

STUDI PENGARUH KARAKTERISTIK TANAH DASAR TERHADAP KERUSAKAN STRUKTUR PERKERASAN KAKU RUAS JALAN HOS COKROAMINOTO PEMALANG**ADI SETIAWAN¹, ANTONIUS², ABDUL ROCHIM³**Magister Teknik Sipil, Unissula¹²³Email: adiishi@yahoo.com¹DOI: <http://dx.doi.org/10.31869/rtj.v7i2.4684>

Abstract: *The construction of the HOS Cokroaminoto road using a rigid pavement structure was carried out in 2015. Over time and the development process, currently the road pavement layer has experienced a decline in the level of service, marked by damage to the road pavement layer in several places. Soil is one of the causes of damage to road structures. The purpose of this study is to determine the characteristics of the subgrade on the road, in order to determine the cause of the damage and how to repair it. Testing the characteristic properties of the HOS Cokroaminoto Pemalang road section which took 2 soil samples, namely the soil around housing (sample A) and the soil around rice fields (sample B) including testing water content (w), soil specific gravity (GS), Liquid Limit (LL), Plastic Limit (PL), Plasticity Index (IP), Sieve Analysis, CBR, Soil Shear Force (cohesion and soil shear angle, Soil permeability and Consolidation. According to the results of soil investigations in the laboratory, subgrade soil on the road section HOS Cokroaminoto Pemalang is included in the fine-grained soil category, and in the Manual Desain Perkerasan Jalan 2017, to reduce pumping to a depth of 150 mm it must be stabilized with cement.*

Keywords: *Pavement, Soil investigation, Testing, Pumping*

Abstrak: Jalan HOS Cokroaminoto dilakukan pembangunan dengan menggunakan struktur rigid pavement pada tahun 2015, seiring berjalannya waktu dan proses pembangunan, saat ini lapis perkerasan jalan telah mengalami penurunan tingkat pelayanan, ditandai dengan adanya kerusakan pada lapis perkerasan jalan di beberapa tempat. Tanah merupakan salah satu penyebab dari kerusakan struktur jalan. Tujuan studi ini adalah untuk mengetahui karakteristik tanah dasar diruas jalan tersebut, guna mengetahui penyebab kerusakan dan cara perbaikannya. Pengujian sifat karakteristik pada ruas jalan HOS Cokroaminoto Pemalang yang mengambil 2 sampel tanah yakni tanah di sekitar perumahan (sampel A) dan tanah disekitar persawahan (sampel B) meliputi pengujian kadar air (w), Berat jenis tanah (GS), Liquid Limit (LL), Plastic Limit (PL), Indeks Plastisitas (IP), Analisa Saringan, CBR, Gaya Geser Tanah (kohesi dan sudut geser tanah, Permeabilitas tanah dan Konsolidasi. Menurut hasil penyelidikan tanah di laboratorium, tanah dasar di ruas jalan HOS. Cokroaminoto Pemalang termasuk dalam kategori tanah berbutir halus, dan didalam Manual Desain Perkerasan Jalan 2017, untuk mengurangi pumping hingga kedalaman 150 mm harus distabilisasi semen.

Kata kunci: Perkerasan jalan, Penyelidikan tanah, Pengujian, Pumping

A. Pendahuluan

Visi pemerintahan yang baru salah satunya adalah membangun infrastruktur di daerah, yaitu infrastruktur jalan di kabupaten, selain pemeliharaan rutin infrastruktur yang telah dibangun tahun sebelumnya. Diperlukan peningkatan maupun pemeliharaan jalan secara rutin sehingga dapat menunjang dan meningkatkan perekonomian di Indonesia khususnya di Pemalang. Sektor industri perikanan, garmen, perkebunan teh dan tebu di Pemalang merupakan sektor yang paling vital, dengan semakin majunya sektor tersebut maka diperlukan prasarana jalan yang baik untuk menunjang perkembangan sektor tersebut, salah satunya adalah dengan pemeliharaan jalan kabupaten di Pemalang, terutama jalan-jalan penghubung yang terkoneksi dengan jalan provinsi maupun jalan nasional (pantura). Salah satu jalan tersebut adalah ruas jalan HOS. Cokroaminoto yang merupakan jalan penghubung ke jalan nasional (pantura) dengan panjang 2,300 Km.

