Jurnal Surya Teknika, Juni 2025, 2(1):53-58
ISSN: 3063-055X
Tersedia secara daring pada https://jurnal.unismuhpalu.ac.id/index.php/ST/issue/archive

Analisis Kepadatan Lapisan Pondasi Agregat Kelas A Dengan Metode Sand Cone Di Ruas Jalan Nagamboa-Watumite Kabupaten Ende

Reineldis Miranti Mbola[1], Reysha Rizki Amanda Lubis*[1]
[1]Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Widya Kartika, Surabaya, Jalan Sutorejo Prima Utara II/1
*Penulis korespondensi: reysha@widyakartika.ac.id

DISUBMIT 30 Mei 2025 **DIREVISI** 17 Juni 2025 **DITERIMA** 19 Juni 2025

ABSTRAK Pada pekerjaan peningkatan jalan Nagamboa Watumite,pengerjaan pemadatan lapis pondasi agregat (LPA) kelas A diharuskan memiliki kepadatan dan daya dukung tanah yang memenuhi persyaratan. Salah satu metode yang digunakan untuk menentukan kepadatan lapisan fondasi agregat kelas A adalah dengan menggunakan metode *sand cone*. Pengujian densitas tanah di tempat (lapangan) dengan alat konus pasir sesuai dengan persyaratan SNI 2828:2011,sementara pengujian kepadatan basah lapangan dikoreksi terhadap kepadatan laboratorium menggunakan persyaratan dari SNI 1976:2008.Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kepadatan lapis fondasi agregat kelas A dengan metode *sand cone* di ruas jalan Nagamboa-Watumite kabupaten Ende. Hasil pengujian *Sand Cone* agregat kelas A dilakukan mulai di 11 titik pengujian mulai dari STA 1+125 hingga STA 5+125. Dari hasil analisis tersebut didapatkan rata-rata nilai kadar air yaitu 6,21%. Nilai derajat kepadatan tertinggi tercatat pada STA 3+100R, yaitu 100,23%. Sedangkan nilai kepadatan terendah ada pada STA 1+650 CL, dengan nilai 100,09%. Jika dihitung rata-ratanya, nilai kepadatan adalah 100,15%.Dari hasil yang diperoleh, diketahui bahwa sudah memenuhi spesifikasi SNI 1976:2008 yang mengharuskan kepadatan tanah minimal 95%. Oleh karena itu, pemadatan pada jalan Nagamboa-Watumite dapat dikatakan sangat baik karena telah melebihi spesifikasi minimal tersebut.

KATA KUNCI: Peningkatan Jalan; Pemadatan; Lapis Pondasi Agregat Kelas A; Pengujian Kepadatan

1 PENGANTAR

Jalan menjadi salah satu metode transportasi di darat yang difungsikan untuk menghubungkan satu daerah dengan daerah lainnya. Hal ini membuat berbagai kegiatan seperti pertumbuhan ekonomi, meningkatnya mobilitas kendaraan, serta komunikasi antar wilayah dan pemerintah bisa dilaksanakan dengan aman dan nyaman.

Di Indonesia, tepatnya di Jalan Nagamboa-Watumite yang terletak di Kabupaten Ende, kerusakan jalan disebabkan oleh tingginya intensitas curah hujan, laju pertumbuhan penduduk, serta peningkatan jumlah alat transportasi dan mobilitas barang, orang, atau jasa. Ini adalah masalah yang perlu diatasi melalui perbaikan pada sarana transportasi darat yaitu jalan. Perbaikan jalan diperlukan agar suatu daerah dapat berfungsi dengan optimal dan efisien. Salah satu cara untuk mewujudkan peningkatan jalan adalah melalui pemadatan lapisan pondasi agregat kelas A dengan menggunakan metode *sand cone* [1] [2].

Metode *sand cone* adalah teknik pengujian yang bertujuan untuk mengukur tingkat kepadatan lapisan pondasi agregat kelas A. Dalam metode ini, digunakan pasir kuarsa yang bersih, kering, keras, dan mengalir dengan baik sebagai parameter pemadatannya. Apabila lapisan pondasi agregat kelas A semakin padat, maka daya dukung tanah pun akan meningkat. Pemadatan yang dilaksanakan di jalan Nagamboa-Watumite dilakukan sesuai dengan standar spesifikasi yang berlaku, yaitu pengujian densitas tanah di lapangan menggunakan alat konus pasir, sesuai dengan persyaratan SNI 2828:2011. Selain itu, pengujian kepadatan basah lapangan dikoreksi terhadap kepadatan laboratorium berdasarkan ketentuan dari SNI 1976:2008 [3].

