

STUDI PERBANDINGAN NILAI ENERGI PEMADATAN TANAH MENGUNAKAN *PROCTOR MODIFIED* DENGAN ALAT TEKAN MODIFIKASI (STUDI KASUS TANAH TIMBUNAN PILIHAN)

**Arief Cahya Perkasa¹⁾
Setyanto²⁾
Idharmahadi Adha³⁾**

Abstract

The government start prioritizes some regional development, such as Sumatera highway. A construction and ground work are very closely related. It caused the soil has a very crucial role in supporting the construction. Generally, some constructions are built on unsuitable elevation of soil, so excavation and heaping work is needed. To obtain a good quality pile of soil, compaction is required in order to stabilized soil and meet the technical requirements to build the construction. In this study comparing the modified proctor method soil compaction energy with modified press compactor tools to soil pile of choice. The soil samples used is from Gedung Agung Region Jati Agung District Lampung Selatan. This modified press compactor tools test consists of 4 different pressures are 5 MPa, 10 MPa, 15 MPa, and 20 MPa. For every pressure conducted for 3 soil samples. Laboratory experiment result shows that the maximum volume weight (γ_{dmaks}) of 1,706 gr/cm^3 amount on modified proctor method tests with the results on modified press compactor tools obtain pressure value of 10 MPa.

Keywords : Modified Press Compactor Tools, Modified Proctor, Compaction, Soil Pile.

Abstrak

Pembangunan daerah menjadi prioritas pemerintah saat ini, seperti pembangunan Jalan Tol Lintas Sumatera. Pembangunan sangat erat kaitannya dengan pekerjaan tanah, karena tanah merupakan salah satu material yang memegang peranan penting dalam mendukung suatu konstruksi. Umumnya, suatu konstruksi dibangun dengan elevasi yang tidak sesuai, sehingga pekerjaan galian dan timbunan perlu dilakukan. Untuk mendapatkan tanah timbunan dengan kualitas yang baik, diperlukan pemadatan agar memperoleh tanah yang stabil dan memenuhi persyaratan teknis untuk membangun suatu struktur.. Pada penelitian ini membandingkan energi pemadatan tanah metode proctor modified dengan alat tekan pemadat modifikasi untuk tanah timbunan pilihan. Sampel tanah yang digunakan adalah tanah timbunan pilihan, berasal dari Desa Gedung Agung, Kecamatan Jati Agung, Lampung Selatan. Pengujian alat tekan pemadat modifikasi ini terdiri dari 4 tekanan berbeda yaitu 5 MPa, 10 MPa, 15 MPa dan 20 MPa, menggunakan tiga sampel tanah pada masing-masing tekanan. Hasil pengujian di laboratorium menunjukkan bahwa berat volume maksimum (γ_{dmaks}) sebesar 1,706 gr/cm^3 pada pengujian metode *proctor modified* dengan hasil pada alat tekan pemadat modifikasi didapat nilai tekanan sebesar 10 MPa.

Kata kunci : Alat Tekan Pemadat Modifikasi, *Proctor Modified*, Pemadatan, Tanah Timbunan Pilihan

¹⁾ Mahasiswa pada Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Lampung. Surel: ariefcahyaperkasa@gmail.com

²⁾ Staf pengajar pada Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Lampung. Jalan. Prof. Sumantri Brojonegoro 1. Gedong Meneng Bandar Lampung. Surel: setyanto@eng.unila.ac.id

³⁾ Staf pengajar pada Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Lampung. Jalan Prof. Sumantri Brojonegoro 1. Gedong Meneng Bandar Lampung. 35145. Surel: idharmahadiadha@yahoo.com

1. PENDAHULUAN

Pembangunan daerah menjadi prioritas pemerintah saat ini, seperti pembangunan Jalan Tol Lintas Sumatera. Pembangunan suatu konstruksi sangat erat kaitannya dengan pekerjaan tanah. Hal ini disebabkan karena tanah merupakan salah satu material yang memegang peranan penting dalam mendukung suatu konstruksi. Pembangunan suatu konstruksi juga dibangun diatas tanah dengan elevasi yang tidak sesuai, sehingga banyak dilakukan pekerjaan galian dan timbunan. Untuk mendapatkan tanah timbunan dengan kualitas yang baik, diperlukan pemadatan agar memperoleh tanah yang stabil dan memenuhi persyaratan teknis untuk membangun struktur diatasnya. Pada penelitian ini membandingkan energi pemadatan tanah metode *proctor modified* dengan alat tekan pemadat modifikasi untuk tanah timbunan pilihan yang digunakan sebagai timbunan proyek Jalan Tol Lintas Sumatera..