Jalan HOS Cokroaminoto dilakukan pembangunan dengan menggunakan struktur *rigid pavement* pada tahun 2015, namun seiring berjalannya waktu dan proses pembangunan, lapis perkerasan jalan telah mengalami penurunan tingkat pelayanan. Menurunnya tingkat pelayanan ditandai dengan adanya kerusakan pada lapis perkerasan jalan, di beberapa tempat dimana lokasi sekitarnya daerah persawahan banyak ditemukan retakan memanjang searah dengan jalan seperti pada Gambar 1, dan di beberapa tempat di sekitar perumahan mengalami kerusakan yang berbeda, seperti retak sudut dan retak melintang jalan pada Gambar 2. Salah satu komponen lingkungan fisik yang sangat mempengaruhi kualitas pelayanan dan kondisi konstruksi jalan adalah kualitas geofisik tanah (Daud, 2016). Untuk itu tanah yang akan digunakan perlu diketahui karakteristiknya agar dapat mengetahui kekuatan dari tanah tersebut. Untuk mengetahui karakteristik suatu tanah perlu diadakannya penyelidikan tanah.

Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi karakteristik tanah dasar Jalan HOS Cokroaminoto dan menentukan perbaikan yang tepat untuk kerusakan ruas Jalan HOS Cokroaminoto Pemalang berdasarkan karakteristik tanah dasarnya

Jalan beton adalah struktur yang terdiri atas pelat beton semen yang bersambung (tidak menerus) tanpa atau dengan tulangan, atau menerus dengan tulangan terletak diatas lapis pondasi bawah atau tanah dasar, tanpa atau dengan lapisan permukaan beraspal, seperti Gambar 3. Struktur dan jenis perkerasan beton semen dibedakan kedalam 4 jenis: (Pd T-14-2003 Departemen pemukiman dan prasarana wilayah 2003)

1. Perkerasan beton semen bersambung tanpa tulangan
2. Perkerasan beton semen bersambung dengan tulangan
3. Perkerasan beton semen menerus dengan tulangan
4. Perkerasan beton semen pra-tegang

Menurut Hardiyatmo (2007), kerusakan perkerasan kaku dapat diklasifikasikan sebagai berikut:

1. Deformasi (deformation), terdiri dari pemompaan, blow-up, penurunan, punch out, dan rocking.

2. Retak (cracks), terdiri dari retak memanjang, retak melintang, retak diagonal, retak berkelok, retak sudut, retak tekuk, retak susut, retak bersilang pelat, telat terbagi, dan retak daya tahan.

3. Desintegrasi (disintegration), terdiri dari scaling, gompal, agregat licin, dan popout.

Menurut buku standart Direktorat Bina Marga NO. 10/T/BNKT/ 1991, kerusakan perkerasan kaku dapat diklasifikasikan sebagai berikut:

Tabel 1. Klasifikasi dan penyebab kerusakan perkerasan kaku

Klasifikasi	Penyebab Utama
Kerusakan disebabkan karakteristik permukaan	
Retak setempat	Retak yang tidak mencapai dasar slab
	<ul style="list-style-type: none"> • Retak awal • Retak sudut • Retak melintang • Retak disekitar lapisan tanah dasar
	<ul style="list-style-type: none"> - Pengeringan berlebihan pada saat pelaksanaan - Daya dukung tanah dasar dan lapis pondasi yang tidak cukup besar - Susunan sambungan dan fungsinya tidak sempurna - Ketebalan slab kurang memadai - Perbedaan penurunan tanah dasar - Mutu beton rendah - Penyusutan struktur dan lapis pondasi - Konsentrasi tegangan
Patahan (<i>faulting</i>)	<ul style="list-style-type: none"> • Tidak teraturnya susunan lapisan • Patahan slab
	<ul style="list-style-type: none"> - Pemadatan tanah dasar dan lapis pondasi kurang baik - Penyusutan tanah dasar yang tidak rata - Pemompaan (<i>pumping</i>)

