

MODEL PENDEKATAN ALAT UJI KEPADATAN RINGAN UNTUK TANAH DI LABORATORIUM

Anwar Muda

*Balai Besar Pelaksanaan Jalan Nasional VII
Email : anwarmuda@gmail.com*

ABSTRACT

The study is motivated, that during compaction test light to ground in the laboratory with standard equipment ISO 1742: 2008. However, this equipment has not been done as a benchmark or model approaches that have the same standards with ISO 1742: 2008 with a margin of error of $\leq 5\%$. This study aims to determine whether the test equipment density of light to the ground in a laboratory with a model can be used as a means of testing the density of light to the ground in a laboratory with the same standards as ISO 1742: 2008 with a margin of error of $\leq 5\%$ and give the same assessment of the performance heap.

The research method with a step that is preparing the soil samples are clay Palangkaraya and 2 pieces of light density test equipment is ISO 1742: 2008 and the model. Then, the next step is to test the density of the two pieces of the tool.

The results showed the maximum dry weight of 1,51 g / cm³ and the optimum water content and soil 25,74% including silt-loam with poor performance forecasts pile up good or clay with a pile of bad performance forecast to moderate. While the maximum density of clay based Model for 5, 10, and 15 collisions per layer and for 20 and 25 collisions per layer as much as 2 layers, obtained by bulk density maximum dry and optimum moisture content with a margin of error of $<5\%$ of the ISO 1742: 2008, but do not have the same ratings with ISO 1742: 2008 on the performance of the pile, so that the model has not been qualified as light density test equipment to the ground in a laboratory. For 30 collisions per layer as much as 2 layers, has a bulk density maximum dry and optimum moisture content with a margin of error of $<5\%$ of the ISO 1742: 2008 and similar assessments to ISO 1742: 2008 on the performance of the pile, then the model qualifies as test equipment light density to the ground in a laboratory and have the same standards SNI1742: 2008.

Keywords: models, approaches, light density, soil

1. Pendahuluan

Pengujian kepadatan tanah di laboratorium pada umumnya untuk mendapatkan hubungan berat isi kering maksimum (γ_d maks) dan kadar air optimum (w_{opt}). Pengujian ini umumnya mengacu pada standar Proctor atau SNI1742:2008 dimana tanah yang akan digunakan untuk pemadatan adalah tanah yang lolos saringan no.4 dipadatkan dalam silinder *mould* dengan diameter cetakan 101,60 mm, tinggi cetakan 116,43 mm, volume cetakan 943 cm³ dengan alat penumbuk 2,50 kg dan tinggi jatuh

30,50 cm. Tanah ini dipadatkan dalam tiga lapisan dengan tiap lapisan ditumbuk sebanyak 25 kali. Dalam uji pemadatan ini diulang paling sedikit 5 kali dengan kadar air tiap percobaan divariasikan kemudian digambarkan sebuah grafik hubungan kadar air dan berat volume keringnya. Grafik ini akan memperlihatkan nilai kadar air terbaik untuk mencapai berat volume kering terbesar atau kepadatan maksimum.

Penelitian dilatarbelakangi, bahwa selama ini pengujian pemadatan ringan untuk tanah di laboratorium dengan peralatan standar SNI 1742:2008. Namun peralatan ini belum pernah dilakukan sebagai pembandingan atau model pendekatan yang memiliki standar yang sama dengan SNI 1742:2008 dengan *margin error* $\leq 5\%$.

Pada penelitian ini akan dilakukan pemadatan tanah dengan Model Pendekatan menggunakan contoh tanah lempung Palangkaraya. Model ini prinsipnya sama dengan SNI 1742:2008 yaitu untuk mendapatkan kepadatan tanah di laboratorium dari hubungan berat isi kering maksimum (γ_d maks) dan kadar air optimum (w_{opt}). Model Pendekatan menggunakan sebuah *mould* diameter 7 cm dan tinggi *mould* 7.50 cm dengan volume cetakan 288,50 cm³. Kemudian, massa penumbuk 2 kg yang dijatuhkan dari ketinggian 25 cm sebanyak 2 lapis, dimana setiap lapis dipadatkan sebanyak 5, 10, 15, 20, 25 dan 30 tumbukan. Dalam uji pemadatan ini diulang minimal 5 kali dengan kadar air divariasikan dan digambarkan dalam sebuah grafik yaitu hubungan berat isi kering dan kadar air. Grafik ini akan memperlihatkan nilai kadar air optimum (w_{opt}) dan berat kering maksimum (γ_d maks).

Berdasarkan latar belakang di atas, maka pada penelitian ini diharapkan mendapatkan hasil yang sama dengan SNI 1742:2008 atau *margin error* $\leq 5\%$. Jika *margin error* $\leq 5\%$ terhadap SNI 1742:2008 dan memiliki penilaian yang sama terhadap kinerja timbunan, maka model ini memenuhi syarat sebagai alat uji kepadatan ringan untuk tanah di laboratorium dan memiliki standar yang sama dengan SNI1742:2008.

2. Kajian Pustaka

SNI 1742:2008 menyatakan bahwa contoh tanah yang akan digunakan untuk pemadatan di laboratorium adalah tanah yang lolos saringan no. 4 (4.75 mm). Sedangkan contoh tanah yang digunakan untuk pemadatan dengan Model Pendekatan Alat Uji Kepadatan Ringan Untuk Tanah di Laboratorium ini sama dengan contoh tanah SNI 1742:2008 yaitu tanah lolos saringan no. 4 (4.75 mm).

