Journal of Innovative and Creativity
Journal Homepage: https://joecy.org/index.php/joecy
e-mail: journaljoecy@gmail.com

Faculty of Education
University of Pahlawan Tuanku Tambusai
ISSN 2775-771X (Online)
ISSN 2962-570X **(Printed)**
5 (3) 2025, Page: 30236-30248

Analisa Nilai *Dynamic Cone Penetrometer* (DCP) Dan Uji *Sand Cone* Terhadap Kepadatan Tanah Dalam Suatu Sumur Uji

Esterlina Trifena Adolfina Johansz[1], Abraham Kalalimbong[2], Mansye Ronal Ayal[3]
[1,2,3]Program Studi Teknik Sipil, Jurusan Teknik Perkapalan, Fakultas Teknik, Universitas Pattimura, Ambon
Email: esterjohanszzz@gmail.com, akalalimbong@gmail.com, manse_ronal@yahoo.co.id

Published: November, 2025

ABSTRAK

Soil density is one of the important parameters in evaluating soil quality for construction. At the Bukit Hijau Urimessing housing location, there are often cracks in buildings and small landslides that are suspected to be caused by low soil density. Therefore, this study was conducted to analyze the level of soil density and/or compaction at the location and analyze the relationship between the value of the Dynamic Cone Penetrometer (DCP) and the results of the Sand Cone test in determining soil density. This research was carried out by experimental methods in the field and in the laboratory. The DCP test is carried out to obtain the soil carrying capacity (CBR) value, while the Sand Cone test is used to regulate the dry density of the soil. Correlation analysis was carried out to determine the relationship between the two parameters in determining soil density. The results of the study showed that compaction testing in the laboratory became a reference standard for evaluating the success of soil compaction in the field and that there was a negative correlation between the DCP value and the Sand Cone test with the determination coefficient value of R2 = 0.84. This shows that 84.9% of the variation in soil density can be explained by the DCP value, with the opposite relationship pattern, namely the higher the DCP value, the lower the soil density of the Sand Cone test. Based on statistical analysis, the H1 research hypothesis, namely that there is a relationship between the DCP value and soil density from the Sand Cone test results, is acceptable. The results of this study are expected to be a reference in planning and improving soil quality to reduce the risk of cracks and landslides at the location.

Keywords: *Dynamic Cone Penetrometer (DCP), Sand Cone, Soil Density, Soil Compaction Test*

ABSTRACT

Kepadatan tanah merupakan salah satu parameter penting dalam evaluasi kualitas tanah untuk konstruksi. Di lokasi perumahan Bukit Hijau Urimessing, sering terjadi retakan pada bangunan dan longsor kecil yang diduga disebabkan oleh rendahnya kepadatan tanah. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk menganalisis tingkat kepadatan dan atau pemadatan tanah di lokasi serta menganalisis adanya hubungan antara nilai *Dynamic Cone Penetrometer* (DCP) dan hasil uji *Sand Cone* dalam menentukan kepadatan tanah. Penelitian ini dilakukan dengan metode eksperimen di lapangan dan di laboratorium. Pengujian DCP dilakukan untuk mendapatkan nilai daya dukung tanah (CBR), sedangkan uji *Sand Cone* digunakan untuk mengatur kepadatan kering tanah. Analisis korelasi dilakukan untuk mengetahui hubungan antara kedua parameter tersebut dalam menentukan kepadatan tanah. Hasil penelitian menunjukkan pengujian pemadatan di laboratorium menjadi standar acuan untuk mengevaluasi keberhasilan pemadatan tanah di lapangan dan adanya korelasi negatif antara nilai DCP dan uji *Sand Cone* dengan nilai koofisien determinasi R2 = 0.84. hal ini menunjukkan bahwa 84,9% variasi dalam kepadatan tanah dapat dijelaskan oleh nilai DCP, dengan pola hubungan yang berlawanan yaitu semakin tinggi nilai DCP semakin rendah kepadatan tanah dari uji *Sand Cone*. Berdasarkan analisis statistic, hipotesis penelitian H1, yaitu terdapat hubungan antara nilai DCP dan kepadatan tanah dari hasil uji *Sand Cone*, dapat diterima. Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi acuaan dalam perencanaan dan perbaikan kualitas tanah untuk mengurangi risiko retakan dan longsor di lokasi tersebut.

Kata kunci: *Dynamic Cone Penetrometer* (DCP), *Sand Cone*, Kepadatan Tanah, Uji Pemadatan Tanah

© The Author(s). 2021 Open Access This article is licensed under a Creative Commons Atibution 4.0 International License, which permits use, sharing, adaptation, distribution and reproduction in any medium or format, as long as you give appropriate credit to the original author(s) and the source, provide a link to the Creative Commons licence, and indicate if changes were made. The images or other third party material in this article are included in the article's Creative Commons licence, unless indicated otherwise in a credit line to the material. To view a copy of this licence, visit http://creativecommons.org/licenses/by/4.0

PENDAHULUAN

Tanah mempunyai peranan penting dalam konstruksi. Salah satunya dalam pekerjaan tapak. Tanah adalah material yang terdiri dari agregat (butiran) mineral-mineral padat yang terikat secara kimia satu dengan yang lain dan bahan-bahan organik yang telah melapuk (partikel padat) disertai zat cair dan udara yang mengisi ruang-ruang kosong diantara partikel-partikel padat tersebut. (Das, 1993). Tanah dari pandangan ilmu Teknik Sipil merupakan himpunan mineral, bahan organik dan endapan-endapan yang relatif lepas (*loose*) yang terletak di atas batu dasar (*bedrock*). (Hardiyatmo,H.C., 1992). Salah satu kondisi yang menentukan daya dukung tanah adalah kepadatan tanah, untuk menentukan kepadatan tanah dilakukan pengujian-pengujian yakni DCP (*Dynamic Cone Penetrometer*) dan *Sand Cone Test*.

