

Analisis Kualitas Pemadatan Pondasi Agregat Kelas A Menggunakan Metode *Sand Cone* pada Proyek Akses Jalan Pelabuhan Teluk Tapang

Evince Oktarina^{1✉}, Tiva Maizar Lina²

^{1,2} Universitas Bung Hatta

correspond_author: evinceoktarina7481@gmail.com

Abstract

This study, entitled “*Analysis of Compaction Quality of Class A Aggregate Base Using the Sand Cone Method on the Teluk Tapang Port Access Road Project*”, aims to evaluate the field compaction quality and its conformity with the applicable technical specifications. The research scope includes field data collection of moisture content and in-situ density on the Class A aggregate base layer at several test points along the access road alignment to Teluk Tapang Port. The method used is the Sand Cone Test in accordance with SNI 03-2827-2011, to determine the in-situ dry density of the compacted layer. The field density values were compared to the laboratory maximum dry density obtained from the Modified Proctor Test, to calculate the degree of compaction (% compaction). The data were analyzed descriptively to observe the relationship between moisture content and compaction level, as well as to evaluate compliance with Bina Marga standards, which require a minimum of 95% compaction for the upper base layer. The results from 60 test points show that the moisture content ranged from 1.32% to 17.7%, with an average of 7.49%, while the compaction percentage ranged from 51.19% to 99.70%, with an average of 86.15%. Evaluation results indicate that 46.7% of the test points achieved compaction above 90%, and only 21.7% met the 95% requirement set by Bina Marga standards. It can be concluded that the compaction quality of the Class A aggregate base layer on this project has not fully met the specified compaction standards, particularly at several stations with moisture content either above or below the optimum level. Therefore, better moisture control and compaction procedures are required to achieve more uniform and compliant results.

Keywords: Sand Cone, soil compaction, moisture content, Class A aggregate, Bina Marga standard, Teluk Tapang Port.

CEC is licensed under a Creative Commons 4.0 International License.



1. Pendahuluan

Infrastruktur jalan yang berkualitas merupakan salah satu faktor utama yang mendukung perkembangan ekonomi dan konektivitas antar wilayah. Proyek pembangunan akses jalan Pelabuhan Teluk Tapang di Kabupaten Pasaman Barat merupakan bagian integral dari upaya memperlancar aktivitas logistik dan transportasi.

Salah satu elemen penting dalam konstruksi jalan adalah lapisan pondasi agregat kelas A, yang berfungsi untuk mendistribusikan beban lalu lintas secara merata ke tanah dasar, sehingga memastikan stabilitas dan daya tahan jalan tersebut. Namun dalam praktiknya, kualitas pemadatan sering kali dipengaruhi oleh berbagai faktor, termasuk metode pelaksanaan yang tidak konsisten dan kondisi tanah yang tidak ideal. [3]

Variasi dalam proses pemadatan ini dapat mengarah pada penurunan kualitas pondasi, yang berdampak pada daya tahan dan keselamatan jalan. Untuk memastikan kualitas pemadatan yang memenuhi spesifikasi teknis, dilakukan pengujian kepadatan menggunakan metode *Sand Cone*. Metode ini banyak digunakan dalam pengujian kepadatan tanah karena akurasi dalam mengukur kepadatan di lapangan dan kemampuannya untuk memberikan data yang

reliabel mengenai tingkat kepadatan lapisan pondasi. [1, 2].