Berat jenis tanah adalah angka perbandingan antara berat butir tanah (γ_s) dan berat air suling (γ_w) dengan isi yang sama pada suhu 4⁰C. Pengujian ini dimaksudkan sebagai acuan dalam pengujian berat jenis (*specific gravity*) dengan tujuan untuk memperoleh besaran (angka) berat jenis tanah yang akan digunakan selanjutnya untuk penentuan parameter lainnya seperti sifat tanah (SNI 03-1964-1990), seperti pada persamaan 1

$$G_s = \frac{\gamma_s}{\gamma_w} \dots\dots\dots 1$$

Berat jenis (G_s) tidak berdimensi. Secara tipikal, berat jenis berbagai tanah berkisar antara 2,65 sampai 2,75. Berat jenis $G_s = 2,67$ biasanya digunakan untuk tanah-tanah tidak berkoheisi atau tanah granular, sedangkan untuk tanah-tanah tidak kohesif tidak mengandung bahan organik G_s berkisar diantara 2,68 sampai 2,72. Nilai-nilai berat jenis dari berbagai jenis tanah diberikan dalam Tabel 1

Tabel 1 Berat jenis tanah (*specific gravity*)

Macam tanah	Berat jenis (Gs)
Kerikil	2,65 – 2,68
Pasir	2,65 – 2,68
Lanau organik	2,62 – 2,68
Lempung organik	2,58 – 2,65
Lempung anorganik	2,68 – 2,75
Humus	1,37
Gambut	1,25 – 1,28

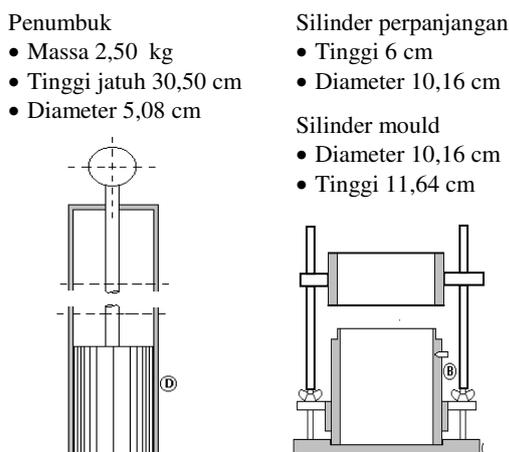
Sumber : Hardiyatmo (2012)

Untuk menentukan hubungan kadar air dengan berat volume dan untuk mengevaluasi tanah agar memenuhi persyaratan kepadatan, maka umumnya dilakukan uji pemadatan. Menurut Proctor, 1933 (dalam Hardiyatmo, 2012), telah mengamati bahwa ada hubungan yang pasti antara kadar air dan berat volume kering tanah padat. Untuk berbagai jenis tanah pada umumnya, terdapat satu nilai kadar air optimum tertentu untuk mencapai berat volume kering maksimumnya. Hubungan berat volume kering (γ_d) dengan berat volume basah (γ_b) dan kadar air (w) dinyatakan dalam Persamaan 2.

$$\gamma_d = \frac{\gamma_b}{1 + w} \dots\dots\dots 2$$

Karakteristik kepadatan tanah dapat dinilai dari pengujian standar di laboratorium yang disebut standar *Proctor*. Prinsip pengujian menggunakan pemadat berupa silinder *mould* yang mempunyai volume $9,44 \times 10^{-4} \text{ m}^3$. Tanah di dalam *mould* dipadatkan dengan penumbuk yang beratnya 2.50 kg dengan tinggi jatuh 30,50 cm. Tanah dipadatkan dalam tiga lapisan dengan tiap lapisan ditumbuk 25 kali. (Hardiyatmo, 2012)

Dalam ketentuan SNI 1742:2008 menyebutkan, bahwa cetakan harus terbuat dari logam berdinding teguh dilengkapi dengan leher sambung yang dibuat dari bahan yang sama dengan tinggi kurang lebih 60 mm. Cetakan dan leher sambung harus dipasang kuat. Kemudian cetakan diameter 101,60 mm mempunyai kapasitas $943 \text{ cm}^3 \pm 8 \text{ cm}^3$ dengan diameter dalam 101,60 mm $\pm 0,41 \text{ mm}$ dan tinggi 116,43 mm $\pm 0,13 \text{ mm}$ dengan penumbuk dari logam dengan massa 2,495 kg $\pm 0,009 \text{ kg}$ dan mempunyai permukaan berbentuk bundar dan rata, diameter 50,80 mm $\pm 0,25 \text{ mm}$, seperti Gambar 1 berikut :



Gambar 1. Alat Uji Kepadatan Ringan Untuk Tanah (SNI 1742:2008)

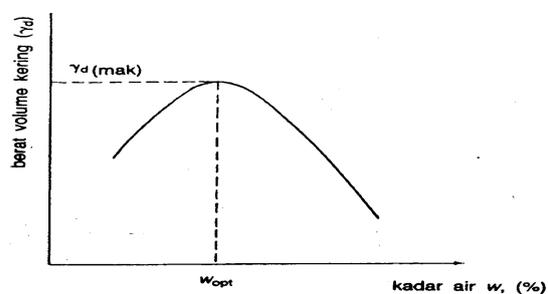
Sedangkan alat uji kepadatan ringan untuk tanah di laboratorium dengan model bahwa cetakan berupa silinder *mould* terbuat dari baja dengan leher sambung yang dibuat dari bahan yang sama dengan tinggi kurang lebih 6 cm. Kemudian cetakan diameter dalam 7 cm mempunyai kapasitas $288,50 \text{ cm}^3$ dan tinggi 7.50 cm dengan penumbuk dari baja dengan massa 2.50 kg dan mempunyai permukaan berbentuk bundar dan rata, diameter 5 cm, seperti Gambar 2 berikut :