Penelitian yang dilakukan oleh Alfarizt Wicaksana & Gurawan Djati Wibowo tentang "Analisa kepadatan tanah menggunakan *Sand Cone* pada peningkatan tanggul pantai di kota pekalongan" Vol. 8 No. 1 (2024) Penelitian ini berfokus pada analisis kepadatan tanah menggunakan metode *Sand Cone* pada peningkatan struktur tanggul pantai di kota pekalongan, hasil yang diperoleh: Kepadatan tanah yang diperoleh memenuhi syarat yang dibutuhkan. dari hasil pengujian pemadatan, diperoleh nilai kadar optimum sebesar 35,80%, juga adanya pengujian batas-batas atterberg menunjukkan bahwa nilai batas cair (LL) sebesar 52,90%, nilai batas plastis (PL) sebesar 32,69% dan indeks plastisitas (IP) sebesar 20,21%. Hasil ini menunjukkan bahwa tanah tersebut bersifat plastisitas tinggi dan berjenis tanah lempung (*clay*). pengujian kuat geser langsung menunjukan nilai kohesi dan nilai sudut geser. Hasil ini menunjukkan bahwa tanah tersebut berjenis kerikil Berpasir dan bersifat padat. Sehingga metode *Sand Cone* digunakan sebagai salah satu bentuk uji lapangan yang efektif dan efisien untuk mengevaluasi kepadatan tanah asli atau hasil pemadatan. Hasil analisis dengan kepadatan tanah dengan metode *Sand Cone* sangat penting dalam menentukan jenis tanah yang digunakan dalam konstruksi dan sebagai pedoman dalam menghitung kekuatan dan tegangan yang diperlukan pada struktur tanggul pantai.

Penelitian ini dilakukan di Perumahan Bukit Hijau Urimessing Kusu-Kusu Sereh. Menurut Peta Sumber Daya Tanah Maluku skala 1:1.000.000 yang diterbitkan (Pusat penelitian Tanah dan Agroklimat tahun 2020) jenis tanah di daerah Kusu-kusu Sereh tergolong dalam jenis tanah Volkanik. Dalam teknik sipil jenis tanah volkanik tergolong ke dalam jenis tanah lempung vulkanik dikarenakan tanahnya berwarna merah bata, coklat, atau abu-abu, sangat plastis dikarenakan mudah dibentuk dan mempertahankan bentuknya saat basah, memiliki kemampuan menyerap air yang tinggi karena jika terkena air, dia akan menyerap airnya dan menjadi lunak. Di lokasi ini sering terjadi longsor, dan masih terdapat pembangunan yang berkelanjutan yakni pembangunan perumahan, selain itu terdapat beberapa keluhan dari masyarakat penghuni perumahan bahwa bangunan rumah mereka lebih cepat mengalami kerusakan seperti keretakan pada dinding/tembok, hal ini dapat terjadi karena tanah cenderung mengalami penurunan atau pengenduran (*Subsidence*) yang disebabkan oleh tingkat kepadatan tanah yang rendah sehingga menyebabkan tanah tidak dapat menahan beban struktur secara merata sehingga terjadi penurunan tanah (Martini,2009). maka dari itu pengujian kepadatan tanah penting dilakukan di lokasi ini sehingga bisa ditindaklanjuti oleh perusahaan dan akan mencegah bahaya longsor, keretakan dan ketidakstabilan tanah yang dapat membahayakan keamanan dan efisiensi di lokasi proyek serta meningkatkan kekuatan tanah. Penelitian ini memiliki perbedaan dengan penelitian-penelitian yang sebelumnya yakni memakai dan menganalisakan dua pengujian secara langsung sedangkan penelitian-penelitian sebelumnya hanya menggunakan masing-masing satu pengujian saja, hal ini yang berarti akan membuka wawasan terkait pengujian tanah terkhususnya pada kepadatan tanah, serta apakah terdapat hubungan antara kedua pengujian tersebut. Berdasarkan latar belakang tersebut maka peneliti mengambil judul "Analisa Nilai *Dynamic Cone Penetrometer* (DCP) dan uji *Sand Cone* terhadap Kepadatan Tanah dalam suatu Sumur Uji".

METODE

Di dalam penelitian ini menggunakan metode eksperimen karena menggunakan alat DCP (*Dynamic Cone Penetrometer*) dan *Sand Cone* untuk mengukur kepadatan tanah dalam satu sumur uji. Penelitian ini

dilakukan dengan cara mengumpulkan data dari pengujian DCP dan *Sand Cone* dan kemudian melakukan analisis untuk mengetahui hubungan atau perbedaan antara nilai kedua pengujian. Penelitian ini menggunakan metode kuantitatif untuk mengukur dan menganalisis nilai DCP dan *Sand Cone*, yang masing-masing menghasilkan nilai kepadatan tanah yang dapat dihitung dan diinterpretasikan secara numerik. Teknik pengumpulan data yang digunakan adalah observasi dengan melakukan beberapa ekperimen.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian Pemadatan Tanah

Pengujian pemadatan tanah berjutuan untuk mencari nilai kepadatan maksimum/berat volume kering tanah maksimum (*Maximum Dry Density/MDD*) dan kadar air optimum (*Optimum Moisture Content/OMC*) dari suatu sampel. Hasil dari pengujian pemadatan tanah ditunjukkan pada tabel 4.9 - 4.11