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kualitas pemadatan lapisan pondasi agregat kelas A menggunakan metode *Sand Cone* di proyek pembangunan akses jalan Pelabuhan Teluk Tapang pada STA 31+000 sampai dengan STA 33+950. Selain itu, penelitian ini juga bertujuan untuk mengevaluasi apakah hasil pemadatan memenuhi spesifikasi teknis yang ditetapkan menurut spesifikasi umum Bina Marga 2021. [6]

Menurut spesifikasi Bina Marga 2021 Pemadatan pondasi merupakan proses vital dalam konstruksi jalan untuk memastikan kestabilan dan ketahanan jalan terhadap beban lalu lintas. Pondasi agregat kelas A digunakan sebagai lapisan dasar yang mendistribusikan beban secara merata ke tanah dasar. Proses pemadatan bertujuan untuk meningkatkan kepadatan material agar memiliki daya dukung yang optimal. Berbagai faktor seperti jenis tanah, kelembaban, serta peralatan yang digunakan mempengaruhi hasil pemadatan. Pemadatan yang tidak sesuai standar dapat menyebabkan deformasi jalan dan mengurangi umur layanan jalan.

Agregat kelas A adalah kualitas primer untuk lapisan di bawah dasar aspal. Agregat lapisan pondasi kelas A atas Lapisan pondasi adalah lapisan yang

diletakkan di antara lapisan dasar dan lapisan permukaan. Lapisan ini dirancang untuk meningkatkan daya dukung beban dengan mendistribusikan beban pada ketebalan tertentu. Lapisan ini berfungsi

- a. Sebagai bagian perkerasan yang menahan gaya lintang dari beban roda dan menyebarkan beban roda ke lapisan bawahnya.
- b. Sebagai lapisan peresapan untuk lapisan pondasi bawah.
- c. Sebagai perletakan terhadap bagian permukaan

Standar Nasional Indonesia (SNI) tentang metode uji densitas tanah (*sand cone*) di tempat (lapangan) dengan alat konus adalah SNI 03-2827-2011. Metode pengujian kepadatan tanah di lapangan dengan alat konus pasir), digunakan untuk memeriksa kepadatan lapangan pada lapisan perkerasan atau tanah, yang dipadatkan dengan menggunakan pasir ottawa sebagai parameter kepadatan tanah. Pasir ottawa harus kering, bersih, dan keras dan tidak mengandung bahan pengikat, sehingga tanah dapat mengalir bebas. Pasir ottawa yang digunakan lolos saringan nomor 10 dan tetap di saringan nomor 200. Metode ini hanya dapat digunakan pada lapisan atas tanah sekitar sepuluh hingga lima belas centimeter.

Uji *sand cone* digunakan untuk mengukur kepadatan tanah di lapangan dan nilai berat isi kering, dapat ditentukan dari perbandingan uji di lapangan. Dengan uji laboratorium untuk nilai kepadatan tanah minimal 95 % pada lapisan tanah atau perkerasan yang telah dipadatkan. Pengujian yang diuraikan hanya melibatkan butiran batuan dan tanah, dengan diameter tidak lebih dari lima sentimeter. Kepadatan lapangan adalah berat kering persatuan isi. Pengujian *sand cone* ini, memeriksa hubungan antara kadar air dan kepadatan contoh tanah. Kadar air tanah adalah konsentrasi air dalam tanah, yang biasanya ditunjukkan dalam bentuk persentase berat kering. Kadar air sangat mempengaruhi tingkat pemadatan yang dapat dicapai oleh suatu tanah [1, 2, 6].

2. Metodologi Penelitian

2.1. Lokasi Penelitian

Penelitian ini akan dilaksanakan di proyek pembangunan akses jalan pelabuhan Teluk Tapang, yang berlokasi di daerah Jorong Bunga Tanjung nagari Aia Bangih, pada STA 31+000 sampai dengan STA 33+950, Kecamatan Sungai Beremas, Kabupaten Pasaman Barat, Sumatera Barat. Penelitian ini merupakan penelitian deskriptif Kuantitatif yang bertujuan untuk menganalisis kualitas pemadatan pondasi agregat kelas A dengan menggunakan metode *Sand Cone*. Menggambarkan tingkat kualitas pemadatan yang terjadi di lapangan secara kuantitatif, dengan mendeskripsikan dan

menganalisis kondisi aktual kepadatan lapangan hasil uji *sand cone*, kemudian membandingkannya dengan nilai standar (misalnya $\geq 95\%$ dari kepadatan maksimum laboratorium). Data yang digunakan berupa data numerik hasil pengujian kadar air dan kepadatan tanah pada STA 31+000 sampai dengan STA 33+950 di lapangan.