- | | |
|----------------------|-----------------------|
| Penumbuk | Silinder perpanjangan |
| • Massa 2 kg | • Tinggi 6 cm |
| • Tinggi jatuh 25 cm | • Diameter 7 cm |
| • Diameter 5 cm | Silinder mould |
| | • Diameter 7 cm |
| | • Tinggi 7.50 cm |



Gambar 2. Alat Uji Kepadatan Ringan Dengan Model

Dalam uji pemadatan, percobaan di ulang paling sedikit 5 kali dengan kadar air tiap percobaan divariasikan. Kemudian, digambarkan sebuah grafik hubungan kadar air dan berat volume keringnya. Kurva yang dihasilkan pada Gambar 3. dari pengujian memperlihatkan nilai kadar air terbaik (w_{opt}) untuk mencapai berat volume kering terbesar atau kepadatan kering maksimum ($\gamma_d \text{ maks}$).



Gambar 3. Kurva hubungan kadar air dan berat volume kering

Sumber : Hardiyatmo, 2012

Kemungkinan berat volume kering maksimum dinyatakan sebagai berat volume kering dengan tanpa rongga udara (*zero air void*) atau berat volume kering saat tanah menjadi jenuh (γ_{zav}) dapat dihitung pada Persamaan 3.

$$\gamma_{zav} = \frac{G_s \cdot \gamma_w}{1 + w \cdot G_s} \dots\dots\dots 3$$

Sedangkan SNI 1742:2008 menyatakan bahwa kadar air yang paling cocok untuk cara pemadatan tertentu yang menghasilkan kepadatan paling besar yang diperoleh dari kurva pemadatan. Kemudian dari pemadatan tersebut kemungkinan udara dalam tanah akan keluar, maka tanah dalam kondisi jenuh air (kepadatan kering jenuh), tetapi dalam kondisi ini sulit tercapai. Sehingga, kepadatan kering jenuh merupakan perbandingan antara massa kering tanah dan volume total pada kondisi jenuh air (rongga berisi udara nol)

Kemudian, petunjuk umum pemilihan berbagai jenis tanah dengan berat volume kering maksimum dan kadar air optimum tanah untuk kinerja timbunan yang diharapkan Gregg (1960) seperti pada Tabel 2 berikut :

Tabel 2. Petunjuk Umum Pemilihan Tanah Untuk Kinerja Timbunan

Deskripsi Tanah Visual	Berat volume kering maksimum (kN/m ³)	Kadar air optimum (%)	Perkiraan kinerja timbunan
Granular	18,10 – 22,30	7-15	Baik sampai baik sekali
Granular bercampur tanah	17,30-21,2	9-18	Sedang sampai sangat baik
Pasir dan pasir halus	17,3-18,10	9-15	Sedang sampai baik
Lanau dan lanau berpasir	14,90-20,40	10-20	Buruk sampai bagus
Lanau dan lempung elastic	13,30-15,70	20-35	Tidak memuaskan
Lanau-lempung	14,90-18,80	10-30	Buruk sampai bagus
Lempung berlanau elastic	13,30-15,70	20-35	Tidak memuaskan
Lempung	14,10-18,10	15-30	Buruk sampai sedang

Sumber : Gregg, 1960

Penelitian sebelumnya antara lain :

a. Endang Widorowati H (2005)

Endang Widorowati Hartosukma (2005) judul *Perilaku Tanah Lempung Ekspansif Karangawen Demak Akibat Penambahan Semen dan Fly Ash Sebagai Stabilizing Agents*, menyatakan bahwa tanah Karangawen Demak merupakan tanah yang lolos saringan no. 200 sebesar 90,50% > 50%, sehingga tanah ini termasuk kategori tanah berbutir halus. Dari hasil uji kepadatan metode standar Proctor diperoleh berat volume kering maksimum (γ_d maks) 1,433 gr/cm³ dan kadar air optimum (w opt) sebesar 27 %.

b. Ratna Yuniarti (2008)

Ratna Yuniarti (2008) judul *Perbandingan Nilai Daya Dukung Tanah Dasar Badan Jalan Yang Distabilisasi Semen dan Abu Sekam Padi* menyatakan bahwa tanah Awu Kecamatan Penujak Kabupaten Lombok Tengah termasuk termasuk tanah jenis lempung ekspansif dengan Indeks Plastisitas (PI) sebesar 84,10%. Kemudian dari hasil uji pemadatan standar Proctor didapatkan nilai berat volume kering maksimum (γ_d maks) sebesar 1,165 gr/cm³ dan kadar air optimum (w opt) sebesar 37,5%.

c. Warsiti (2009)

Warsiti, (2009) judul *Meningkatkan Nilai CBR dan Memperkecil Swelling Tanah Sub Grade Dengan Metode Stabilisasi Tanah dan Kapur* yang dipublikasikan dalam Jurnal Wahana TEKNIK SIPIL Vol. 14 No. 1, April 2009 Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Semarang. Dalam penelitiannya mengangkat permasalahan kualitas tanah asli dengan jenis lempung berlanau. Berdasarkan hasil penelitian, bahwa pengujian mekanis dengan metode standar mempunyai kepadatan kering maksimum (γ_d maks) 1,485 gr/cm³ dan kadar air optimum (w opt) 24 %

d. Deny Setyadi (2010)