2 METODE PENELITIAN

Pelaksanaan uji *Sand Cone*. Pelaksanaan uji *sand cone* pada proyek ini bertumpu pada SNI 2828-2011 berikut. a) Dimensi dalam takaran (wadah atau silinder penakar) perlu sama atau sedikit lebih kecil dari diameter lubang pada pelat dasar yang

digunakan bersama konus pasir. b) Pasir yang telah digunakan dan tercampur dengan lempung dapat dimanfaatkan kembali setelah melalui proses pembersihan atau pencucian dan pengeringan jika diperlukan. c) Timbangan harus memenuhi standar sebagaimana tercantum dalam SNI 03-6414, Kelas G 20. d) Alat seperti kompor, oven, atau peralatan lain yang mampu mengeringkan sampel uji harus disiapkan. e) Saat memasukkan pasir ke dalam botol, getaran dapat mempengaruhi berat pasir yang diukur dan mengurangi akurasi. Oleh karena itu, batasi waktu antara penentuan berat pasir dan penggunaan di lapangan, karena hal ini dapat menyebabkan perubahan berat volume yang disebabkan oleh variasi kadar air atau pemadatan pasir. f) Setiap wadah atau kantong pasir memiliki koreksi konus serta faktor kalibrasi pasir yang unik. Satu set konus pasir dan pelat dasar corong konus juga mungkin memiliki berbeda koreksi konus dan berat isi. Jika Anda memiliki lebih dari satu alat konus pasir, pastikan untuk memberi tanda pada konus pasir dan pelat dasar serta mencatat faktor koreksi atau berat isi masing-masing. g) Volume minimum untuk lubang uji dalam menentukan kepadatan tanah ditunjukkan dalam Tabel Volume minimum lubang uji dan berat sampel untuk kadar air berdasarkan ukuran butir maksimum. Tabel tersebut memberikan informasi tentang berat minimum untuk sampel uji kadar air sesuai dengan ukuran butir maksimum dalam campuran tanah [4] [5].

Tahapan perhitungan *sand cone* adalah sebagai berikut: a) Kalibrasi permukaan $W1$: Berat sebelum, $W2$: Berat sesudah, $W3$: Berat pasir dalam corong+Plat. b) Penentuan isi lubang untuk menentukan volume lubang $W4$: Berat sebelum, $W55$: Berat sesudah, $W6$: Berat pasir dalam corong+Plat = $W4 - W5$, Berat pasir dalam lubang $W7 = W4 - W5 - W6$, $W8$: Berat isi pasir, Volume lubang $V = W7/W8$. c) Penentuan kadar air $W9$: Berat contoh basah + tempat, $W10$: Berat contoh kering + tempat, $W11$: Berat tempat, Berat air $W12 = W9 - W10$, Berat contoh kering $W13 = W10 - W11$, Kadar air $WT = W12/W13 \times 100\%$ d) Penentuan kepadatan lapangan Berat contoh basah $W14 = W9 - W11$, Berat isi basah $W15 = W14/V$, Berat isi kering $W16 = W15/(W1 + WT)$, WT = Berat tertahan #No.3/4, %t = Persen tertahan #No.3/4, SG = *Spesific Gravity* (*Bulk*) #No.¾, Kadar air bahan butiran kasar = WC, PF = Presentase massa kering bahan butiran halus, PC = Presentase massa kering bahan butiran kasar, Kadar air bahan butiran halus WF, ρT = Kepadatan basah total lapangan, Kepadatan kering total lapangan ρdT, Berat jenis curah (Bulk) kering oven bahan butiran kasar = Gm, K=1000×Gm, Berat isi kering, maksimum G *Dry* (γd laboratorium), Berat isi kering maksimum lapangan, terkoreksi (γd lapangan), Derajat kepadatan (*ρdfk*).