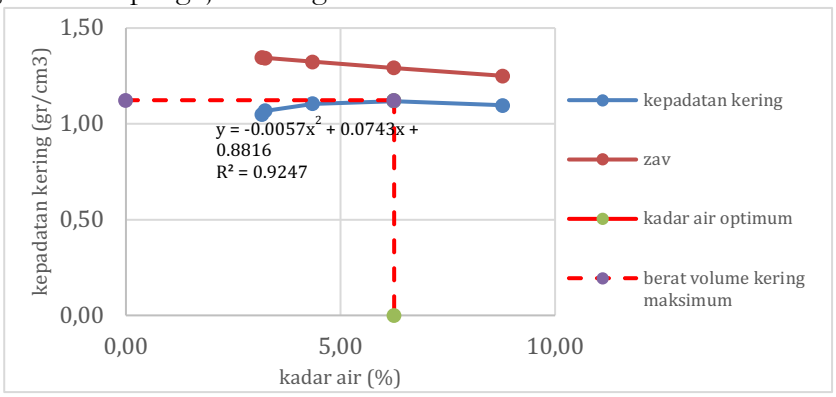
1. **Sampel 1**

Tabel 1. Hasil Uji Pemadatan Tanah Sampel 1

sampel	1	2	3	4	5
kadar air	3,17	3,24	4,35	6,25	8,78
pemadatan kering (gr/cm3)	1,05	1,07	1,11	1,12	1,10
ZAV	1,35	1,34	1,32	1,29	1,25
berat jenis	1,41				
OMC (%)	6,25				
MDD (gr/cm3)	1,123				

Sumber: Hasil pengujian

Berdasarkan tabel 1 hasil uji pemadatan tanah sampel 1 diperoleh nilai *Optimum Moisture Content* (OMC) sebesar 6,25% dan *Maximum Dry Density* (MDD) sebesar 1,123 g/cm^3. Nilai ini menunjukkan daya dukung yang cukup baik, namun tidak terlalu tinggi yang mengindikasikan bahwa tanah ini tergolong sebagai tanah dengan kepadatan sedang. (SNI 03-1740-2002). Di bawah ini dapat digambarkan grafik hasil pengujian sebagai berikut.



Gambar 1. Grafik Pengujian Pemadatan Tanah Sampel 1

Berdasarkan Gambar 1 yang merupakan grafik hubungan antara kadar air dan berat volume kering, maka didapatkan yaitu nilai OMC= 6.25% dan nilai MDD= 1.123 gr/cm^3. kemudian dilakukan perhitungan nilai *Zero A6ir Void* (ZAV) jika dilihat dari grafik tersebut kurva yang dihasilkan antara kedua buah grafik tidak saling bersinggungan.

Berdasarkan hasil pengujian pemadatan pada titik 1 untuk menentukan nilai ZAV, maka menggunakan perhitungan sebagai berikut.

$$ZAV = \frac{Gs}{(1+(\frac{W}{100})\times 100)\times Gs}$$

Dengan:

G_s = Berat Jenis

W= Kadar air

Nilai ZAV pada cawan No 1 = $\frac{1{,}41}{(1+(\frac{3{,}17}{100})\times 100)\times 1{,}41}$

ZAV = 1,35 gr/cm³

Nilai ZAV pada cawan No 2 = $\frac{1{,}41}{(1+(\frac{3{,}24}{100})\times 100)\times 1{,}41}$

ZAV = 1,344 gr/cm³

Nilai ZAV pada cawan No 3 = $\frac{1{,}41}{(1+(\frac{4{,}35}{100})\times 100)\times 1{,}41}$

ZAV = 1,324 gr/cm³

Nilai ZAV pada cawan No 4 = $\frac{1{,}41}{(1+(\frac{6{,}25}{100})\times 100)\times 1{,}41}$

ZAV = 1,292 gr/cm³

Nilai ZAV pada cawan No 5 = $\frac{1{,}41}{(1+(\frac{8{,}78}{100})\times 100)\times 1{,}41}$

ZAV = 1,251 gr/cm

2. Sampel 2

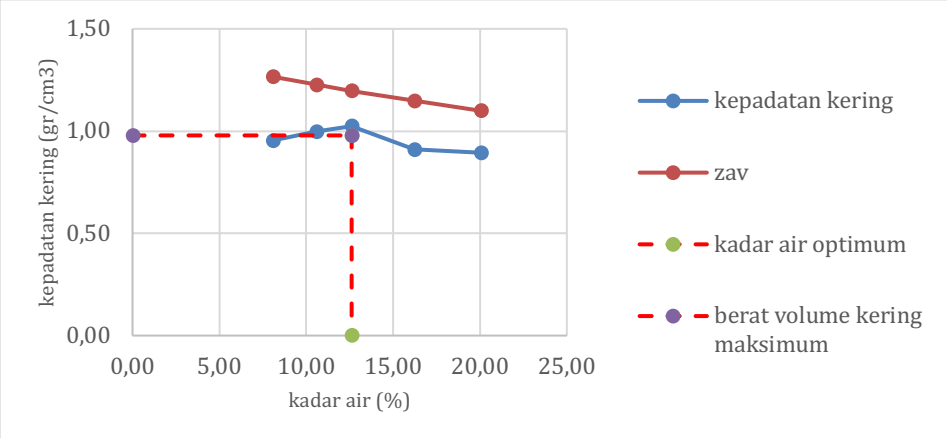
Tabel 2. Hasil Uji Pemadatan Tanah Sampel 2

Sampel	1	2	3	4	5
kadar air	8,10	10,61	12,61	16,22	20,08
pemadatan kering (gr/cm3)	0,95	1,00	1,02	0,91	0,89
ZAV	1,27	1,23	1,20	1,15	1,10
berat jenis	1,41				
OMC (%)	12,61				
MDD (gr/cm3)	0,979				

Sumber: hasil pengujian

Berdasarkan tabel 2 hasil uji pemadatan tanah sampel 1 diperoleh nilai *Optimum Moisture Content* (OMC) sebesar 12,61% dan *Maximum Dry Density* (MDD) sebesar 0,979 g/cm³. Nilai ini menunjukkan daya dukung yang cukup baik, namun tidak terlalu tinggi yang mengindikasikan bahwa tanah ini membutuhkan penambahan material untuk meningkatkan kepadatan dan daya dukung tanah. (SNI 03-1740-2002)

Di bawah ini dapat dilihat grafik pengujian pemadatan pada titik 2



Gambar 2. Grafik Pengujian Pemadatan Tanah Sampel 2

Berdasarkan Gambar 2 yang merupakan grafik hubungan antara kadar air dan berat volume kering, maka didapatkan yaitu nilai OMC= 12.61% dan nilai MDD= 0.979 gr/cm³. Kemudian *Zero Air Void* (ZAV) jika dilihat dari grafik tersebut kurva yang dihasilkan antara kedua buah grafik tidak saling bersinggungan.