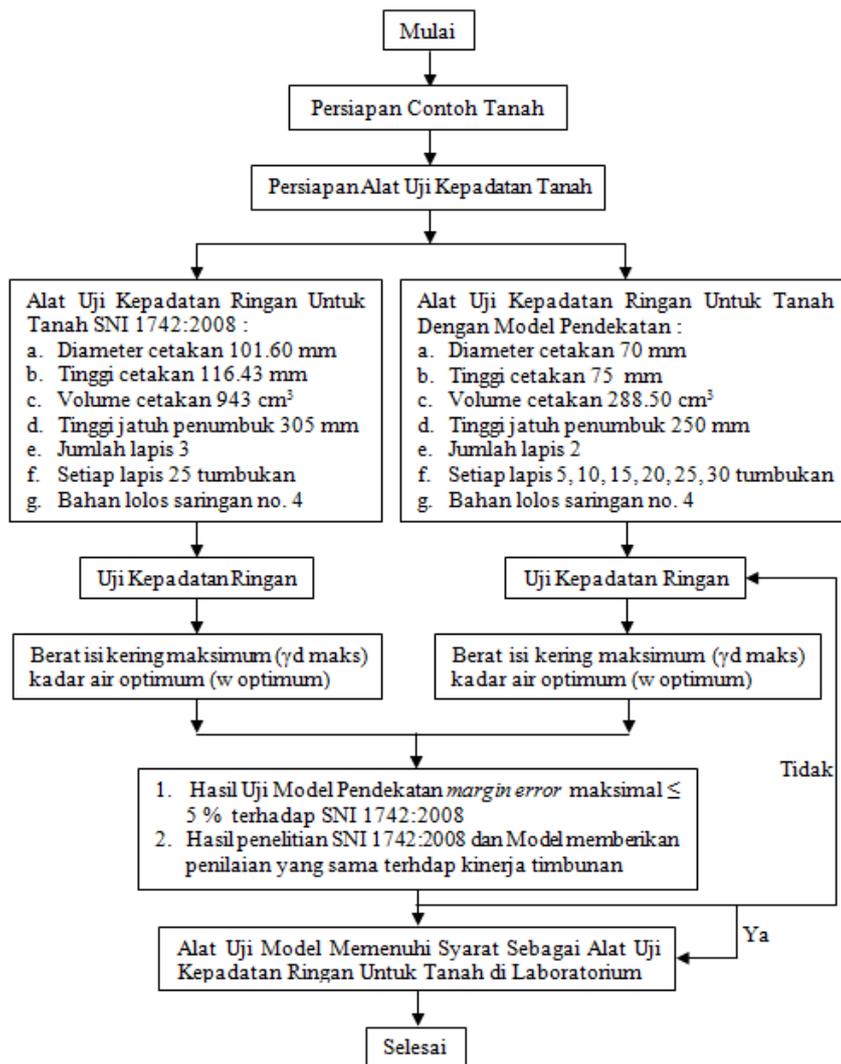
Deni Setyadi (2010) judul *Pengaruh Penambahan Tanah Gadong Pada Stabilisasi Tanah Lempung Tanon Dengan Semen (Studi Kasus Kerusakan Jalan Desa Jono, Tanon, Sragen)* menyatakan bahwa tanah Gadong merupakan tanah lempung berlanau. dengan distribusi butiran sebagai berikut : kerikil (*gravel*) = 0%, pasir (*sand*) = 10%, lanau (*silt*) = 88% dan lempung (*clay*) = 2%. Dari hasil pengujian standar Proctor bahwa tanah ini mempunyai berat kering maksimum (γ_d maks) 1,09 gr/cm³ dan kadar air optimum (w opt) sebesar 37%.

e. Anwar Muda (2011)

Anwar Muda (2011), judul *Stabilisasi Tanah Lempung Bukit Rawi Menggunakan Pasir dan Semen*. Dalam penelitiannya menyatakan bahwa tanah di Desa Bukit Rawi, Kabupaten Pulang Pisau, termasuk tanah jenis berbutir halus dengan lolos saringan no. 200 sebesar 71,42%. Sedangkan dari hasil pengujian standar Proctor didapatkan kepadatan kering maksimum (γ_d maks) 1,415 gr/cm³ dan kadar air optimum (w opt) 26,60%

3. Metode Penelitian

Penelitian dilakukan di Laboratorium Geoteknik Universitas Muhammadiyah Palangkaraya Jl. RTA Milono Km 1,5 Palangka Raya. Metode penelitian mengacu pada diagram alir seperti Gambar 4 berikut.



Gambar 4. Diagram Alir Penelitian

Dalam sebuah penelitian tidak selalu bisa diharapkan betul-betul benar yakin 100%. Karena itu, didalam sebuah penelitian diperlukan seberapa dekat hasil dari sampel dengan hasil kenyataannya (*margin error*). *Margin error* adalah tingkat kesalahan sampel atas populasi yang ditentukan oleh peneliti sebelum melakukan penelitian. Pada umumnya asumsi taraf kesalahan hasil penelitian sudah ditentukan batas kesalahan 5%, Kretjie dan Morgan (www. slideshare.net, diakses 6/8/2014). Pada penelitian ini akan dilakukan asumsi taraf hasil penelitian sampai batas 0.05 atau 5% saja. Maksudnya hanya ada 0,05 atau 5% saja kesalahan karena kebetulan itu terjadi. Jadi, ini menunjukkan bahwa hasil penelitian yang dilakukan yakin 95% bahwa hasil penelitian itu benar.