Pelaksanaan pengujian yang dilakukan di laboratorium meliputi uji karakteristik tanah, pemadatan tanah *proctor modified* dan pengujian alat tekan pemadat modifikasi.

Tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui sifat-sifat fisik dan mekanis tanah timbunan pilihan yang berasal dari Desa Gedung Agung, Kec. Jati Agung, Lampung Selatan, mengetahui besaran perbandingan energi yang dihasilkan dari pemadatan tanah *proctor modified* terhadap alat tekan pemadat modifikasi.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Menurut Craig (1991), tanah adalah akumulasi mineral yang tidak mempunyai atau lemah ikatan antar partikelnya, yang terbentuk karena pelapukan dari batuan.

Menurut Das (1995), klasifikasi tanah adalah suatu sistem pengaturan beberapa jenis tanah yang berbeda-beda tapi mempunyai sifat yang serupa ke dalam kelompok dan subkelompok berdasarkan pemakaiannya. Sistem klasifikasi ini memberikan suatu bahasa yang mudah untuk menjelaskan secara singkat sifat-sifat umum tanah yang sangat bervariasi tanpa penjelasan yang terinci.

Tanah timbunan dibagi menjadi dua jenis, yaitu timbunan pilihan dan timbunan biasa (Bisa, 2014), yaitu :

1. Timbunan pilihan merupakan timbunan atau urugan yang digunakan untuk pencapaian elevasi akhir *subgrade* yang disyaratkan dalam gambar suatu perencanaan.
2. Timbunan biasa merupakan timbunan atau urugan yang digunakan untuk pencapaian elevasi akhir *subgrade* yang disyaratkan dalam gambar perencanaan tanpa maksud khusus lainnya. Timbunan biasa ini juga digunakan untuk penggantian material *existing subgrade* yang tidak memenuhi syarat.

Pemadatan (compaction) adalah proses naiknya kerapatan tanah dengan memperkecil jarak antar partikel sehingga terjadi reduksi volume udara namun tidak terjadi perubahan volume air yang cukup berarti pada tanah ini (Craig, 1991). Untuk menentukan hubungan kadar air dan berat volume, dan untuk mengevaluasi tanah agar memenuhi persyaratan pemadatan, maka umumnya dilakukan pengujian pemadatan (Hardiyatmo, 2002), dinyatakan dalam persamaan :

$$\gamma_d = \frac{\gamma_b}{(1+w)} \quad (1)$$

Alat pemadat *proctor modified* berupa silinder (*mold*) yang mempunyai diameter 10,2 cm dan tinggi 11,6 cm. Tanah di dalam mold dipadatkan dengan penumbuk yang beratnya 4,5 kg dengan tinggi jatuh 45,7 cm. Tanah dipadatkan dalam 5 (lima) lapisan dengan tiap lapisan ditumbuk sebanyak 25 kali pukulan..

Beberapa hal yang mempengaruhi nilai energi pemadatan yaitu banyaknya tumbukan, jumlah lapisan, berat penumbuk dan tinggi jatuh seperti dirumuskan sebagai berikut (Hardiyatmo, 2002):

$$E = \frac{(N_b \times N_i \times W \times H)}{V} \quad (2)$$

Penelitian sebelumnya antara lain :