$$WF = \frac{(100 \times WT - WC \times PC)}{PF}$$

$$\rho dT = \frac{\rho T}{1 + WT}$$

$$\gamma d \text{ laboratorium} = \frac{\rho dT \times PF}{100 - \left(\frac{\rho dT \times PC}{k}\right)}$$

$$\rho dfk = \frac{\gamma d \text{ lapangan}}{\gamma d \text{ laboratorium}} \times 100\%$$

Waktu dan Lokasi Penelitian. *Test sand cone* di lapangan dilaksanakan pada hari Selasa,3 September 2024.Lokasi penelitian ini berada di jalan Nagamboa-Watumite kecamatan Nagapanda tepatnya di Kabupaten Ende sepanjang 4 km.

Gambar 1 Lokasi Penelitian

Jumlah Sampel Yang Digunakan. Ada 11 sampel yang diteliti, dimulai dari STA 1+150,STA 1+300,STA 1+500,STA 1+650,STA 2+450,STA 3+000,STA 3+500,STA 3+975,STA 4+400,STA 4+800 dan STA 5+125.

Tabel 1 Hasil Kalibrasi Permukaan

STA	Satuan	1+150 CL	1+300 L	1+500 L	1+650 CL	2+450 CL	3+000 R	3+500 L	3+975 CL	4+400 R	4+800 L	5+125 R
$W1$	gram	8312,8	8312,8	8312,8	8312,8	8312,8	8312,8	8312,8	8312,8	8312,8	8312,8	8312,8
$W2$	gram	6612,2	6612,2	6612,2	6612,2	6612,2	6612,2	6612,2	6612,2	6612,2	6612,2	6612,2
$W3$	gram	1700,6	1700,6	1700,6	1700,6	1700,6	1700,6	1700,6	1700,6	1700,6	1700,6	1700,6

Tabel 2 Hasil Perhitungan Penentuan Isi Lubang

STA	Satuan	1+150 CL	1+300 L	1+500 L	1+650 CL	2+450 CL	3+000 R	3+500 L	3+975 CL	4+400 R	4+800 L	5+125 R
$W4$	gram	8312,8	8286,4	8231,7	8185,4	7947,2	7971,1	8006,6	8039,2	8088,2	8111,5	8173,0
$W5$	gram	4581,3	4372,8	4342,3	4301,8	4202,6	4323,4	4051,9	4363,2	4140,4	4149,1	4372,9
$W6$	gram	1700,6	1700,6	1700,6	1700,6	1700,6	1700,6	1700,6	1700,6	1700,6	1700,6	1700,6
$W7$	gram	2030,9	2213,0	2188,8	2183,0	2044,0	1947,1	2254,1	1975,4	2247,2	2261,8	2099,5
$W8$	gr/cc	1,401	1,401	1,401	1,401	1,401	1,401	1,401	1,401	1,401	1,401	1,401
V	cc	1449,61	1579,59	15662,31	1558,17	1458,96	1389,79	1608,92	1409,99	1604,00	1614,42	1498,57

Tabel 3 Hasil Perhitungan Penentuan Kadar Air

STA	Satuan	1+150 CL	1+300 L	1+500 L	1+650 CL	2+450 CL	3+000 R	3+500 L	3+975 CL	4+400 R	4+800 L	5+125 R
$W9$	gram	3595,3	3901,6	3872,7	3869,5	3587,2	3407,4	3925,9	3498,9	3936,7	4006,0	3679,9
$W10$	gram	3385,6	3672,3	3645,6	3643,3	3379,1	3208,6	3696,8	3294,0	3706,5	3771,1	3464,3
$W11$	gram	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
$W12$	gram	209,7	229,3	227,1	226,2	208,1	198,8	229,1	204,9	230,2	234,9	215,6
$W13$	gram	3385,6	3672,3	3645,6	3643,3	3379,1	3208,6	3696,8	3294,0	3706,5	3777,1	3464,3
$W14$	%	6,19	6,24	6,23	6,21	6,16	6,20	6,20	6,22	6,21	6,23	6,22