4. Hasil Dan Pembahasan

a. Pengujian Sifat Fisik Tanah

Hasil pengujian sifat fisik tanah Palangka Raya dapat dilihat pada Tabel 4.1 berikut.

Tabel 3. Sifat fisik tanah Palangkaraya

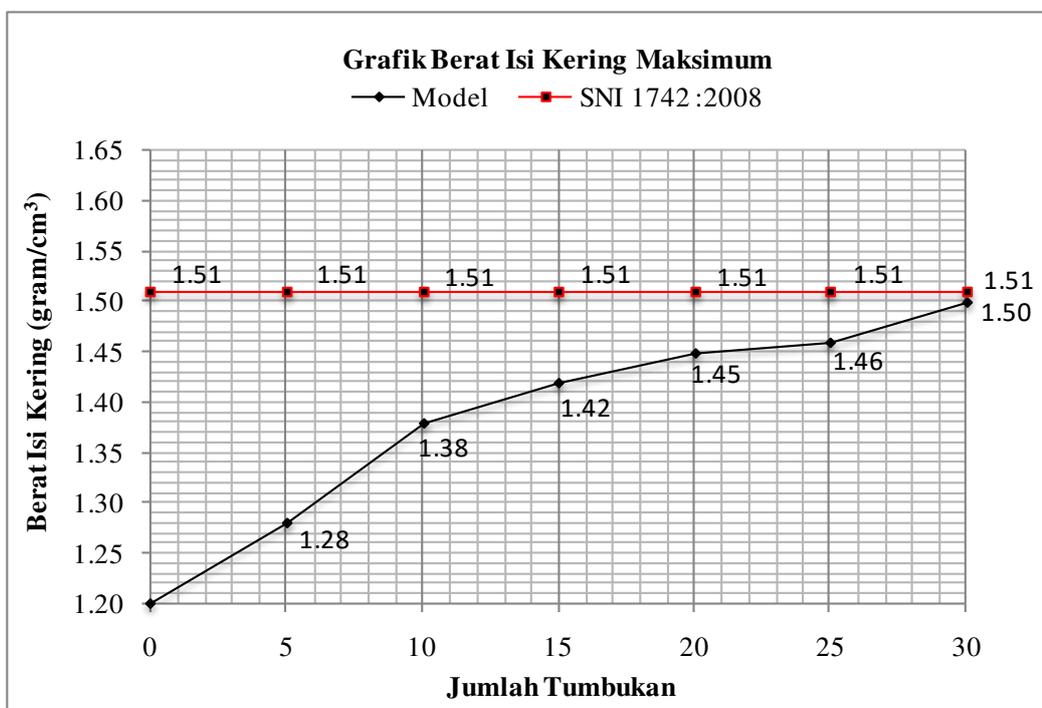
Tipe pengujian	Satuan	Hasil		
		Sampel 1	Sampel 2	Rata-rata
Lolos saringan No. 200	%	90.60	88.10	89.35
Batas plastis	%	26.21	26.09	26.15
Kadar air awal	%	6.15	6.02	6.09
Berat jenis		2.62	2.65	2.64

b. Pengujian Sifat Mekanik Tanah

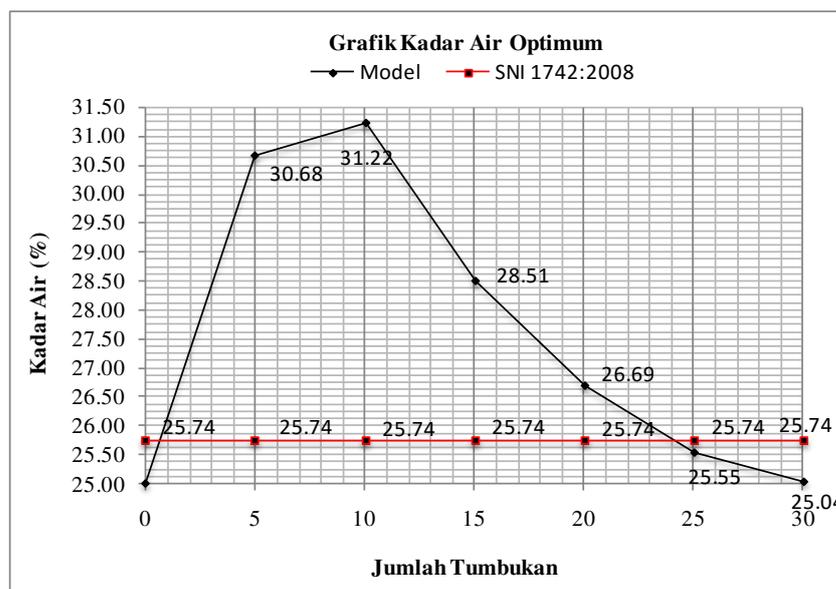
Hasil pengujian sifat mekanik tanah didasarkan alat uji kepadatan ringan untuk tanah di laboratorium SNI 1742:2008 dan Model Pendekatan seperti pada Tabel 4., Gambar 5 dan 6 berikut :