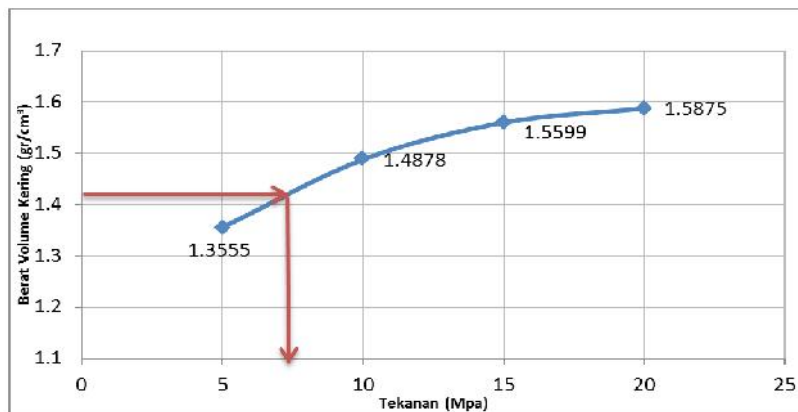
Penelitian dilakukan oleh Muda (2016) tentang model pendekatan alat uji kepadatan ringan untuk tanah di laboratorium. Berdasarkan hasil pengujian kepadatan ringan SNI 1742 (2008) bahwa tanah lempung Palangka Raya mempunyai berat isi kering maksimum (γ_d maks) 1.51 gr/cm³ dan kadar air optimum (w opt) 25,74% dan tanah ini termasuk lempung dengan perkiraan kinerja timbunan buruk sampai sedang. Kepadatan maksimum tanah lempung Palangka Raya adalah untuk 5, 10, 15, 20 dan 25 tumbukan per lapis sebanyak 2 lapis mempunyai berat isi kering maksimum dan kadar air optimum belum memiliki penilaian yang sama dengan SNI 1742 (2008) terhadap kinerja timbunan, maka model belum memenuhi syarat sebagai alat uji kepadatan ringan untuk tanah di laboratorium. Sedangkan untuk 30 tumbukan per lapis sebanyak 2 lapis, mempunyai berat isi kering maksimum dan kadar air optimum dengan *margin error* <5% terhadap SNI 1742 (2008) dan memiliki penilaian yang sama dengan SNI 1742 (2008) terhadap kinerja timbunan, maka model memenuhi syarat sebagai alat uji kepadatan ringan untuk tanah di laboratorium.

Penelitian dilakukan oleh Ulfa (2017) tentang percobaan pengujian pemadatan tanah *modified proctor* di laboratorium dengan alat tekan pemadat modifikasi yang menggunakan sampel tanah dari Tirtayasa, Kec. Sukabumi, Bandar Lampung, dengan hasil sebagai berikut :

Tabel 1. Hasil Pengujian Alat Tekan Modifikasi Berdasarkan Kondisi Optimum

Nama Sampel	Kadar Air (%)	Berat Volume Kering (gram/cm ³)
5 MPa	22,80	1,3555
10 MPa	22,95	1,4878
15 MPa	23,02	1,5599
20 MPa	23,15	1,5875

Berdasarkan hasil pengujian alat tekan pemadat modifikasi seperti pada Gambar 1, dari hasil uji *proctor modified* di laboratorium di dapat nilai berat volume kering maksimum (γ_{dmaks}) sebesar 1,42 gr/cm³. Bila nilai ini dikonversi terhadap hasil uji alat tekan modifikasi pada Gambar 1 didapat nilai tekanan sebesar 7 MPa.



Gambar 1. Hubungan Berat Volume Kering Kondisi Rata-rata dengan Tekanan pada Uji Tekan Modifikasi dengan 5 Lapisan Tanah.

3. METODE PENELITIAN

A. Lokasi Pengambilan Sampel

Sampel tanah yang diambil berasal dari Desa Gedung Agung, Kec. Jati Agung, Lampung Selatan, terdiri dari *disturbed sample* dan *undisturbed sample*. Sampel ini merupakan salah satu tanah yang digunakan sebagai timbunan proyek Jalan Tol Lintas Sumatera.

B. Alat Tekan Pemadat Modifikasi

Alat tekan pemadat modifikasi yaitu alat yang dibuat dengan memodifikasi sebuah dongkrak yang memiliki kuat tekan yang tinggi. Dengan menggunakan sistem hidrolik secara manual menggunakan dial untuk mengukur tekanan yang diberikan pada saat mengalami tekanan. Cetakan yang akan digunakan yaitu silinder (*mold*) dengan diameter 10,2 cm dan tinggi 11,6 cm. Cara kerja alat tekan pemadat modifikasi dengan memompa dongkrak, sehingga pelat yang ada tepat berada di bawah dongkrak akan turun. Saat dongkrak dipompa, pelat silinder turun dan menekan tanah yang berada di dalam cetakan. Pada saat tanah di padatkan maka manometer akan bergerak sehingga dapat mengetahui berapa besar tekanan yang di terima oleh tanah dengan membaca pada manometer.