Berdasarkan hasil pengujian pemadatan pada titik 1 untuk menentukan nilai ZAV, maka menggunakan perhitungan sebagai berikut.

$$ZAV = \frac{Gs}{(1+(\frac{W}{100})\times 100)\times Gs}$$

Dengan:

G_s = Berat Jenis

W= Kadar air

Nilai ZAV pada cawan No 1 = $\frac{1,41}{(1+(\frac{8,10}{100})\times 100)\times 1,41}$

ZAV = 1,27 gr/cm³

Nilai ZAV pada cawan No 2 = $\frac{1,41}{(1+(\frac{10,61}{100})\times 100)\times 1,41}$

ZAV = 1,23 gr/cm³

Nilai ZAV pada cawan No 3 = $\frac{1,41}{(1+(\frac{12,61}{100})\times 100)\times 1,41}$

ZAV = 1,20 gr/cm³

Nilai ZAV pada cawan No 4 = $\frac{1,41}{(1+(\frac{16,22}{100})\times 100)\times 1,41}$

ZAV = 1,15 gr/cm³

Nilai ZAV pada cawan No 5 = $\frac{1,41}{(1+(\frac{20,08}{100})\times 100)\times 1,41}$

ZAV = 1,10 gr/cm

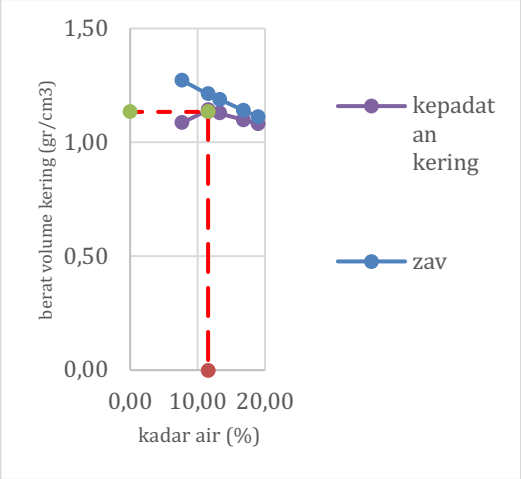
3. Sampel 3

Tabel 3. Hasil Uji Pemadatan Tanah Sampel 3

sampel	1	2	3	4	5
kadar air	7,66	11,56	13,25	16,76	19,02
pemadatan kering (gr/cm3)	1,09	1,14	1,13	1,10	1,08
ZAV	1,27	1,21	1,19	1,14	1,11
berat jenis	1,41				
OMC (%)	11,56				
MDD (gr/cm3)	1,178				

Sumber: hasil pengujian

Berdasarkan tabel 3 hasil uji pemadatan tanah sampel 1 diperoleh nilai *Optimum Moisture Content* (OMC) sebesar 11,56% dan *Maximum Dry Density* (MDD) sebesar 1,178 g/cm³. Nilai ini menunjukkan bahwa tanah tidak terlalu padat dan memiliki cukup banyak ruang pori di dalamnya sehingga membutuhkan penanganan lebih. (SNI 03-1740-2002). Di bawah ini dapat digambarkan grafik hasil pengujian sebagai berikut.



Gambar 3. Grafik Pengujian Pemadatan Tanah Sampel 3

Berdasarkan Gambar 3 yang merupakan grafik hubungan antara kadar air dan berat volume kering, maka didapatkan yaitu nilai OMC= 11,56% dan nilai MDD= 1,178 gr/cm³. Kemudian *Zero Air Void* (ZAV) jika dilihat dari grafik tersebut kurva yang dihasilkan antara kedua buah grafik tidak saling bersinggungan.

Berdasarkan hasil pengujian pemadatan pada titik 1 untuk menentukan nilai ZAV, maka menggunakan perhitungan sebagai berikut.

$$ZAV = \frac{Gs}{(1+(\frac{W}{100})\times 100)\times Gs}$$

Dengan:

G_s = Berat Jenis

W= Kadar air

Nilai ZAV pada cawan No 1 = $\frac{1,41}{(1+(\frac{7,66}{100})\times 100)\times 1,41}$

ZAV = 1,27 gr/cm³

Nilai ZAV pada cawan No 2 = $\frac{1,41}{(1+(\frac{11,56}{100})\times 100)\times 1,41}$

ZAV = 1,21 gr/cm³

Nilai ZAV pada cawan No 3 = $\frac{1,41}{(1+(\frac{13,25}{100})\times 100)\times 1,41}$

ZAV = 1,19 gr/cm³

Nilai ZAV pada cawan No 4 = $\frac{1,41}{(1+(\frac{6,25}{100})\times 100)\times 1,41}$

ZAV = 1,14 gr/cm³

Nilai ZAV pada cawan No 5 = $\frac{1,41}{(1+(\frac{8,78}{100})\times 100)\times 1,41}$

ZAV = 1,11 gr/cm

Dari grafik pada gambar 4.4 – 4.6 yang ditunjukkan pada pengujian seluruh sampel tanah, diketahui bahwa kurva *Zero Air Void* (ZAV) tidak saling bersinggungan dengan kurva kerapatan kering. Hal ini berarti kerapatan kering yang digambarkan grafik sampel tanah dengan kadar air optimum tidak melebihi kerapatan kering dari tanah dengan kondisi derajat kejenuhan (S_r) 100%. Kurva ZAV ini juga menunjukkan posisi tingkat kepadatan tanah maksimal teoritis yang dapat dicapai jika tanah tersebut sangat padat dan tanpa rongga udara. Kondisi ZAV sulit diterapkan dalam Pratik, karena rongga udara tidak mungkin dikeluarkan 100% Ketika pemadatan dilakukan baik itu di lapangan ataupun di laboratorium. Namun kurva ZAV tersebut sangat berperan terhadap aspek pemadatan yang dilakukan. Puncak ZAV menunjukkan posisi kepadatan tanah maksimum dan kadar air optimum (OMC) yang sering digunakan sebagai acuan dalam perkerjaan pemadatan lapangan.