Tabel 4. Pengujian Kepadatan Alat Uji SNI 1742:2008 dan Model

Sampel	Kepadatan Tanah				Tingkat Keyakinan (%)		Margin Error (%)		Batas Margin Error (%)	Rekomendasi
	Model Pendekatan		SNI 1742:2008		γ_d maks gr/cm ³	Wopt %	γ_d maks gr/cm ³	Wopt %		
	γ_d maks gr/cm ³	Wopt (%)	γ_d maks gr/cm ³	Wopt %						
5 tumbukan /lapis	1.28	30.68	1.51	25.74	84.77	119.19	15.23	-19.19	≥ 5%	Ditolak
10 tumbukan/lapis	1.38	31.22			91.39	121.29	8.61	-21.29	≥ 5%	Ditolak
15 tumbukan/lapis	1.42	28.51			94.04	110.76	5.96	-10.76	≥ 5%	Ditolak
20 tumbukan/lapis	1.45	26.69			96.03	103.69	3.97	-3.69	≤ 5%	Ditolak
25 tumbukan/lapis	1.46	25.55			96.69	99.26	3.31	0.74	≤ 5%	Ditolak
30 tumbukan/lapis	1.50	25.04			99.34	97.28	0.66	2.72	≤ 5%	Diterima



Gambar 5. Grafik Berat Isi Kering Maksimum SNI 1742:2008 dan Model



Gambar 6. Grafik Kadar Air Optimum SNI 1742:2008 dan Model

a. Sifat Fisik Tanah

Berdasarkan sifat fisik tanah Palangka Raya pada Tabel 3, bahwa dari uji saringan, tanah ini lolos saringan no. 200 rata-rata sebesar 89,35%. Menurut system klasifikasi Unified (Hardiyatmo, 2012), bahwa tanah ini termasuk sebagai tanah berbutir halus (lanau/lempung), karena tanah ini lolos ayakan saringan no. 200 lebih dari 50%. Sedangkan klasifikasi AASTHO (Hardiyatmo, 2012), bahwa tanah ini termasuk tanah berbutir halus (lanau/lempung), karena dari hasil pengujian, tanah ini lolos saringan no. 200 lebih dari 35%.

Sedangkan dari hasil pengujian berat jenis, bahwa tanah ini memiliki berat jenis (Gs) rata-rata 2,64. Menurut Hardiyatmo (2012), tanah ini mengandung lanau anorganik/lempung organik, karena tanah yang mempunyai berat jenis (Gs) 2,62 - 2,68 termasuk jenis lanau anorganik dan juga termasuk jenis lempung organik, karena tanah ini mempunyai berat jenis (Gs) 2,58 – 2,65.

Dari hasil pengujian batas plastis, tanah ini memiliki batas plastis rata-rata (Gs) rata-rata 26.15%. Menurut system klasifikasi AASTHO (Hardiyatmo, 2012), tanah ini mengandung lempung, karena tanah yang mempunyai batas plastis kurang dari 30% termasuk dalam kelompok A-7-6 yang memiliki jenis tanah berlempung.

b. Sifat Mekanik Tanah

Berdasarkan hasil pengujian kepadatan ringan SNI 1742:2008 seperti pada Tabel 4, Gambar 5 dan Gambar 6, bahwa tanah lempung Palangka Raya mempunyai berat isi

kering maksimum (γ_d maks) 1.51 gr/cm^3 dan kadar air optimum (w opt) 25,74%. Sehingga, kepadatan tanah lempung maksimum dengan SNI 1742:2008 mencapai kadar air optimum (w opt) 25,74% menunjukkan berat kering maksimum (γ_d maks) $1,51 \text{ gr/cm}^3$.

Menurut Gregg (1960), bahwa tanah Palangka Raya termasuk lanau-lempung dengan perkiraan kinerja timbunan buruk sampai bagus, karena dari hasil pengujian tanah ini mempunyai berat volume kering maksimum (γ_d maks) $1,49 - 1,88 \text{ gr/cm}^3$ dan kadar air optimum (w opt) 10 – 30%. Kemudian, tanah ini juga termasuk lempung dengan perkiraan kinerja timbunan buruk sampai sedang, karena dari hasil pengujian tanah ini mempunyai berat volume kering maksimum (γ_d maks) $1,41 - 1,81 \text{ gr/cm}^3$ dan kadar air optimum (w opt) 15 – 30%.

Sedangkan hasil pengujian kepadatan ringan untuk tanah dengan model seperti pada Tabel 4, Gambar 5 dan Gambar 6, bahwa tanah Palangka Raya dipadatkan pada saat 5 tumbukan per lapis mempunyai berat isi kering maksimum (γ_d maks) $1,28 \text{ gr/cm}^3$ dan kadar air optimum (w opt) 30,68%. Hal ini menunjukkan, bahwa kepadatan dengan model terhadap SNI 1742:2008 terdapat tingkat keyakinan $84,77\% \leq 95\%$ dan *margin error* $15,23\% \geq 5\%$ terhadap berat isi kering maksimum (γ_d maks). Kemudian, tingkat keyakinan $119,19\% \geq 95\%$ dan *margin error* $-19,19\% \geq 5\%$ terhadap kadar air optimum (w opt). Sehingga model belum memenuhi syarat sebagai alat uji kepadatan ringan untuk tanah di laboratorium.

Menurut Gregg (1960), tanah ini juga tidak termasuk lanau dan lempung elastic/lempung berlanau elastic dengan perkiraan kinerja timbunan tidak memuaskan, karena dari hasil pengujian tanah ini mempunyai berat volume kering maksimum (γ_d maks) di luar batasan $1,33 - 1,57 \text{ gr/cm}^3$ dan masih dalam batasan kadar air optimum (w opt) 20 – 35%.

