 4.1 & 4.6)
2. Perubahan kadar air (w) yang relatif kecil menghasilkan perubahan berat volume kering (γ_{dry}) yang besar.
3. Pada pemadatan Standard Proctor dan Modified Proctor, dengan pengurangan energi pemadatan dalam hal ini pengurangan jumlah tumbukan per lapisan didapatkan penurunan γ_{dry} maksimum dan peningkatan w_{opt} yang tidak sama (penurunan energi tidak sebanding dengan penurunan γ_{dry} yang dihasilkan), dimana penurunan γ_{dry} maks. Dan peningkatan w_{opt} dengan pengurangan energi pada percobaan selanjutnya. Besarnya penurunan γ_{dry} dari setiap pengurangan energi (jumlah tumbukan) dari percobaan yang satu ke percobaan selanjutnya adalah sekitar 2 kali lipat.
4. Penambahan energi (jumlah tumbukan) dengan pemadatan standar proctor menghasilkan peningkatan γ_{dry} yang lebih kecil dibanding dengan pengurangan energi (jumlah tumbukan) pada pemadatan Modified
5. Perbedaan yang terlihat pada variasi pengurangan energi (jumlah tumbukan) antara

Standard Proctor dan Modified Proctor yaitu, pada Standard Proctor dengan pengurangan energinya sedikit akan mengakibatkan pengurangan γ_{dry} yang besar dibanding dengan pemadatan Modified Proctor.

6. Penggambaran garis teoritis S_r yang benar tergantung dari kebenaran nilai G_s yang didapat.
7. $\gamma_{dry\ maks}$ yang didapat dari masing-masing kurva pemadatan berada diantara S_r 60% dan 80% yaitu disekitar S_r 75%. Sedangkan ZAV (S_r 100%) berada disebelah kanan atas dari masing-masing kurva pemadatan.
8. Dari kurva korelasi antara $\gamma_{dry\ maks}$ dan w_{opt} dengan energi pemadatan (CE) didapat persamaan garis sebagai berikut :

$$CE = 0,7325 w^4 - 53,437 w^3 + 1443,873 w^2 - 17224,26 w + 77525,877 \dots\dots\dots 1$$

$$CE = 244371,208 \gamma^4 - 1596769,770 \gamma^3 + 3906449,458 \gamma^2 - 4237677,084 \gamma + 1719122,419 \dots\dots\dots 2$$
9. Dengan menggunakan persamaan garis CE = $0,7325 w^4 - 53,437 w^3 + 1443,873 w^2 - 17224,26 w + 77525,877$.
10. Energi pemadatan yang diperlukan untuk mencapai kepadatan relatif (RC) minimum dengan kadar air ekonomis sekitar 3x lebih kecil dari pada energi pemadatan dengan prosedur pemadatan standar.

KESIMPULAN

1. Untuk pelaksanaan dilapangan OMC yang dipakai, harus berada disekitar S_r 75%.
2. Dalam keadaan apapun kurva pemadatan tidak mungkin memotong garis Zero Air Void (ZAV) dan selalu berada di kanan atas kurva pemadatan untuk setiap energi pemadatan (CE).
3. Energi minimum pemadatan dilapangan yang dianjurkan untuk tanah timbunan Liang Anggang adalah 189,605 KJ/m³ untuk Standard Proctor dan 909,493 KJ/m³ untuk Modified Proctor. Sedangkan Zona kadar air yang akan menghasilkan efisiensi pemadatan yang paling ekonomis berada pada 17,370% - 22,698% untuk Standard Proctor dan 10,758% - 14,557% untuk Modified Proctor.

DAFTAR PUSTAKA

Ardiansyah Arsyat, Elizabeth Chandra, 1999, Pengaruh Kadar Air dan Variabel-variabel Pengujian Terhadap Kepadatan Tanah Laterit, Universitas Lambung Mangkurat, Banjarbaru

Bowles, Joseph E, 1993, Sifat-sifat Fisis dan Geoteknis Tanah, Edisi II, Erlangga, Jakarta.
 Das, Braja M, 1994, Mekanika Tanah (Prinsip-prinsip Rekayasa Geoteknis), Edisi I, Erlangga Jakarta.
 Djoko Pramono, 2000, Microsoft Excel 2000 (Belajar Sendiri), Elex Media Komputindo Gramedia Jakarta.
 Hardiyanto, H. Cristiady, 1992, Mekanika Tanah I, Jilid I, Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
 Wesley, I.D, Mekanika Tanah, Cetakan VI, Badan Penerbit Pekerjaan Umum, Jakarta.