Pengujian di lapangan. Hal yang harus dilakukan pada awal pengujian data

lapangan yakni menentukan kepadatan tanah di lapangan, sampel diambil dari 11 titik pengujian, yaitu mulai dari STA 1+150, STA 1+300, STA 1+500, STA 1+650, STA 2+450, STA 3+000, STA 3+500, STA 3+975, STA 4+400, STA 4+800, dan STA 5+125. Proses pengambilan sampelnya dilakukan dengan menggali tanah hingga kedalaman 10 cm dari permukaan alat konus pasir, yang kemudian akan diuji untuk mendapatkan nilai kepadatan tanah. Berikut adalah langkah langkah untuk melakukan pengujian *Sand Cone*: a) Isi botol uji dengan pasir kuarsa hingga penuh. b) Setelah itu, timbang botol uji yang sudah terisi pasir kuarsa. c) Siapkan plat pembatas di area yang akan diuji kepadatannya. d) Gali agregat kelas A di area yang sudah dipasang plat pembatas sedalam 10 cm. e)Bersihkan agregat kelas A yang telah digali dan letakkan ke dalam wadah *stainless*. f) Timbang sampel hasil galian. g) Saring agregat tersebut menggunakan saringan nomor 4, ukuran 4,75. h) Timbang agregat yang tertinggal dalam saringan. i) Ambil agregat yang telah lolos penyaringan sebagai sampel dan bawa ke laboratorium sesuai kebutuhan. j) Masukkan botol uji ke dalam lubang yang sudah digali dengan corong menghadap ke bawah. k) Buka keran pada botol uji dan biarkan pasir kuarsa mengisi lubang hingga penuh. l) Setelah penuh, tutup keran dan timbang botol uji. m) Tutupi lubang bekas gali dengan agregat yang tersisa.

Pengujian di Laboratorium. Hasil Sampel yang telah diambil dari lokasi harus diuji di laboratorium. Pengujian sampel di laboratorium dilakukan untuk mengukur kadar air dalam tanah, yang akan digunakan untuk menentukan kepadatan kering maksimum di lapangan.

3 HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Uji Densitas Tanah Di Tempat (Lapangan) dilakukan Dengan Alat Konus Pasir SNI 2828:2011 sedangkan Kepadatan Basah Lapangan Dikoreksi Terhadap Kepadatan Laboratorium SNI 1976:2008. Hasil dari pengujian densitas tanah, atau kepadatan massa tanah, memberikan informasi mengenai berat tanah kering untuk setiap unit volume tanah yang juga mencakup ruang udara. Ukuran ini sering dinyatakan dalam gr/cm^3. Kepadatan tanah bisa berbeda-beda tergantung pada jenis tanah dan cara pengelolaannya. Hasil pengujian densitas tanah yang dilakukan di lapangan adalah sebagai berikut.

Kalibrasi Permukaan. Kalibrasi permukaan alat *sand cone*, yang digunakan untuk mengukur kepadatan tanah dengan metode kerucut pasir, merupakan langkah penting untuk menjamin keakuratan alat tersebut. Proses ini melibatkan perbandingan antara hasil ukur dari alat *sand cone* dan standar yang telah ditentukan, agar hasil pengukuran dapat tepat dan konsisten.

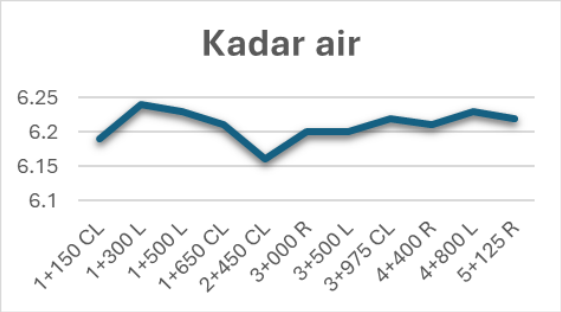
Tabel 4 Hasil Perhitungan Penentuan Kepadatan Lapangan