Tabel 4. Rekapitulasi Hasil Pengujian Pemadatan Tanah

Sampel tanah	Titik 1	Titik 2	Titik 3
OMC (Wopt)%	6.25	12.61	11.56
MDD (γd-max)%	1.123	0.979	1.178

Sumber: hasil perhitungan

Berdasarkan Tabel 4 diperoleh nilai rata-rata kadar air optimum (OMC) dan kepadatan kering (MDD) yang menunjukkan perbedaan tingkat pemadatan dan daya dukung. Titik 1 daya dukung cukup baik; titik 2 cukup baik tapi tidak terlalu tinggi, dan titik 3 kurang.

Pengujian *Dynamic Cone Penetrometer* (DCP)

Pengujian ini dimaksudkan untuk mengukur tingkat kepadatan dan daya dukung tanah berdasarkan nilai penetrasi konus DCP pada beberapa titik pengujian di lokasi perumahan bukit hijau urimessing. Hasil pengujian DCP ditunjukkan pada tabel 5-7.

1. **Sampel 1**

Tabel 5. Hasil Pengujian DCP Titik 1

Jumlah Tumbukan Kumulatif	Penetrasi Kumulatif (mm)	nilai DCP (mm/blow)	nilai cbr insitu (%)
0	0	28,97	7,83
1	15		
3	43		
5	70		
10	195		
15	334		
20	487		
25	635		
30	845		
35	1000		

Sumber: hasil pengujian

Berdasarkan tabel 5 untuk titik 1 diatas, dapat dihitung nilai DCP (mm/blow) dan CBR insitu dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

DCP (mm/blow)

$$\text{DCP} = \frac{\text{(nilai penetrasi akhir} - \text{nilai penetrasi awal)}}{\text{(Nilai kumulatif tumbukan akhir} - \text{nilai kumulatif tumbukan awal)}}$$

$$= \frac{(1000-15)}{35-1}$$

$$= 28{,}97 \text{ mm/blow}$$

CBR in situ (%) $= 10^{(2{,}8135 - 1{,}313 \times \log_{10}(\text{DCP}))}$

$= 10^{(2{,}8135 - 1{,}313 \times \log_{10}(28.97))}$

$= 7{,}83\ \%$

Berdasarkan hasil perhitungan nilai DCP sampel 1 diatas maka didapat nilai DCP titik 1 sebesar 28,97 mm/blow, dan CBR in situ sebesar 7,83%. CBR pada titik 1 berada di kategori sedang. (Bowles, 1992)

2. **Sampel 2**

Tabel 6. Hasil Pengujian DCP Titik 2

Jumlah Tumbukan Kumulatif	Penetrasi Kumulatif (mm)	nilai DCP (mm/blow)	nilai cbr insitu (%)
0	0	32,83	6,65
1	15		
3	37		
5	52		
10	102		
15	430		
20	752		
25	903		
30	985		
31	1000		

Sumber: hasil pengujian

Berdasarkan tabel 6 untuk titik 2 diatas, dapat dihitung nilai DCP (mm/blow) dan CBR insitu dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

DCP (mm/blow)

$$\text{DCP} = \frac{\text{(nilai penetrasi akhir} - \text{nilai penetrasi awal)}}{\text{(Nilai kumulatif tumbukan akhir} - \text{nilai kumulatif tumbukan awal)}}$$

$$= \frac{(1000-15)}{31-1}$$

$$= 32{,}83 \text{ mm/blow}$$

CBR in situ (%) $= 10^{(2{,}8135 - 1{,}313 \times \log_{10}(\text{DCP}))}$

$= 10^{(2{,}8135 - 1{,}313 \times \log_{10}(32{,}83))}$

$= 6{,}65\ \%$

Berdasarkan hasil perhitungan nilai DCP sampel 1 diatas maka didapat nilai DCP sampel 1 sebesar 32,83 mm/blow, dan CBR in situ sebesar 6,65%. CBR di titik 2 berada di kategori Rendah-Sedang. (Bowles, 1992)

3. Sampel 3

Tabel 7. Hasil Pengujian DCP Titik 3

Jumlah Tumbukan Kumulatif	Penetrasi Kumulatif (mm)	nilai DCP (mm/blow)	nilai cbr insitu (%)
0	0	55,19	3,36
1	117		
3	355		
4	410		
5	445		
6	520		
7	635		
8	704		
9	755		
10	850		
11	978		
12	1000		

Sumber: hasil pengujian

Berdasarkan tabel untuk titik 3 diatas, dapat dihitung nilai DCP (mm/blow) dan CBR insitu dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

DCP (mm/blow)

$$\text{DCP} = \frac{\text{(nilai penetrasi akhir} - \text{nilai penetrasi awal)}}{\text{(Nilai kumulatif tumbukan akhir} - \text{nilai kumulatif tumbukan awal)}}$$

$$= \frac{(1000 - 117)}{17 - 1}$$

$= 55{,}19$ mm/blow

CBR in situ (%) $= 10^{(2{,}8135 - 1{,}313 \times \log_{10}(\text{DCP}))}$

$= 10^{(2{,}8135 - 1{,}313 \times \log_{10}(55{,}19))}$

$= 3{,}36\ \%$

Berdasarkan hasil perhitungan nilai DCP sampel 1 diatas maka didapat nilai DCP titik 3 sebesar 55,19 mm/blow, dan CBR in situ sebesar 3,36 %. CBR pada titik 3 berada di kategori Rendah-Sedang. (Bowles, 1992).