Pelaksanaan pengujian dilakukan di Laboratorium Mekanika Tanah, Fakultas Teknik, Universitas Lampung. Adapun pengujian yang dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Pengujian fisik dan mekanis tanah pada tanah asli. Kemudian hasil dari pengujian akan dianalisis sesuai dengan klasifikasi tanah menurut USCS dan AASHTO dalam Hardiyatmo (2002).
2. Pengujian pemadatan tanah metode *proctor modified*.
3. Pengujian alat tekan pemadat modifikasi.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Pengujian Sampel Tanah

Nilai-nilai dari hasil pengujian laboratorium mengenai sampel tanah selengkapnya ditabelkan pada tabel berikut :

Tabel 2. Hasil Pengujian Tanah

No	Pengujian	Hasil
1	Kadar air (w)	17,01%
2	Berat Jenis (Gs)	2,61
3	Berat Volume (γ)	1,43 gr/cm ³
4	Batas <i>Atterberg</i> :	
	a. Batas Cair (LL)	39,42%
	b. Batas Plastis (PL)	29,89%
	c. Indeks Plastisitas (PI)	9,5%
5	Analisa Saringan	
	a. lolos Saringan No. 4	84,17%
	b. lolos Saringan No. 200	21,82%
6	Pemadatan	
	a. Kadar air optimum	19,3%
	b. Berat isi kering maksimum	1.704 gr/cm ³

Penelitian melalui pengujian yang dilakukan terhadap tanah asli pada Tabel 2. Dari pengujian kadar air menunjukkan bahwa kadar air yang terkandung dalam tanah tersebut adalah sebesar 17,01%. Hasil pengujian berat jenis pada sampel tanah asli adalah sebesar 2,61. Pada pengujian pemadatan dengan metode *proctor modified* didapatkan kadar air optimum sebesar 19,3%, dan berat volume kering sebesar 1,704 gr/cm³. Untuk nilai kadar air maksimum akan digunakan sebagai campuran sampel pada pengujian alat tekan modifikasi.

Menurut sistem klasifikasi AASTHO, dari hasil pengujian analisa saringan didapat tanah yang lolos saringan 200 tidak mencapai 35%, nilai batas cair (LL) adalah 39,42% yaitu tidak melebihi 40% dan nilai indeks plastis (PI) adalah 9,5% dan tidak melebihi 10%. Maka sampel tanah yang berasal dari Desa Gedung Agung, Lampung Selatan, termasuk kelompok tanah A-2-4 yaitu tanah pasir berlempung.

Menurut sistem klasifikasi USCS, Dari hasil pengujian analisa saringan didapatkan tanah yang tertahan saringan no. 200 adalah melebihi 50%, nilai persentase tertahan di saringan no. 40 adalah sebesar 84,17% (lebih dari 50%), dan nilai indeks plastis (PI) sebesar 9,3% yaitu berada diatas 7. Nilai Cu sebesar 55,2994 dan nilai Cc sebesar 1,3407, maka dapat disimpulkan bahwa sampel tanah yang digunakan dapat digolongkan dalam kelompok SC yaitu pasir berlempung.

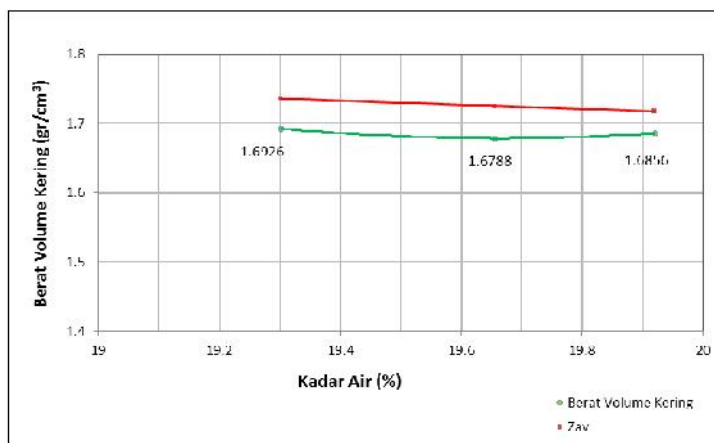
B. Uji Alat Tekan Pemadat Modifikasi

Pengujian alat tekan modifikasi adalah pengujian pemadat tanah dengan menekan sampel tanah yang ada didalam mold sebesar tekanan tertentu sebanyak 5 lapisan. Pada pengujian ini dilakukan sebanyak 4 tekanan berbeda yaitu 5 MPa, 10 MPa, 15 MPa, dan 20 MPa. Untuk setiap tekanan diambil sebanyak 3 sampel percobaan.