Variabel Utama dalam penelitian ini adalah kepadatan pondasi agregat kelas A yang diukur menggunakan metode *Sand Cone*. Variabel Pendukung pada penelitian ini adalah Jenis dan karakteristik agregat kelas A, Kondisi cuaca dan kelembaban tanah.

2.2 Bahan dan Peralatan Penelitian

Material utama yang digunakan dalam penelitian ini adalah Agregat Kelas A sesuai dengan spesifikasi Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Revisi 2, yang meliputi agregat kasar (kerikil pecah), agregat halus, dan filler batu pecah. Sumber material diambil dari quarry lokal yang telah disetujui oleh penyedia jasa konstruksi dan pasir otawa.

Alat yang digunakan dalam kegiatan ini yaitu :

- 1 Set Alat *Sand Cone* (SNI 03-2827-2011)
2. ATK
3. 1 Set Uji Kompaksi (Pemadatan)
4. Kamera
5. Laptop
6. Konus Pasir
7. *Spedy moisture test*
8. *Safety*

Gambar peralatan dan bahan dapat dilihat pada gambar 2.1 dan 2.2.



Gambar. 2.1 Peralatan dan bahan pengujian *sand cone* dilapangan



Gambar 2. 2 Peralatan dan bahan pengujian *sand cone* dilaboratorium

2.3. Pengujian Sampel di lapangan

Sampel uji diambil secara *purposive* sampling pada lima titik lokasi uji di segmen berbeda sepanjang ruas jalan akses menuju pelabuhan. Setiap titik mewakili kondisi lapisan pondasi agregat Kelas A yang telah dipadatkan pada ketebalan nominal 20 cm. Pengambilan dilakukan setelah lapisan dinyatakan siap uji oleh pengawas lapangan dan belum ditutup oleh lapisan berikutnya.

Uji kepadatan lapangan dilakukan menggunakan Metode *Sand Cone* untuk menentukan berat isi kering in-situ. Tahapan pelaksanaan mengacu pada SNI 03-2827-2011, dengan prosedur kerja sebagai berikut:

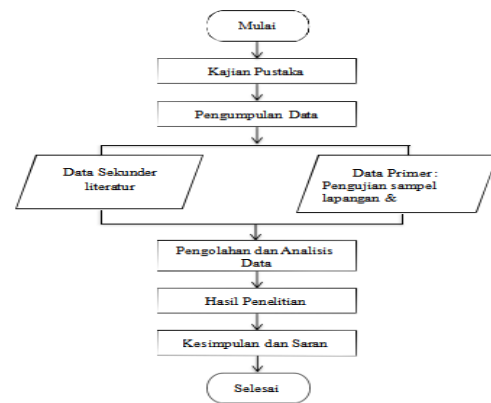
1. Menentukan volume/isi botol pasir pada alat *test sand cone*
2. Menentukan berat volume pasir pada alat *test sand cone*
3. Menentukan berat pasir dalam corong pada alat *test sand cone*
4. Penggalan tanah/lapis pada tempat yang akan di uji kepadatannya
5. Menentukan berat isi tanah
6. Melakukan analisis dari hasil pengujian *sand cone* tentang perhitungan kepadatan tanah atau berat volume tanah kering.
7. Mengambil sampel tanah kemudian di uji kembali di laboratorium
8. Pengujian pemadatan Laboratorium (Pengujian Kompaksi)
9. Menentukan derajat kepadatan tanah dengan membandingkan hasil pengujian di lapangan dan dilaboratorium.