Deformasi	<ul style="list-style-type: none"> • Ketidakrataan memanjang 	<ul style="list-style-type: none"> - Fungsi dowel tidak sempurna - Kurangnya daya dukung tanah - Perbedaan penurunan tanah
Abrasi	<ul style="list-style-type: none"> • Pelepasan butiran • Pelicinan (hilangnya ketahanan gesek) • Pengelupasan (<i>scaling</i>) 	<ul style="list-style-type: none"> - Lapis permukaan usang - Lapis permukaan aus penggunaan agregat lunak - Pelaksanaan yang kurang
Kerusakan sambungan	<ul style="list-style-type: none"> • Kerusakan pada bahan perekat sambungan • Kerusakan pada ujung sambungan 	<ul style="list-style-type: none"> - Bahan pengisi sambungan yang using, Bahan pengisi mengeras, melunak, menyusut - Kerusakan susunan dan fungsi sambungan
Lain-lain	<ul style="list-style-type: none"> • Berlubang 	<ul style="list-style-type: none"> - Campuran agregat yang kurang baik seperti kepingan kayu didalam adukan - Mutu beton yang kurang baik
Kerusakan disebabkan Struktur		
Retak meluas	<ul style="list-style-type: none"> • Retak yang mencapai dasar slab • Retak sudut • Retak melintang/memanjang • Retak buaya 	<ul style="list-style-type: none"> - Kekuatan daya dukung tanah dan lapis pondasi kurang memadai - Struktur sambungan dan fungsinya kurang tepat - Perbedaan letak permukaan tanah - Mutu beton yang kurang baik - Kelanjutan dari retak-retak diatas
Melengkung	<ul style="list-style-type: none"> • Jembul • Hancur 	<ul style="list-style-type: none"> - Susunan sambungan dan fungsinya kurang tepat

Sumber : Direktorat Bina Marga NO. 10/T/BNKT/ 1991

Tanah adalah Lapisan paling atas dari permukaan bumi yang mengandung suatu material atau bahan yang terdiri dari agregat (butiran) mineral – mineral padat yang tidak tersedimentasi satu sama lain dan dari bahan – bahan organik yang telah melapuk serta mengandung berbagai jenis zat cair dan gas yang mengisi ruang – ruang kosong diantara partikel – partikel tanah. Bahan anorganik sebelum terjadi pembentukan tanah, pada awalnya mengalami pelapukan sehingga menjadi butir – butir halus/kecil yang sering disebut regolith. Selanjutnya regolith tersebut mengalami pelapukan juga sehingga hancur dan melebur dengan tanah (Pratikso, 2017).

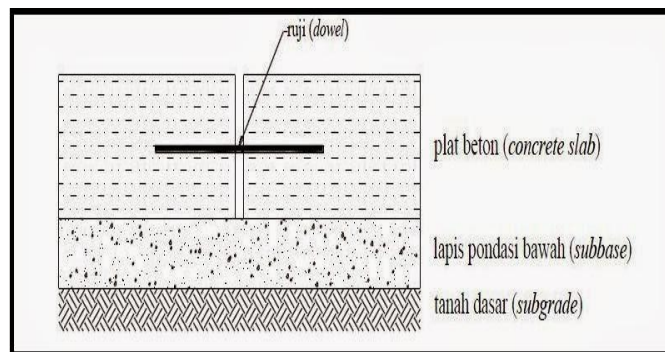
Karakteristik tanah bertujuan untuk mengetahui sifat fisis dan mekanis tanah yang akan digunakan pada suatu konstruksi. Karakteristik tanah juga digunakan untuk mengetahui daya dukung tanah dan kuat geser tanah yang mampu menahan konstruksi diatasnya.