Tabel 3. Hasil Perhitungan Pengujian Alat Tekan Modifikasi pada Tekanan 5 MPa

Nama Sampel	Berat Tanah (gram)	Volume (cm ³)	Berat Volume (gram/cm ³)	Kadar Air (%)	Berat Volume Kering (gram/cm ³)	γ_d Zav (gram/cm ³)
SPM 5-1	1914	947,8688	2,0193	19,3	1,6926	1,7357
SPM 5-2	1916	947,8688	2,0214	19,92	1,6856	1,7172
SPM 5-3	1904	947,8688	2,0087	19,66	1,6788	1,7250

Berikut adalah gambar dari hasil pengujian pada tekanan 5 MPa yang ditunjukkan pada Tabel 3 :

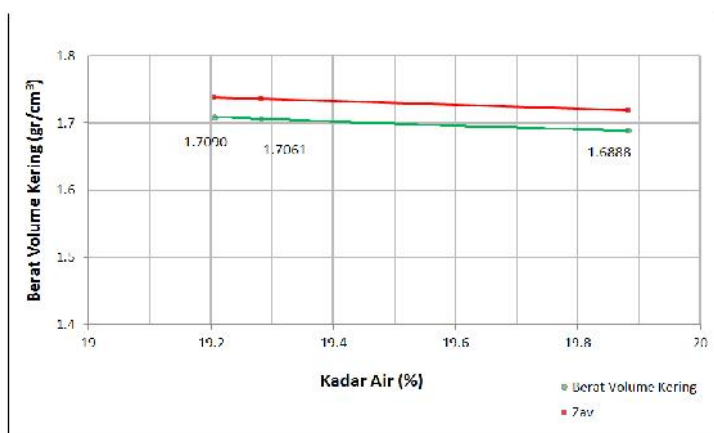


Gambar 2. Hubungan Berat Volume Kering dengan Kadar Air pada Uji Alat Tekan Modifikasi untuk Tekanan 5 MPa.

Tabel 4. Hasil Perhitungan Pengujian Alat Tekan Modifikasi pada Tekanan 10 MPa

Nama Sampel	Berat Tanah (gr)	Volume (cm ³)	Berat Volume (gr/cm ³)	Kadar Air (%)	Berat Volume Kering (gr/cm ³)	γ_d Zav (gr/cm ³)
SPM 10-1	1919	947,8688	2,0245	19,88	1,6888	1,7183
SPM 10-2	1931	947,8688	2,0372	19,21	1,7090	1,7385
SPM 10-3	1929	947,8688	2,0351	19,28	1,7061	1,7362

Berikut adalah gambar dari hasil pengujian pada tekanan 10 MPa yang ditunjukkan pada Tabel 4.

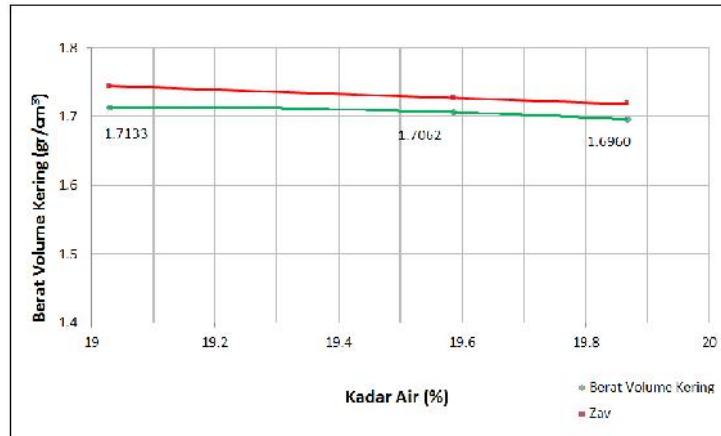


Gambar 3. Hubungan Berat Volume Kering dengan Kadar Air pada Uji Alat Tekan Modifikasi untuk Tekanan 10 MPa.

Tabel 5. Hasil Perhitungan Pengujian Alat Tekan Modifikasi pada Tekanan 15 MPa

Nama Sampel	Berat Tanah (gr)	Volume (cm ³)	Berat Volume (gr/cm ³)	Kadar Air (%)	Berat Volume Kering (gr/cm ³)	V_d Zav (gr/cm ³)
SPM 15-1	1927	947,8688	2,0330	19,87	1,6960	1,7188
SPM 15-2	1933	947,8688	2,0393	19,03	1,7133	1,7439
SPM 15-3	1934	947,8688	2,0404	19,59	1,7062	1,7271

Berikut adalah Gambar dari hasil pengujian pada tekanan 15 MPa yang ditunjukkan pada Tabel 5.