2.4. Pengujian Sampel di laboratorium

Hasil sampel tanah yang sudah didapatkan di lapangan kemudian diuji di laboratorium untuk mengetahui kadar air yang terkandung di dalam tanah sehingga dapat diketahui kepadatan kering maksimum di lapangan dengan dilakukan pengovenan. Proses pemanasan di dalam oven berlangsung 24 jam suhu 120⁰ C. Pada penelitian ini mengambil 5 titik sampel yang berbeda untuk setiap 25 meter yaitu dari STA 31+000 sampai STA 33+000 di sekitar perkerasan jalan, dengan prosedur kerja sebagai berikut:

1. Menentukan volume/isi botol pasir pada alat *test sand cone*
2. Menentukan berat volume pasir pada alat *test sand cone*
3. Menentukan berat pasir dalam corong pada alat *test sand cone*
4. Penggalan tanah/lapis pada tempat yang akan diuji kepadatannya
5. Menentukan berat isi tanah
6. Melakukan analisis dari hasil pengujian *sand cone* tentang perhitungan kepadatan tanah atau berat volume tanah kering

Secara umum urutan penelitian dapat dilihat pada diagram alir sebagai berikut;



Gambar. 2.3 Diagram Alir Penelitian

2.5 Formula yang digunakan dalam penelitian

1. Berat Isi Basah Lapangan

$$\gamma_m(\text{field}) = W_{\text{basah_tanah}} / V_{\text{lubang}} \quad (1)$$

Dimana:

$\gamma_m(\text{field})$: Berat isi basah lapangan (g/cm³)

$W_{\text{basah_tanah}}$: Berat tanah lembab dari lubang (g)

V_{lubang} : Volume lubang hasil uji (cm³)

2. Volume Lubang

$$V_{\text{lubang}} = W_{\text{pasir_terpakai}} / \gamma_{\text{pasir}} \quad (2)$$

Dimana:

V_{lubang} : Volume lubang (cm³)

$W_{\text{pasir_terpakai}}$: Berat pasir kering yang digunakan (g)

γ_{pasir} : Berat isi kering pasir kalibrasi (g/cm³)

3. Kadar Air

$$w = (W_{\text{basah}} - W_{\text{kering}}) / W_{\text{kering}} \times 100\% \quad (3)$$

Dimana:

w : Kadar air (%)

W_{basah} : Berat contoh tanah basah (g)

W_{kering} : Berat contoh tanah kering oven (g)

4. Berat Isi Kering Lapangan

$$\gamma_d(\text{field}) = \gamma_m(\text{field}) / (1 + (w / 100)) \quad (4)$$

Dimana:

$\gamma_d(\text{field})$: Berat isi kering lapangan (g/cm³)

$\gamma_m(\text{field})$: Berat isi lembab lapangan (g/cm^3)

w : Kadar air (%)

5. Derajat Kepadatan (*Percent Compaction*)

$$\%K = (\gamma_d(\text{field}) / \gamma_d(\text{max})) \times 100\% \quad (5)$$

Dimana:

%K : Derajat kepadatan (%)

$\gamma_d(\text{field})$: Berat isi kering lapangan (g/cm^3)

$\gamma_d(\text{max})$: Berat isi kering maksimum hasil uji Proctor (g/cm^3)

3. Hasil dan Pembahasan

Pengujian kepadatan lapangan dengan metode *Sand Cone* dilakukan di sepanjang STA 31+000 sampai STA 33+950 pada lapis pondasi agregat kelas A proyek Akses Jalan Pelabuhan Teluk Tapang. Setiap 50 meter diambil satu titik pengamatan, sehingga total terdapat 60 titik uji. Parameter utama yang diukur adalah kadar air (%) dan derajat kepadatan (%), yang dibandingkan terhadap nilai kepadatan kering maksimum (MDD) hasil uji laboratorium.

Setelah diperoleh data hasil penelitian di lapangan dan dianalisa dilaboratorium yang telah terkumpul dilakukan penyusunan data kedalam tabel, sehingga diperoleh Kepadatan yang merupakan perbandingan antara kepadatan kering tanah atau material di lapangan dengan kepadatan kering maksimum yang diperoleh dari hasil uji laboratorium.