Pengujian *Sand Cone*

Pengujian ini dimaksudkan untuk mengukur tingkat kepadatan berdasarkan nilai kepadatan kering lapangan dan kepadatan kering maksimum pada beberapa titik pengujian di lokasi perumahan bukit hijau urimessing Hasil pengujian *Sand Cone* ditunjukkan pada tabel 8/

Tabel 8. Hasil Pengujian *Sand Cone*

Parameter	Satuan	Nilai		
		titik 1	titik 2	titik 3
Berat botol kosong + corong (W1)	gr	706	706	706

Berat botol penuh air + corong (W2)	gr	5600	5600	5600
Berat botol + corong + pasir penuh (W3)	gr	6850	6850	6850
Berat sisa pasir + botol + corong (W6)	gr	5050	5495	5610
Berat air dalam botol (W2-W1)	gr	4894	4894	4894
Berat pasir (W3-W1)	gr	6144	6144	6144
Berat isi pasir	gr/cm3	1,25	1,26	1,26
Berat pasir dalam lubang (W3-W6)	gr	1800	1440	992
Volume lubang :	gr	1440	1147,03	790,177
Vbotol = w2 - w1	gr	4894	4894	4894
kadar air tanah (w)	%	12,157	23,21	49,89
Berat volume tanah basah	gr/cm3	1,1	0,95	1,24
Berat volume tanah kering	gr/cm3	0,98	0,77	0,83
kepadatan relative	%	87,59	76,68	70,14

Sumber: hasil pengujian

Berdasarkan tabel dapat dilihat perhitungan kepadatan relatif berdasarkan persamaan 2.7

Kepadatan relatif (%) = $\frac{\text{kepadatan kering lapangan}}{\text{kepadatan kering maksimum}} \times 100\%$

Titik I $= \frac{0,98}{1,123} \times 100\%$

= 87,59 %

Titik II $= \frac{0,77}{0,979} \times 100\%$

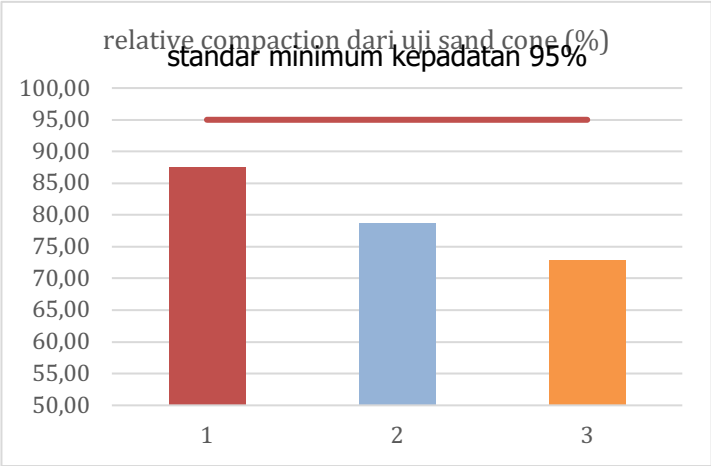
= 76,68 %

Titik III $= \frac{0,83}{1,134} \times 100\%$

= 72,86 %

Berdasarkan perhitungan kepadatan relatif dari tabel 4.15 diperoleh nilai tingkat kepadatan pada titik I 87,59%; tingkat kepadatan pada titik II 76,68%; dan tingkat kepadatan pada titik III 70,14%. Untuk lapis pondasi, kepadatan relatif yang disarankan umumnya harus mencapai 95% atau lebih dari kepadatan maksimum. (SNI 03-1740-2002)

Berikut di bawah ini grafik *relative compaction* pengujian ini



Gambar 4.Grafik Kepadatan Relatif Uji *Sand Cone*

Berdasarkan gambar dapat diketahui bahwa ketiga titik belum memenuhi standar pemadatan yakni minimum 95%. (Terzaghi dan peck, 1948)

Oleh karena itu perlu peningkatan pemadatan pada titik di lokasi perumahan bukit hijau urimessing agar dapat menahan beban yang diterapkan tanpa mengalami penurunan volume yang signifikan.

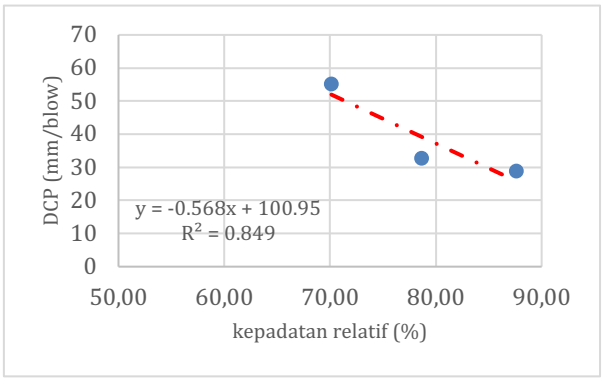
Hubungan *Dynamic Cone Penetrometer* Dan *Sand Cone Test*

Hubungan antara metode *Dynamic Cone Penetrometer* (DCP) dan *Sand Cone* dalam pengujian kepadatan tanah terletak pada tujuan yang sama, yaitu menilai kepadatan dan daya dukung tanah, tetapi dengan prinsip pengujian yang berbeda.

Uji pemadatan proctor dilakukan di laboratorium untuk menentukan kepadatan kering maksimum dan kandungan air optimum, hasil dari uji proctor ini menjadi standar acuan untuk mengevaluasi keberhasilan pemadatan tanah di lapangan.