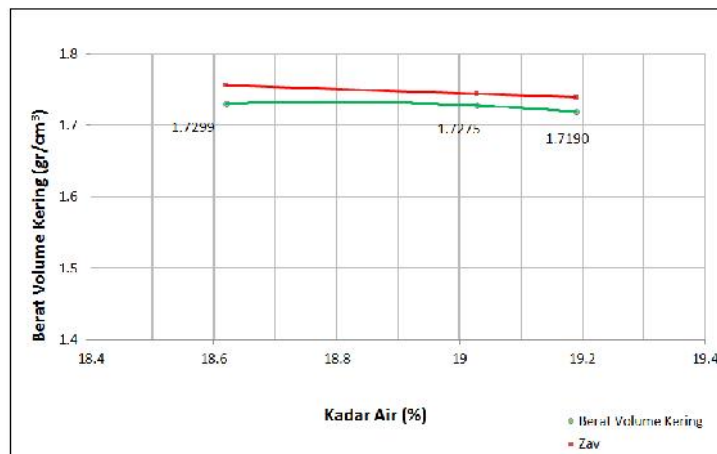


Gambar 4. Hubungan Berat Volume Kering dengan Kadar Air pada Uji Alat Tekan Modifikasi untuk Tekanan 15 MPa.

Tabel 6. Hasil Perhitungan Pengujian Alat Tekan Modifikasi pada Tekanan 20 MPa

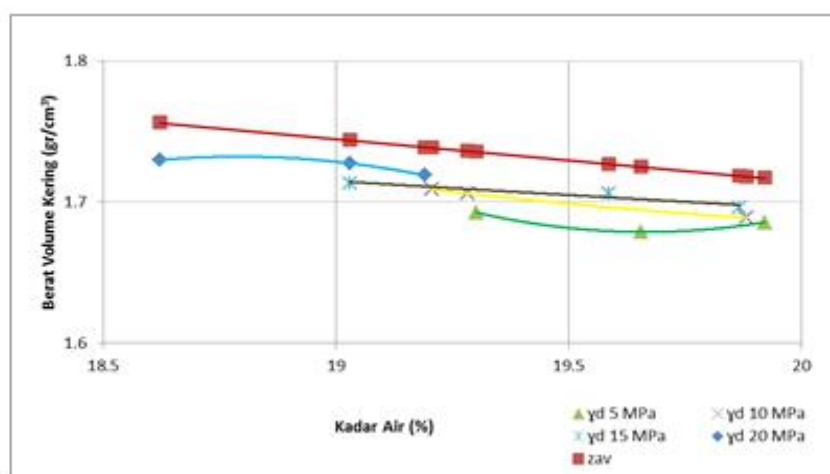
Sampel	Berat Tanah (gr)	Volume (cm ³)	Berat Volume (gr/cm ³)	Kadar Air (%)	Berat Volume Kering (gr/cm ³)	V_d Zav (gr/cm ³)
SPM 20-1	1949	947,8688	2,0562	19,03	1,7275	1,7439
SPM 20-2	1942	947,8688	2,0488	19,19	1,7190	1,7390
SPM 20-3	1945	947,8688	2,0520	18,62	1,7299	1,7564

Berikut adalah gambar dari hasil pengujian pada tekanan 20 MPa yang ditunjukkan pada Tabel 6.



Gambar 5. Hubungan Berat Volume Kering dengan Kadar Air pada Uji Alat Tekan Modifikasi untuk Tekanan 20 MPa.

Berikut adalah gambar gabungan nilai berat volume kering (γ_d) dan kadar air (w) pada tekanan 5 MPa, 10 MPa, 15 MPa dan 20 MPa pada Gambar 7.



Gambar 6. Hubungan Berat Volume Kering dengan Kadar Air Berdasarkan Uji Alat Tekan Pemadat Modifikasi.