Rekapitulasi perhitungan kepadatan data titik pertama sampai dengan titik kelima pada Lapis Pondasi

Agregat Kelas A/ LPA pada STA (31+000) sampai dengan STA (33+950) Metode *Sand Cone* pada Proyek Akses Jalan Pelabuhan Teluk Tapang dapat dilihat pada tabel 3.1.

Data pada tabel 3.1.meliputi kadar air (%), kepadatan relatif (%), serta rekapitulasi nilai rata-rata. Pengujian dilakukan pada setiap 50 meter titik pengamatan untuk memastikan pemerataan hasil pemadatan sesuai dengan standar *Specification of Highway Material Bina Marga* 2018.

Nilai kadar air rata-rata sebesar 7% menunjukkan kondisi lapangan yang relatif ideal mendekati kadar air optimum (OMC) hasil uji laboratorium. Nilai kepadatan lapangan rata-rata 93,61% mengindikasikan bahwa secara umum hasil pemadatan sudah mendekati spesifikasi minimum (95%), namun masih terdapat titik yang belum memenuhi standar, khususnya titik 1 dan titik 4.

Secara teknis, variasi nilai kepadatan ini dapat disebabkan oleh faktor distribusi ukuran agregat, ketidakteraturan kadar air saat pemadatan, serta efisiensi alat pemadat di lapangan. Grafik hubungan antara kadar air dan kepadatan kering menunjukkan tren positif hingga titik optimum, selaras dengan teori dasar pemadatan tanah (*compaction curve*).

Tabel 3. 1. Kepadatan lapangan

No	Uraian	Titik 1	Titik 2	Titik 3	Titik 4	Titik 5	Rata-rata	Satuan
1	Berat pasir + alat	7213	7017	7020	7212	7032	7098.8	g
2	Sisa pasir + alat	3212	3510	2922	2930	3215	3157.8	g
3	Berat pasir terpakai	4001	3507	4098	4282	3817	3941	g
4	Berat pasir dalam corong	1473	1473	1473	1473	1473	1473	g
5	Berat pasir dalam lubang	2528	2034	2625	2809	2344	2468	g
6	Berat isi pasir	1307	1307	1307	1307	1307	1307	g/cm ³
7	Volume lubang	1934	1556	1318	1502	1793	1620.6	cm ³
8	Berat agregat basah + cawan	637	630	654	640	624	637	g
9	Berat agregat kering + cawan	622	613	636	625	608	620.8	g
10	Berat cawan	395	395	395	395	395	395	g
11	Berat air	15	17	18	15	16	16.2	g
12	Berat agregat kering	227	218	241	230	213	225.8	g
13	Kadar air	6.61	7.79	7.47	6.52	7.51	7.00	%
14	Berat agregat dalam lubang	4032	4210	4421	4520	4434	4323.4	g
15	Berat agregat kasar	1921	1943	1890	1937	1810	1900.2	g
16	Berat agregat halus	2111	2267	2531	2583	2624	1381.8	g
17	Persentase agregat kasar (Pc)	47.64	46.15	41.81	42.85	40.82	43.85	%
18	Persentase agregat halus (Pf)	52.36	53.85	57.25	57.15	59.18	56.00	%
19	Spesific gravity agregat kasar	2.612	2.612	2.612	2.612	2.612	2.612	gr/cc
20	Berat isi basah (γ_{wet})	2.085	2.705	3.354	3.009	2.473	2.725	gr/cc
21	Berat isi kering (γ_{dry})	1.956	2.209	2.120	2.124	2.200	2.122	gr/cc
22	Maximum dry density (MDD)	2.096	2.096	2.096	2.096	2.096	2.096	gr/cc
23	Koreksi berat isi	2.165	2.299	2.726	2.356	2.286	2.366	gr/cc
24	Persentase kepadatan	90.35	96.08	95.24	90.15	96.23	93.61	%