Kemudian, tanah dipadatkan saat 10 tumbukan per lapis mempunyai berat isi kering maksimum (γ_d maks) $1,38 \text{ gr/cm}^3$ dan kadar air optimum (w opt) 31,22%. Hal ini menunjukkan, bahwa kepadatan dengan model terhadap SNI 1742:2008 terdapat tingkat keyakinan $91,39\% \leq 95\%$ dan *margin error* $8,61\% \geq 5\%$ terhadap berat isi kering maksimum (γ_d maks). Kemudian, tingkat keyakinan $121,29\% \geq 95\%$ dan *margin error* $-21,29\% \geq 5\%$ terhadap kadar air optimum (w opt). Sehingga model belum memenuhi syarat sebagai alat uji kepadatan ringan untuk tanah di laboratorium.

Menurut Gregg (1960), tanah ini termasuk lanau dan lempung elastic/lempung berlanau elastic dengan perkiraan kinerja timbunan tidak memuaskan, karena dari hasil pengujian tanah ini mempunyai berat volume kering maksimum (γ_d maks) 1,33 – 1,57 gr/cm^3 dan kadar air optimum (w opt) 20 – 35%.

Kemudian, tanah dipadatkan saat 15 tumbukan per lapis mempunyai berat isi kering maksimum (γ_d maks) 1,42 gr/cm^3 dan kadar air optimum (w opt) 28,51%. Hal ini menunjukkan, bahwa kepadatan dengan model terhadap SNI 1742:2008 terdapat tingkat keyakinan $94,04\% \leq 95\%$ dan *margin error* $5,96\% \geq 5\%$ terhadap berat isi kering maksimum (γ_d maks). Kemudian, tingkat keyakinan $110,76\% \geq 95\%$ dan *margin error* $-10,76\% \geq 5\%$ terhadap kadar air optimum (w opt). Sehingga model belum memenuhi syarat sebagai alat uji kepadatan ringan untuk tanah di laboratorium.

Menurut Gregg (1960), tanah ini termasuk lempung dengan perkiraan kinerja timbunan buruk sampai sedang, karena dari hasil pengujian tanah ini mempunyai berat volume kering maksimum (γ_d maks) 1,41 – 1,81 gr/cm^3 dan kadar air optimum (w opt) 15 – 30%.

Selanjutnya, tanah dipadatkan saat 20 tumbukan per lapis mempunyai berat isi kering maksimum (γ_d maks) 1,45 gr/cm^3 dan kadar air optimum (w opt) 26,69%. Hal ini menunjukkan, bahwa kepadatan dengan model terhadap SNI 1742:2008 terdapat tingkat keyakinan $96,03\% \geq 95\%$ dan *margin error* $3,97\% \leq 5\%$ terhadap berat isi kering maksimum (γ_d maks). Kemudian, tingkat keyakinan $103,69\% > 95\%$ dan *margin error* $-3,69\% < 5\%$ terhadap kadar air optimum (w opt). Sehingga, model memenuhi syarat sebagai alat uji kepadatan ringan untuk tanah di laboratorium.

Menurut Gregg (1960), tanah ini termasuk lempung dengan perkiraan kinerja timbunan buruk sampai sedang, karena dari hasil pengujian tanah ini mempunyai berat volume kering maksimum (γ_d maks) 1,41 – 1,81 gr/cm^3 dan kadar air optimum (w opt) 15 – 30%. Walaupun kepadatan tanah dengan *margin error* $\leq 5\%$, namun tidak memiliki penilaian yang sama dengan SNI 1742:2008 untuk kinerja timbunan, maka model belum memenuhi syarat sebagai alat uji kepadatan ringan untuk tanah di laboratorium.

Selanjutnya, tanah dipadatkan saat 25 tumbukan per lapis mempunyai berat isi kering maksimum (γ_d maks) 1,46 gr/cm^3 dan kadar air optimum (w opt) 25,55%. Hal ini menunjukkan, bahwa kepadatan dengan model terhadap SNI 1742:2008 terdapat

tingkat keyakinan $96,69\% \geq 95\%$ dan *margin error* $3,31\% \leq 5\%$ terhadap berat isi kering maksimum (γ_d maks). Kemudian, tingkat keyakinan $99,26\% \geq 95\%$ dan *margin error* $0,74\% \leq 5\%$ terhadap kadar air optimum (w_{opt}). Sehingga, model memenuhi sebagai alat uji kepadatan ringan untuk tanah di laboratorium.

Menurut Gregg (1960), tanah ini termasuk lempung dengan perkiraan kinerja timbunan buruk sampai sedang, karena hasil pengujian tanah ini mempunyai berat isi kering maksimum (γ_d maks) $1,41 - 1,81 \text{ gr/cm}^3$ dan kadar air optimum (w_{opt}) $15 - 30\%$. Walaupun kepadatan tanah dengan *margin error* $\leq 5\%$, namun tidak memiliki penilaian yang sama dengan SNI 1742:2008 untuk kinerja timbunan, maka model belum memenuhi syarat sebagai alat uji kepadatan ringan untuk tanah di laboratorium.

Selanjutnya, tanah dipadatkan saat 30 tumbukan per lapis mempunyai berat isi kering maksimum (γ_d maks) $1,50 \text{ gr/cm}^3$ dan kadar air optimum (w_{opt}) $25,04\%$. Hal ini menunjukkan, bahwa kepadatan dengan model terhadap SNI 1742:2008 terdapat tingkat keyakinan $99,34\% \geq 95\%$ dan *margin error* $0,66\% \leq 5\%$ terhadap berat isi kering maksimum (γ_d maks). Kemudian, tingkat keyakinan $97,28\% \geq 95\%$ dan *margin error* $2,72\% \leq 5\%$ terhadap kadar air optimum (w_{opt}). Sehingga, model memenuhi syarat sebagai alat uji kepadatan ringan untuk tanah di laboratorium.