Uji Sandcone mengukur kepadatan tanah hasil pemadatan di lapangan, hasil pengukuran dibandingkan dengan MDD hasil dari uji proctor untuk mendapatkan presentase kepadatan tanah, jika hasilnya mencapai target yang ditentukan (95%MDD) maka pemadatan dianggap memenuhi syarat

Uji DCP digunakan untuk mengukur daya dukung tanah secara cepat di lapangan, nilai DCP dapat dikorelasikan dengan CBR dan kepadatan tanah. Jika penetrasi DCP tinggi (mudah menembus) menunjukkan tanah kurang padat, sebaliknya jika penetrasi rendah, tanah lebih padat dan memiliki daya dukung lebih tinggi



Gambar 5. Grafik Korelasi Nilai DCP Dan *Sand Cone*

Pada grafik ditunjukkan nilai koofisien determinasi (R^2) antara pengujian DCP dan *Sand Cone* adalah 0.849 yang menunjukkan bahwa ada hubungan yang cukup kuat antara kedua metode pengujian kepadatan ini, sekitar 84.9% variasi dalam data *Sand Cone* dapat dijelaskan oleh data DCP ini menunjukkan bahwa hasil uji DCP memiliki korelasi yang cukup tinggi dengan hasil uji *Sand Cone*. Namun, masih ada sekitar 15.1% variasi yang tidak dijelaskan yang bisa disebabkan oleh faktor seperti

heterogenitas tanah, atau kondisi lapangan, hasil ini menunjukkan bahwa adanya hubungan yang bersifat terbalik (negative), artinya semakin besar nilai DCP, semakin kecil nilai hasil *Sand Cone* namun tidak langsung karena keduanya mengukur parameter yang berbeda.

Penilaian Kepadatan Tanah Berdasarkan Hasil Uji

Tabel 8. Nilai Dcp Dan *Sand Cone* Terhadap Kepadatan Tanah

Titik	*Sand Cone* (g/cm3)	Pemadatan Proctor (g/cm3)	Derajat Kepadatan (%)	dcp (mm/blow)
1	0,98	1,123	87,59	28,97
2	0,77	0,979	78,68	32,83
3	0,83	1,134	72,86	55,19

Sumber: hasil perhitungan

Hasil pengujian kepadatan tanah di tiga titik sumur uji dengan metode *Sand Cone* dan *Dynamic Cone Penetrometer* (DCP) menunjukkan bahwa kondisi tanah secara umum belum memenuhi persyaratan kepadatan yang diharapkan. Berdasarkan data *Sand Cone*, derajat kepadatan di ketiga titik berada di bawah 95% dari nilai kepadatan maksimum uji Proctor, yang berarti belum mencapai standar minimum untuk konstruksi tanah yang stabil.

Nilai hasil uji DCP tergolong tinggi dan menunjukkan bahwa tanah di lokasi perumahan bukit hijau urimessing belum mencapai tingkat kepadatan yang diperlukan dan memerlukan tindakan pemadatan tambahan dikarenakan nilai penetrasi yang lebih dari 20 mm/blow setara dengan CBR < 10 menujukkan tanah lunak. Kondisi ini mengindikasikan bahwa tanah di ketiga titik belum mencapai kepadatan yang cukup untuk mendukung struktur secara aman.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan di sumur uji menggunakan dua metode, yaitu DCP dan uji *Sand Cone*, dapat disimpulkan hal-hal sebagai berikut:

1. DCP (*Dynamic Cone Penetrometer*) dan *Sand Cone* memiliki hubungan berbanding terbalik

Hasil pengujian menunjukkan bahwa pada titik uji dengan nilai DCP yang lebih tinggi, maka nilai kepadatan tanah *Sand Cone* lebih kecil. Secara spesifik,

a. Titik 1 menunjukkan nilai DCP sebesar 28.97 mm/blow dengan derajat kepadatan sandcone 87,59 %

b. Titik 2 menunjukkan niali DCP sebesar 32.83 mm/blow dengan derajat kepadatan sandcone 76,68%

c. Titik 3 menunjukkan nilai DCP sebesar 55.19 mm/blow dengan derajat kepadatan 72,86%

Data ini mengindikasikan adanya korelasi 84.9% antara hasil pengujian DCP dan *Sand Cone*. Keduanya memiliki hubungan terbalik yakni jika satu meningkat, yang lain menurun. yang berarti tanah yang lebih padat (hasil Sandcone lebih tinggi) memiliki nilai DCP yang rendah. Jadi jika pemadatan baik (menurut *Sand Cone*), maka DCP menunjukkan tanah yang juga memiliki daya dukung lebih tinggi.

2. Hasil pengujian *Sand Cone* dan DCP di tiga titik menunjukkan bahwa tanah belum memenuhi persyaratan kepadatan teknis. Derajat kepadatan berada di bawah 95% Proctor, dan nilai DCP >20 mm/blow mengindikasikan kondisi tanah yang masih lunak atau kurang padat.

DAFTAR PUSTAKA

Alfarizt Wicaksana, G. D. (2024). Analisa Kepadatan Tanah Menggunakan *Sand Cone* Pada Peningkatan Struktur Tanggul Pantai Di Kota Pekalongan. Jurnal Komposit: Jurnal Ilmu-Ilmu Teknik Sipil Vol. 8 No.1, 64-73.

Astm D1556 (Sandcone) Dan Astm D6951 (Dcp). (N.D.).

American Association Of State Highway And Transportation Officials (Aashto). (2013). Aashto T99: Standard Method Of Test For Moisture-Density Relations Oof Soils Using Modified Effort. Washington, D.C.: Aashto.