Pada hasil pemadatan yang ditunjukkan pada Gambar 2; 3; 4 ; 5; dan 6, menunjukkan untuk disemua tekanan menghasilkan nilai *zero air void* dan nilai berat volume kering yang sangat dekat, maka kepadatan tanah ini dapat disebut maksimal untuk disemua tekanan. Semakin tinggi tekanan maka nilai *zero air void* semakin mendekati nilai berat volume kering. Hal ini menunjukkan semakin tinggi tekanan maka semakin kecil rongga udara didalam tanah, dan kepadatan tanah mencapai maksimal.

Dari hasil pada Gambar 2; 3; 4 dan 5 didapat nilai kadar air (w) dan berat volume kering (γ_d) pada kondisi optimum, ditunjukkan pada Tabel 7 berikut :

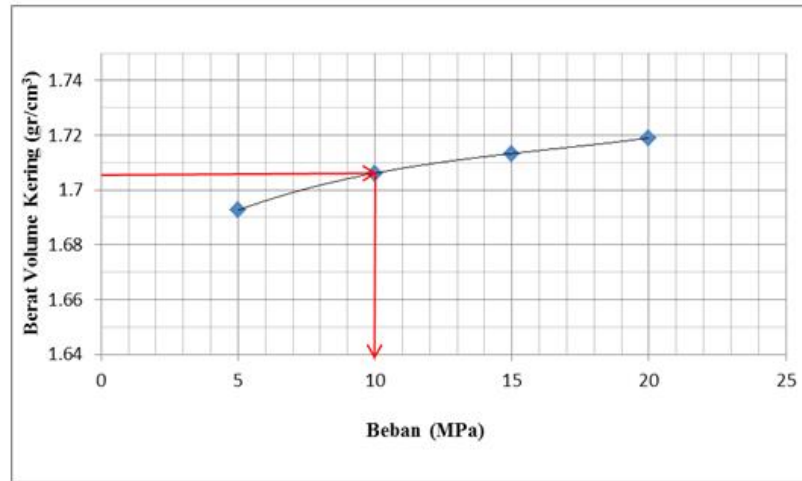
Tabel 7. Hasil Pengujian Alat Tekan Pemadat Modifikasi Berdasarkan Kondisi Kadar Air Optimum

Nama Sampel	Tekanan	Kadar Air (%)	Berat Volume Kering (gram/cm ³)
SPM 5-1	5 MPa	19,30	1,6926
SPM 10-3	10 MPa	19,28	1,7061
SPM 15-2	15 MPa	19,03	1,7133
SPM 20-2	20 MPa	19,19	1,7190

Berikut adalah gambar dari hasil pengujian alat tekan pada tekanan 5 MPa, 10 MPa, 15 MPa dan 20 MPa pada Gambar 7.

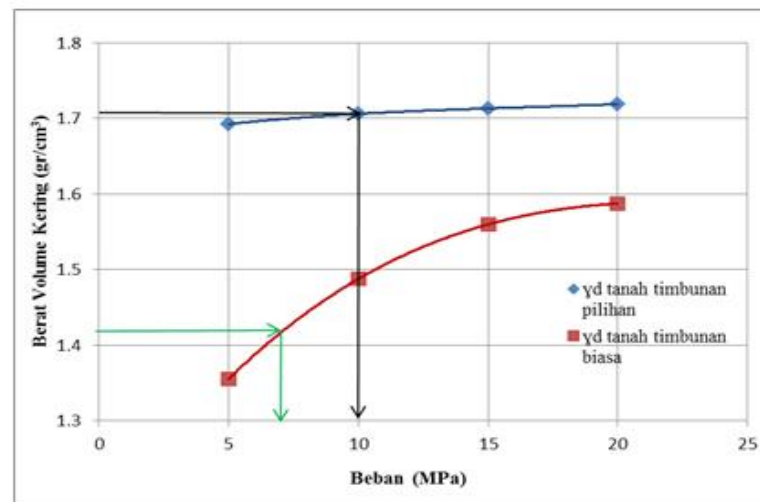
Berdasarkan hasil uji *proctor modified* dilaboratorium didapatkan nilai berat volume kering maksimum ($\gamma_{d\text{maks}}$) sebesar 1,706 gr/cm³, bila nilai ini dikonversi terhadap hasil uji alat tekan modifikasi pada Gambar 8, yaitu dengan menarik garis secara horizontal dari kiri kekanan hingga bersinggungan dengan garis hubungan berat volume kering dan

tekanan, kemudian ditarik garis kebawah hingga dapat dilihat tekanan yang dihasilkan sebesar 10 MPa.