Gambar 1. Retak Memanjang Jalan



Gambar 2. Retak Melintang Jalan



Gambar 3. Struktur Jalan Beton

B. Metodologi Penelitian

Pada penelitian ini metode yang akan digunakan adalah metode uji laboratorium yang dilakukan di Laboratorium Mekanika Tanah Teknik Sipil Universitas Islam Sultan Agung Semarang. Tahap-tahap dalam penelitian digambarkan secara ringkas pada Gambar 4.

Pengujian karakteristik tanah yang akan dilakukan yaitu Pemeriksaan Kadar Air, *Specific Gravity* (Gs), Batas-Batas atterberg, Analisa Saringan, Kuat Geser menggunakan Metode Kuat Tekan Bebas (*Unconfined Compression Strength Test*), Konsolidasi (*Consolidation*) dan Klasifikasi Tanah.

a. Pengujian Kadar Air

Pengujian kadar air bertujuan untuk mengetahui kadar air asli pada tanah. Pengujian ini mengacu pada SNI 1965:2008.

b. Pengujian Batas Batas Atterberg

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui nilai batas cair, batas plastis, batas susut. Pengujian ini mengacu pada SNI 1967:2008, dan SNI 1966:2008.

c. Pengujian *Specific Gravity* (Gs)

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui ukuran butiran sampel tanah. Pengujian ini mengacu pada SNI 1964:2008.

d. Pengujian Analisa Saringan

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui distribusi ukuran butiran sampel tanah. Pengujian ini mengacu pada SNI 3423:2008.

e. Konsolidasi (*Consolidation*)

Pengujian ini bertujuan untuk mencari hubungan kenaikan beban dengan besarnya penurunan yang secara tidak langsung disebut dengan angka pori.

f. Kuat Tekan Bebas (*Unconfined Compression Strength Test*)

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui parameter kekuatan geser tanah dan sudut geser dalam. Pengujian ini mengacu pada SNI 3638:2012.

C. Pembahasan dan Analisa

Pengujian sifat karakteristik pada ruas jalan HOS Cokroaminoto Pemalang yang mengambil 1 sampel tanah yakni tanah di sekitar perumahan (sampel A) meliputi pengujian kadar air (w), Berat jenis tanah (GS), Liquid Limit (LL), Plastic Limit (PL), Indeks Plastisitas (IP), Analisa Saringan, CBR, Gaya Geser Tanah (kohesi) dan sudut geser tanah, Permeabilitas tanah dan Konsolidasi.

a. Pengujian Kadar air

Hasil dari pengujian kadar air dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Kadar air tanah

Keterangan sampel	Satuan	Tanah Asli
No. Cawan		4
Berat cawan + sampel basah	Gr	119,50
Berat cawan + sampel kering	Gr	94,69
Berat cawan	Gr	6,08
Berat air	Gr	24,81
Berat tanah kering	Gr	88,61
Kadar air	%	27,99
Berat sampel basah + Alat	Gr	491,96
Berat sampel basah	Gr	298,80
Berat Alat	Gr	193,16
Volume alat ($\varnothing = 6,4$ cm, $t = 5$ cm)	Cm ³	160,77
Berat volume basah (γ_b)	Gr/ Cm ³	1,86
Berat volume kering (γ_k)	Gr/ Cm ³	1,45
Void Ratio (e)		0,73
Porosity (n)	%	0,42
Derajat kejenuhan tanah (SR)	%	96,00

Dari Tabel 2 disimpulkan bahwa kadar air yang terkandung di dalam sampel tanah adalah 27,99%, dan derajat kejenuhan 96,00 %. Merujuk pada hasil penelitian atau Teori peneliti sebelumnya (Hadiyatmo, 2002) bahwa angka ini artinya adalah tanah pada daerah lokasi penelitian adalah tanah basah.