American Association Of State Highway And Transportation Officials (Aashto). (1993). Aashto Soil Classification System. Washington, D.C.: Aashto
Astm D2487 - Standard Practice For Classification Of Soils For Engineering Purposes
Ayal, M. (2023). Pengaruh Penambahan Pasir Gunung Terhadap Nilai Cbr Tanah Lempung Pada Ruas Jalan Taeno Atas Kota Ambon. Jurnal Simetrik, 704-710.
Badan Standardisasi Nasional (Bsn). (2011). Sni 1965:2008: Metode Uji Kadar Air Tanah. Jakarta: Bsn.
Badan Standardisasi Nasional (Bsn). (2006). Sni 03-2105-2006: Tanah - Pengujian Kadar Air Tanah Dengan Metode Pengeringan Oven Dan Pengujian Fisik Tanah Lainnya . Jakarta: Bsn.
Badan Standardisasi Nasional (Bsn). (1992). Sni 03 - 1968 - 1990: Metode Pengujian Analisis Saringan Agregat Halus Dan Kasar. Jakarta: Bsn.
Badan Standardisasi Nasional (Bsn). (2008). Sni 03 - 1742 - 2008: Metode Pengujian Kepadatan Tanah Di Laboratorium (Proctor Standard). Jakarta:Bsn
Badan Standardisasi Nasional (Bsn). (2011). Sni 3420:2011: Metode Uji Batas Atterberg - Batas Cair, Batas Plastis, Dan Batas Susut Tanah. Jakarta: Bsn.
Badan Standardisasi Nasional. (2011). Sni 2828:2011 - Metode Uji Densitas Tanah Di Tempat (Lapangan) Dengan Alat Konsu Pasir
Bowles, J. E. (1997). Foundation Analysis And Design. Mcraw-Hill.
Das, B. M. (2010). Principles Of Geotechnical Engineering (7th Ed.). Cengage Learning
Departemen Pekerjaan Umum. (2008). Cara Uji Cbr *Dynamic Cone Penetrometer* (Dcp). Bandung: Departemen Pekerjaan Umum.
Fakhrul Rozi Yamali, F. (2017). Analisis Energi Pemadatan Tanah Di Laboratorium. Jurnal Civronlit Universitas Batanghari Vol.2 No.1 , 14-17.
Hanifah Asnur, R. S. (2023). Analisis Kepadatan Lapangan Menggunakan Metoda *Sand Cone* Dijalan Perumahan Ekajaya Permata1 Sicincin Kota Payakumbuh. Jurnal Bangunan: Konstruksi Dan Desain Vol.1 No.3 , 115-122.
Hardiyatmo, H. C. (2014). Analisis & Perancangan Fondasi I Edisi Ke-3. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press Anggote Ikapi.
Hardiyatmo, H. C. (2011). Mekanika Tanah 1. Ugm Press
Haryati, N., & Malim, A. I. L. O. (2022). Analisa Daya Dukung Tanah Dasar (Sub Grade) Di Kecamatan Wolowa Dusun Waole I Jalan Kaulea Menggunakan Alat Amic Cone Penetrometer). Jurnal Media Inovasi Teknik Sipil Unidayan, 11(2), 89-9dcp (Dyn7
Holtz, R. D., & Kovacs, W. D. (1981). An Introduction To Geotechnical Engineering. Prentice Hall.
Iman Hidayat Batubara, D. T. (2020). Analisa Kepadatan Tanah Menggunakan Dcp Pada Pembangunan Ruas Jalan Saba Dolok Kecamatan Kota Nopan Kabupaten Mandailing Natal Provinsi Sumatera Utara . Buletin Utama Teknik Vol. 18, No. 1, , 77-84.
Joel, Julio, H. C. (2011). Menerapkan Pengujian Dcp Sebagai Solusi Untuk Mendapatkan Nilai Cbr Lapagan Pada Proyek Pelebaran Ruas Jalan Tumpaan-Lopana Di-Kab. Minahasa Selatan. Manado: Politeknik Negeri Manado
Kleyn, E. G. (1975). The Use Of The *Dynamic Cone Penetrometer* (Dcp). Transport And Road Laboratort (Trrl).
Livneh, M. &. (1989). Empirical Relationships Between Cbr And Dcp. Journal Of Transportation Engineering.
Melinia Friska Desi Afrida, S. R. (2023). Analisa Nilai Kepadatan Tanah Dasar (Subgrade) Dengan Pengujian *Dynamic Cone Penetrometer* (Dcp) Pekerjaan Akses Jalan Bandara Internasional Dhoho Kediri. Prosiding Seminar Nasional Teknik Sipil , 367-374.
Muda, A. (2016). Model Pendekatan Alat Uji Kepadatan Ringan Untuk Tanah Di Laboratorium. Info Teknik Vol. 17 No. 1, 53-68.
Permatasari, S. (2018). Analisis Kepadatan Tanah Dengan Menggunakan Alat Dcp (Dynamic Cone Penetration) Di Desa Sungai Loban Kabupaten Tanah Bumbu. Prosiding Seminar Nasional Riset Terapan
Pt Garuda Teknik Asia. (2023). *Sand Cone* Test: Pengertian Alat Sni Dan Prosedur Lengkap. Diakses Dari Https://Garudatesting.Co.Id/Sand-Cone-Test/

Sumarna, T. (2020). Pengujian Daya Dukung Lapis Tanah Dasar (Ubgrade) Pada Tanah Timbunan Untuk Lapisan Jalan Dengan Alat Dcp. Available At: Https://Doi.Org/10.35313/Potensi.V17i1.519
Terzaghi, K., Peck, R. B., & Mesri, G. (1996). Soil Mechanics In Engineering Practice. John Wiley & Sons.
Teguh Primatama. (2024). Pengertian Uji And Cone Dan Tujuannya. Diakses Dari Https://Teguhprimatama.Co.Ic/Pengertian-Uji-Sand-Cone-Dan-Tujuannya/
Vingnesia, F. S. (2021). Analisis Nilai Kepadatan Lapangan Dengan *Sand Cone* Test (Studi Kasus: Jalan Yos Sudarso Kota Palangka Raya). Info Teknik Volume 22 No. 1, 51-62.