STA	Satuan	1+150 CL	1+300 L	1+500 L	1+650 CL	2+450 CL	3+000 R	3+500 L	3+975 CL	4+400 R	4+800 L	5+125 R
W 9	gram	3595,3	3901,6	3872,7	3869,5	3587,2	3407,4	3925,9	3498,9	3936,7	4006,0	3679,9
W11	gram	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
W14	gram	3595,5	3901,6	3872,7	3869,5	3587,2	3407,4	3925,9	3498,9	3936,7	4006,0	3679,9
W15	gr/cc	2,480	2,470	2,479	2,483	2,459	2,452	2,440	2,482	2,454	2,481	2,456
W16	gr/cc	2,336	2,325	2,333	2,338	2,316	2,309	2,298	2,336	2,311	2,336	2,312
W_t	gram	1982,2	2052,0	2115,3	2166,1	1802,7	1642,2	1786,8	1931,8	1931,9	2217,6	1811,9
$\%_t$	%	55,13	52,59	54,62	55,98	50,25	48,20	45,51	55,21	49,07	55,36	49,24
SG	gr/cc	2,532	2,532	2,532	2,532	2,532	2,532	2,532	2,532	2,532	2,532	2,532
W_C	gr/cc	2,129	2,129	2,129	2,129	2,129	2,129	2,129	2,129	2,129	2,129	2,129
P_F	%	44,9	47,4	45,4	44,0	49,7	51,8	54,5	44,8	50,9	44,6	50,8
P_C	%	55,1	52,6	54,6	56,0	50,3	48,2	45,5	55,2	49,1	55,4	49,2
Wf	%	11,01	10,65	10,99	11,21	10,08	9,85	9,48	11,09	10,01	11,13	10,06
ρT	gr/cm^3	2,480	2,470	2,479	2,483	2,459	2,452	2,440	2,482	2,454	2,481	2,456
ρdT	gr/cm^3	2,336	2,325	2,333	2,338	2,316	2,309	2,298	2,336	2,311	2,336	2,312
G_m	gr/cm^3	2,532	2,532	2,532	2,532	2,532	2,532	2,532	2,532	2,532	2,532	2,532
K	kg/cm^3	2532	2532	2532	2532	2532	2532	2532	2532	2532	2532	2532
$\gamma d\ lab$	gr/cc	2,129	2,129	2,129	2,129	2,129	2,129	2,129	2,129	2,129	2,129	2,129
$\gamma d\ lap$	gr/cc	2,132	2,132	2,132	2,132	2,133	2,134	2,133	2,133	2,131	2,131	2,132
ρdfk	%	100,16	100,12	100,16	100,09	100,17	100,23	100,19	100,19	100,12	100,11	100,14

Tabel 1 merupakan hasil data dari kalibrasi permukaan.

Penentuan Isi Lubang. Penentuan isi lubang merupakan cara yang dilakukan agar dapat mengetahui seberapa banyak material agregat yang bisa dimasukkan ke dalam sebuah lubang. Tujuan menentukan kapasitas lubang adalah untuk menghitung volume dari lubang itu.

Penentuan Kadar Air. Penentuan kadar air menentukan kadar air adalah langkah untuk mengawasi tingkat kelembapan pada sampel sebelum melanjutkan ke tahap pengeringan. Berikut adalah merupakan cara penentuan kadar air:

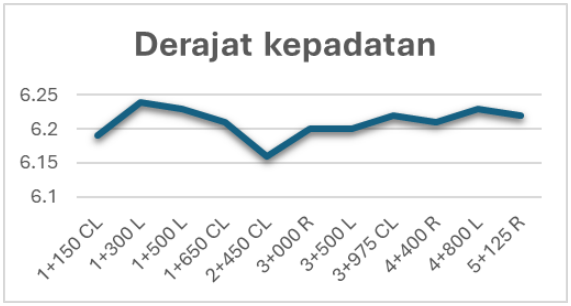


Gambar 2 Grafik Kadar Air

Rata-rata nilai kadar air = ((6,19+6,24+6,23+6,21+6,16+6,20+6,20+6,22+6,21+6,23+6,22))/11 = 6,21%.

Penentuan Kepadatan Lapangan. Penentuan kepadatan di lapangan merupakan langkah untuk mengetahui kerapatan tanah atau permukaan perkerasan di lokasi, biasanya setelah adanya pemadatan. Untuk menghitung kepadatan ini, dilakukan perbandingan antara berat isi kering tanah di lokasi dengan berat isi kering tanah yang sama yang telah diuji di laboratorium.