Menurut Gregg (1960), tanah ini termasuk lanau-lempung dengan perkiraan kinerja timbunan buruk sampai bagus, karena dari hasil pengujian tanah ini mempunyai berat volume kering maksimum (γ_d maks) $1,49 - 1,88 \text{ gr/cm}^3$ dan kadar air optimum (w_{opt}) $15 - 30\%$. Kemudian, tanah ini termasuk lempung dengan perkiraan kinerja timbunan buruk sampai sedang, karena dari hasil pengujian tanah ini mempunyai berat volume kering maksimum (γ_d maks) $1,41 - 1,81 \text{ gr/cm}^3$ dan kadar air optimum (w_{opt}) $15 - 30\%$. Karena kepadatan tanah dengan *margin error* $\leq 5\%$ 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 dan memiliki standar yang sama dengan SNI 1742:2008.

5. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian, maka dapat diberi kesimpulan antara lain :

1. Kepadatan maksimum tanah lempung Palangka Raya berdasarkan SNI 1742:2008 diperoleh berat isi kering maksimum (γ_d maks) $1,51 \text{ gr/cm}^3$ dan kadar air optimum (w_{opt}) $25,74\%$ dan tanah ini termasuk lanau-lempung dengan perkiraan kinerja

timbunan buruk sampai bagus atau lempung dengan perkiraan kinerja timbunan buruk sampai sedang.

2. Kepadatan maksimum tanah lempung Palangka Raya berdasarkan Model sebagai berikut :
 - a. Untuk 5, 10, dan 15 tumbukan per lapis sebanyak 2 lapis mempunyai berat isi kering maksimum (γ_d maks) dan kadar air optimum (w opt) dengan *margin error* $> 5\%$ terhadap SNI 1742:2008 dan tidak 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.
 - b. Untuk 20 dan 25 tumbukan per lapis sebanyak 2 lapis, diperoleh berat isi kering maksimum (γ_d maks) dan kadar air optimum (w opt) dengan *margin error* $< 5\%$ terhadap SNI 1742:2008, namun 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.
 - c. Untuk 30 tumbukan per lapis sebanyak 2 lapis, mempunyai berat isi kering maksimum (γ_d maks) dan kadar air optimum (w opt) dengan *margin error* $\leq 5\%$ 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 dan memiliki standar yang sama dengan SNI 1742:2008.

SARAN

Berdasarkan kesimpulan di atas, maka perlu disarankan sebagai berikut :

1. Model Pendekatan Alat Uji Kepadatan Ringan Untuk Tanah di Laboratorium merupakan salah satu alat uji kepadatan tanah di laboratorium, namun perlu sosialisasi di kalangan dosen, mahasiswa, instansi pemerintah, instansi swasta dan kalangan profesi sebagai bahan masukan serta koreksi terhadap alat ini.
2. Model Pendekatan Alat Uji Kepadatan Ringan Untuk Tanah di Laboratorium belum dapat dijadikan sebagai alat uji kepadatan tanah di laboratorium jika belum mendapat rekomendasi para ahli terhadap alat ini.

DAFTAR PUSTAKA

Deni Setyadi (2010), *Pengaruh Penambahan Tanah Gadong Pada Stabilisasi Tanah Lempung Tanon Dengan Semen (Studi Kasus Kerusakan Jalan Desa Jono, Tanon,*

Sragen, Penelitian Skripsi Program Studi Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Surakarta

Hardiyatmo, H.C, (2012), *Mekanika Tanah 1, Edisi Keenam*, Gajah Mada University Press, Yogyakarta

Hartosukma E.W (2005), *Perilaku Tanah Lempung Ekspansif Karangawen Demak Akibat Penambahan Semen dan Fly Ash Sebagai Stabilizing*, Penelitian Tesis Program Magister Teknik Sipil Universitas Diponegoro, Semarang.

<http://ivanfaisalrahman.hyperphp.com>, Menghitung Margin Error, diakses 13 Desember 2015

<http://unitedgank007.blogspot.co.id/2016/01/pemadatan-tanah.html>

<http://www.diskusilepas.com>, *Margin Error*, diakses 13 Desember 2015

Kretjie dan Morgan ([www. slideshare.net](http://www.slideshare.net)), diakses 6 Agustus 2014.

Muda, A (2011), *Stabilisasi Tanah Lempung Bukit Rawi Menggunakan Pasir dan Semen*, Tesis, Program Studi Magister Teknik Sipil Universitas Lambung Mangkurat, Banjarmasin

SNI 03-1966-1990, *Metode Pengujian Batas Plastis Tanah*

SNI 1742:2008, *Pengujian Kepadatan Ringan Untuk Tanah*

SNI 1964:2008, *Cara Uji Berat Jenis Tanah*

SNI 1965:2008, *Cara Uji Penentuan Kadar Air Untuk Tanah dan Batuan di Laboratorium*

SNI 3423:2008, *Cara Uji Analisis Ukuran Butir Tanah*

Warsiti, (2009), *Jurnal Wahana TEKNIK SIPIL Vol. 14 No. 1, April 2009*, Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Semarang

Yuniarti, R (2008), *Media Teknik Sipil*, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Mataram