Tabel 3.2 Nilai kadar air dan kepadatan 60 Titik Uji

No	STA	Nilai kadar air (%)	Nilai kepadatan (%)				
				31	32+500	9.62	87.45
1	31+000	9.74	80.82	32	32+550	3.00	99.70
2	31+050	3.17	98.92	33	32+600	5.49	83.61
3	31+100	6.98	98.14	34	32+650	10.73	82.72
4	31+150	6.4	53.79	35	32+700	9.36	88.59
5	31+200	10.56	92.31	36	32+750	7.55	96.95
6	31+250	6.55	84.34	37	32+800	4.55	93.48
7	31+300	7.45	94.44	38	32+850	3.04	70.51
8	31+350	17,7	80.03	39	32+900	7.59	81.64
9	31+400	9.25	78.28	40	32+950	6.73	89.50
10	31+450	6.4	94.44	41	33+000	4.07	79.16
11	31+500	9.39	76.20	42	33+050	9.92	88.09
12	31+550	5.6	80.24	43	33+100	2.14	99.06
13	31+600	5.75	67.66	44	33+150	1.32	98.63
14	31+650	6.05	60.75	45	33+200	4.21	94.48
15	31+700	9.35	94.46	46	33+250	10.17	87.51
16	31+750	10.87	87.97	47	33+300	3.37	92.68
17	31+800	9.74	93.94	48	33+350	2.14	80.12
18	31+850	3.98	89.65	49	33+400	3.22	79.38
19	31+900	4.34	82.22	50	33+450	6.72	88.26
20	31+950	4.75	51.19	51	33+500	4.43	81.56
21	32+000	7.69	83.680	52	33+550	8.22	92.41
22	32+050	4.19	89.69	53	33+600	7.25	95.23
23	32+100	2.24	75.53	54	33+650	10.20	95.63
24	32+150	9.26	86.27	55	33+700	6.22	93.27
25	32+200	7.11	73.25	56	33+750	6.61	90.35
26	32+250	7.02	79.50	57	33+800	7.79	96.08
27	32+300	6.12	95.25	58	33+850	7.47	95.24
28	32+350	5.22	94.21	59	33+900	6.52	90.15
29	32+400	10.63	86.06	60	33+950	7.51	96.23
30	32+450	10.82	78.28				

Menurut spesifikasi persyaratan SNI 03-2827-2011 nilai derajat kepadatan lapangan yang dianjurkan sebesar 95%. Dari tabel 3.2 hasil pengujian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa Sekitar 46,7% titik pengujian memenuhi syarat kepadatan baik hingga sangat baik ($\geq 90\%$).

Namun 23,4% titik berada di bawah 80%, menunjukkan perlunya perbaikan atau pemadatan ulang pada lokasi tersebut. Seperti yang direkap pada tabel 3.3 berikut:

Tabel 3.3 Persentase Kepadatan

Kategori Kepadatan	Rentang Nilai Kepadatan (%)	Jumlah Titik	Persentase
Sangat Baik	$\geq 95\%$	13 titik	21.7%
Baik	90 – <95%	15 titik	25.0%
Sedang	80 – <90%	18 titik	30.0%
Kurang	70 – <80%	7 titik	11.7%
Buruk	<70%	7 titik	11.7%

Berdasarkan hasil pengukuran kepadatan lapangan pada pekerjaan pondasi agregat Kelas A, dilakukan pengelompokan nilai derajat kepadatan menjadi lima kategori, yaitu *sangat baik*, *baik*, *sedang*, *kurang*, dan *buruk*. Dari total seluruh titik pengujian, diketahui bahwa kategori “sedang” merupakan kelompok dengan jumlah titik terbanyak, yaitu 18 titik (30,0%). Temuan ini menunjukkan bahwa sebagian besar lokasi pengujian telah mencapai tingkat kepadatan yang cukup, namun belum memenuhi standar kepadatan ideal ($\geq 95\%$) yang umumnya dipersyaratkan pada pekerjaan pondasi agregat Kelas A