Gambar 7. Hubungan Berat Volume Kering Kondisi Kadar Air Optimum dengan Tekanan pada Uji Alat Tekan Modifikasi.

Berikut adalah gambar dari hasil pengujian alat tekan pemadat untuk tanah timbunan pilihan dan tanah timbunan biasa pada Gambar 8.



Gambar 8. Perbandingan Berat Volume Kering dengan Tekanan untuk Tanah Timbunan Pilihan dan Tanah Timbunan Biasa

Berdasarkan Gambar 8, hasil pengujian pemadatan menggunakan alat tekan modifikasi pada tanah timbunan pilihan dan tanah timbunan biasa, menunjukkan nilai berat volume kering (γ_d) untuk tanah timbunan pilihan lebih besar dan lebih baik dari pada tanah

timbunan biasa. Tanah timbunan biasa nilai y_d meningkat cukup besar seiring dengan peningkatan tekanan. Sedangkan untuk tanah timbunan pilihan terlihat nilai y_d juga mengalami kenaikan tetapi sangat kecil, hal ini dipengaruhi oleh gradasi butiran tanah. Untuk tanah timbunan biasa gradasi butiran tidak cukup baik sehingga banyak rongga-rongga udara, rongga udara semakin kecil seiring bertambahnya tekanan. Berbeda dengan tanah timbunan pilihan memiliki gradasi butiran tanah yang baik sehingga tidak ada rongga-rongga udara yang tersisa. Pada tanah timbunan biasa untuk y_{dmaks} sebesar 1,42 gr/cm³ didapatkan tekanan sebesar 7 MPa, lebih kecil dibandingkan timbunan biasa yang memiliki tekanan sebesar 10 MPa.

5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian dan pembahasan yang telah dilakukan, tanah yang bersumber dari Desa Gedung Agung, Lampung Selatan, memperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Sampel ini berdasarkan sistem klasifikasi AASHTO termasuk pada kelompok tanah A-2-4 yaitu tanah pasir berlempung dan dinilai baik sebagai tanah timbunan pilihan. klasifikasi berdasarkan USCS tanah tersebut termasuk kedalam kelompok SC yaitu tanah pasir berlempung.
2. Pada pengujian uji *proctor modified* di laboratorium didapat nilai berat volume kering maksimum (y_{dmaks}) sebesar 1,706 gr/cm³. Bila nilai ini dikonversi terhadap hasil uji alat uji tekan modifikasi didapat nilai tekanan sebesar 10 MPa.
3. Nilai berat volume kering pada kondisi kadar air optimum memiliki nilai yang hampir sama untuk setiap tekanan. Hal ini membuktikan bahwa sampel tanah yang digunakan memiliki gradasi butiran tanah yang baik, sehingga pada pengujian dengan tekanan berapapun tidak akan mempengaruhi nilai berat volume kering.
4. Berdasarkan perhitungan energi alat tekan modifikasi menggunakan tanah timbunan biasa sebesar 7 MPa, lebih kecil dibandingkan alat tekan modifikasi menggunakan tanah timbunan pilihan yaitu sebesar 10 MPa.

DAFTAR PUSTAKA

- SNI 1742, 2008, *Cara Uji Kepadatan Ringan untuk Tanah*, Badan Standarisasi Nasional, Jakarta.
- Bisa, F., 2014, *Pengertian dan Klasifikasi Timbunan*, diakses pada <http://kumpulengineer.blogspot.co.id/2014/09/pengertian-dan-klasifikasi-timbunan.html> (20 April 2017).
- Craig, R.F., 1991, *Mekanika Tanah Edisi Ke Empat*. PT. Erlangga. Jakarta.
- Das, B. M., 1995, *Mekanika Tanah (Prinsip-Prinsip Rekayasa Geoteknis) Jilid I*, Erlangga, Jakarta.
- Hardiyatmo, H. C., 2002, *Mekanika Tanah I*, Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
- Muda, A., 2016, *Jurnal TEKNIK SIPIL Vol. 17 No. 1, Juli 2016*, Jurusan Teknik Sipil Universitas Lambung Mangkurat, Banjarmasin.
- Ulfa, S.Z., 2017, *Studi Konversi Pemadatan Tanah Modified Proctor di Laboratorium dengan Alat Tekan Pemadat Modifikasi*. Skripsi. Universitas Lampung. Bandar Lampung.