Hasil yang diperoleh dari proses analisis menunjukkan antara momen internal dan eksternal telah mendekati syarat kesetimbangan struktur, yaitu gaya dalam sama dengan gaya luar. Perbedaan nilai yang terjadi kemungkinan besar disebabkan kesalahan dalam proses pembacaan lendutan saat pengujian balok. Perbandingan antara momen internal dan eksternal balok diperlihatkan pada Tabel 4.



Gambar 3 Grafik Derajat Kepadatan

Dari Tabel 4 di atas didapati nilai derajat kepadatan tertinggi tercatat pada STA 3+100R, yaitu 100,23%. Sedangkan nilai kepadatan terendah ada pada STA 1+650 CL, dengan nilai 100,09%.Rata- rata derajat kepadatan ((100, 16+100, 12+100, 16+100, 09+100, 17+100, 23+100, 19+100, 19+100, 12+100, 11+100,14)) /11 = 100,15%. Perhitungan rata-rata derajat kepadatan 11 titik ukur di atas adalah 100,15% dimana data lapangan ini sudah sesuai dengan spesifikasi SNI 1976:2008, yang merekomendasikan bahwa tingkat kepadatan lapangan sebaiknya mencapai 95%.

4 KESIMPULAN

Setelah dilakukan pengujian di laboratorium dengan pengovenan di 11 lokasi, kadar air tanah rata-rata pada proyek perbaikan jalan Nagamboa-Watumite diperoleh sebesar 6,21%.Rata-rata kepadatan lapangan pada proyek perbaikan jalan Nagamboa-Watumite yang ditentukan dengan metode *sand cone* adalah 100,15%. Dengan nilai kepadatan ini, pemadatan jalan Nagamboa-Watumite dapat dinyatakan sangat baik karena sudah melebihi standar SNI 1976:2008 yang minimal adalah 95%.

DAFTAR PUSTAKA

[1] Y. Rifani, E. Mulyani and R. Pratiwi, "Penerapan K3 Konstruksi Dengan Menggunakan Metode Hirarc Pada Pekerjaan Akses Jalan Masuk (Studi Kasus : Jl. Prof. Dr. H. Hadari Nawawi)," *JeLAST,* vol. 5, no. 2, pp. 1-12, 2018.

[2] T. Awuy, P. A. K. Pratasis and J. B. Mangare, "Faktor-faktor Penghambat Penerapan Sistem Manajemen K3 Pada Proyek Konstruksi Di Kota Manado," *Jurnal Sipil Statik,* vol. 5, no. 4, pp. 187-194, 2017.

[3] M. J. D. Rahmat and R. E. Wibisono, "Analisis Risiko Kecelakaan Kerja Menggunakan Penilaian Risk Management Pada Pekerjaan Drainase Jalan U-ditch Studi Kasus Jln.Kyai Tambak Deres," *Jurnal MITRANS,* vol. 2, no. 3, pp. 281-290, 2024.

[4] R. A. Saraswati and W. D. Putra, "Analisis Pengaruh Pengetahuan K3 terhadap Perilaku Pekerja Konstruksi (Studi Kasus : Proyek Preservasi Jalan dan Jembatan Ruas Jalan Perintis Kota Makassar)," *Journal On Education,* vol. 5, no. 4, pp. 11734-11739, 2023.

[5] F. Fassa and S. Rostiyanti, "Pengaruh Pelatihan K3 Terhadap Perilaku Tenaga Kerja Konstruksi Dalam Bekerja Secara Aman Di Proyek," *Architecture Innovation Journal,* vol. 4, no. 1, pp. 1-14, 2020.

[6] T. P. Maulana, A. Khamid and M. Tolani, "Analisis Pengaruh Lingkungan Kerja, Keselamatan dan Kesehatan Kerja Terhadap Produktivitas Managemen Konstruksi Dengan Metode SPSS," *Journal of Citizen Research and Development,* vol. 1, no. 2, pp. 284-290, 2024.

[7] J. F. Hair, G. T. M. Hult, C. M. Ringle and M. Sarstedt, A Primer on Partial Least Squares Structural Equation Modeling (PLS-SEM), Sage Publishing, 2022.

[8] I. Ghozali, Mediasi dan Pemoderasi Dalam Analisis Statistik : Menggunakan Program IBM SPSS 25 Process Versi 3.1 & WarpPLS 6.0, Semarang: Yoga Pratama, 2014.