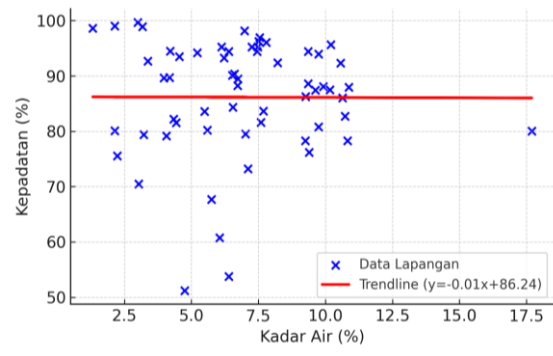
Pada kategori “baik”, terdapat 15 titik (25,0%), yang menunjukkan bahwa seperempat dari total titik pengujian memiliki kualitas pemadatan yang mendekati standar, namun masih berada di bawah batas minimal tingkat kepadatan yang disyaratkan. Sementara itu, kategori “sangat baik” berjumlah 13 titik (21,7%), yang menunjukkan bahwa hanya sekitar seperlima dari total titik yang benar-benar memenuhi atau melampaui persyaratan teknis pemadatan ($\geq 95\%$).

Sebaliknya, terdapat pula titik yang berada pada kategori kurang baik. Kategori “kurang” mencatat 7 titik (11,7%), sedangkan kategori “buruk” juga terdiri dari 7 titik (11,7%). Jumlah ini menunjukkan bahwa sekitar 23,4% dari keseluruhan titik pemadatan masih memiliki nilai kepadatan yang jauh di bawah standar

dan memerlukan tindakan perbaikan atau pemadatan ulang agar kualitasnya sesuai dengan spesifikasi teknis.

Secara keseluruhan, distribusi nilai kepadatan menunjukkan adanya variasi kualitas pemadatan di lapangan. Proporsi titik yang berada pada kategori “sedang”, “kurang”, dan “buruk” yang mencapai sekitar 53,4% menunjukkan bahwa lebih dari separuh lokasi masih belum optimal dan perlu perhatian lebih lanjut dalam proses pemadatan. Dengan demikian, hasil ini menegaskan perlunya evaluasi dan pengendalian mutu pemadatan yang lebih ketat untuk menjamin stabilitas dan daya dukung pondasi agregat Kelas A pada proyek akses jalan Pelabuhan Teluk Tapang.

Hubungan Hasil kepadatan tanah dan kadar air pada hasil uji dapat dilihat pada grafik berikut:



Gambar 3.1 Hubungan Kadar Air dengan kepadatan Tanah

Hubungan antara kadar air (%) dengan kepadatan tanah (%) pada hasil uji lapangan dari grafik dapat diamati bahwa semakin tinggi kadar air, kepadatan tanah cenderung menurun. Hal ini menunjukkan adanya hubungan negatif antara kadar air dan kepadatan, yang sesuai dengan teori pemadatan tanah.

Sehingga dari hasil pengujian dapat disimpulkan Titik dengan kadar air rendah (2–5%) umumnya menunjukkan kepadatan tinggi (90–99%), dapat ditemui pada :

STA 32+550 $\rightarrow w = 3.00\%$, $\rho = 99.70\%$

STA 33+100 $\rightarrow w = 2.14\%$, $\rho = 99.06\%$

Sebaliknya, titik dengan kadar air tinggi (>10%) cenderung memiliki kepadatan menurun, contoh:

STA 31+150 $\rightarrow w = 6.4\%$, $\rho = 53.79\%$

STA 31+350 $\rightarrow w = 17.7\%$, $\rho = 80.03\%$

Menurut standar umum pekerjaan tanah (Bina Marga 2018), nilai kepadatan minimum yang disyaratkan adalah: **95%** dari *Modified Proctor* untuk lapisan pondasi atas.

4. Kesimpulan

Rata-rata kepadatan tanah di lokasi penelitian adalah 86,15%, masih di bawah standar minimal 90–95%.

Kadar air rata-rata 7,49% menunjukkan sebagian tanah berada di bawah atau di atas kadar air optimum, mempengaruhi variasi kepadatan.

Diperlukan pengendalian kadar air lapangan untuk memperoleh hasil pemadatan optimal.

Lokasi dengan kepadatan <80% perlu menjadi prioritas perbaikan lapangan.

Disarankan melakukan pengujian kepadatan dengan Variasi metode pengujian lain seperti *Nuclear Density Gauge* (NDG) atau *Dynamic Cone Penetration* (DCP) sebagai pembandingan terhadap metode *Sand Cone*. Perbandingan beberapa metode akan memberikan gambaran yang lebih komprehensif mengenai tingkat kepadatan aktual di lapangan dan juga perlu dilakukan penelitian lanjutan untuk menganalisis Pengaruh Faktor Lapangan Terhadap Variasi Kepadatan.

Daftar Rujukan

- [1] Badan Standardisasi, (2008). *SNI 03-1742-2008: Metode pengujian kepadatan lapangan dengan alat kerucut pasir*. Jakarta: BSN.
- [2] Badan Standardisasi Nasional. (2011). *SNI 03-2827-2011: Tata cara pelaksanaan lapangan untuk penentuan kepadatan tanah dengan metode sand cone*. Jakarta: BSN
- [3] Badan Standardisasi Nasional. (2015). *SNI 03-6888-2015: Spesifikasi agregat untuk lapisan pondasi bawah dan pondasi atas jalan*. Jakarta: BSN.
- [4] Bowles, J. E (1997). *Foundation analysis and design* (5th ed.). New York, NY: McGraw-Hill.
- [5] Braja, M.D. (2022) *Soil mechanics laboratory manual* (6th ed.). New York, NY: Oxford University Press.
- [6] Direktorat Jendral Bina Marga. (2021). *Spesifikasi Umum Bina Marga 2021: Divisi 5 Pekerjaan tanah dan divisi 6 perkerasan berbutir*. Jakarta: Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat.
- [7] Hardiyatmo, H.C. (2010). *Mekanika tanah I & II*. Yogyakarta: Gajah Mada University Press.
- [8] Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat. (2018). *Spesifikasi Umum 2018 untuk Pekerjaan Konstruksi Jalan dan Jembatan*. Direktorat Jenderal Bina Marga. Retrieved from <https://binamarga.pu.go.id>
- [9] Kementrian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat. (2018). *Panduan pengujian lapangan untuk pekerjaan tanah dan perkerasan jalan*. Jakarta: Direktorat Jenderal Bina Marga
- [10] Mutmainnah (2024). Evaluasi kepadatan lapangan dengan metode sand cone pada proyek jalan kabupaten. *Jurnal Infrastruktur dan Konstruksi*, 7(1), 21–30. [Evaluasi Kepadatan Lapis Pondasi Agregat Kelas A \(LPA\) dengan metode Sand Cone Pada Proyek Pembangunan Infrastruktur Jalan Pemukiman Kawasan Tondo 2- Repository UNTAD](#)
- [11] Ratna, D (2021). Analisa kepadatan tanah menggunakan metode sand cone pada pembangunan relokasi jalan bendungan Lau Simeme Paket II Kab.Deli Serdang Sumatera

- [12] Yulianto, A., & Sembiring, P. (2021). Pengaruh kadar air terhadap nilai kepadatan tanah agregat pada uji sand cone. *Jurnal Teknik Sipil Universitas Andalas*, 8(2), 89–98. [Archives | Jurnal Rekayasa Sipil \(JRS-Unand\)](#)