b. Pengujian berat jenis tanah (GS)

Hasil pengujian berat jenis tanah tersebut dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. berat jenis tanah

Sampel	Satuan	Sampel A
A Piknometer no		6
B Piknometer + sampel	Gram	57,04
C Berat piknometer	Gram	31,85
D Harga air piknometer	Gram	50,11
E Berat piknometer + sampel + air	Gram	96,97
F Temperatur		1,01
G Koreksi temperatur		1,01
H Berat sampel	Gram	25,19
I Berat air	Gram	39,93
J Berat jenis tanah		2,52

Dari Tabel 3, disimpulkan bahwa berat jenis tanah di sekitar perumahan adalah 2,52. Merujuk pada hasil penelitan atau Teori peneliti sebelumnya (Hadiyatmo, 2002) bahwa angka ini artinya adalah tanah pada daerah lokasi penelitian mendekati dalam kategori tanah lempung organik (Nilai G_s 2,58 -2,65).

c. Pengujian sieve analysis

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui ukuran gradasi butiran dari sampel tanah yang berada disekitar perumahan.

1) Grain Size

Hasil dari pengujian grain size yang dilakukan di laboratorium dapat dilihat pada Tabel 4 berikut:

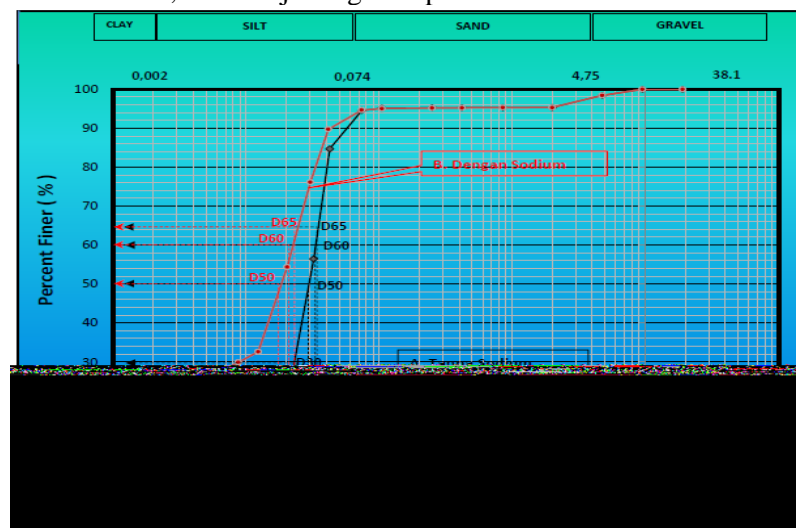
Tabel 4. Hasil Pengujian Grain Size

Diameter Saringan (mm)	Berat Sampel + Cawan (gr)	Berat Cawan (gr)	Berat Sampel Tertahan (gr)	Prosentase tertahan	Prosentase Kumulatif Tertahan	Prosentase Lolos
63,5						
50,8						
38,1						
25,4						
19,1	0	0	0	0	0	100
9,52	15,66	4,22	11,44	0,42	0,42	99,58
4,75	35,96	4,29	31,67	1,17	1,59	98,41
2,00	87,91	3,97	83,94	3,10	4,69	95,31

Dari Tabel 4, disimpulkan bahwa jumlah lolos saringan 2,00 mm di sekitar perumahan adalah 95,31%. Merujuk pada hasil penelitan atau Teori peneliti sebelumnya (Hadiyatmo, 2002) dimana jumlah tanah yang lolos saringan 2,00 mm > 50% artinya adalah tanah pada daerah lokasi penelitian adalah tanah berbutir halus.

2) Hidrometer

Hasil perhitungan keseluruhan dari pengujian tersebut dapat diklasifikasikan berdasarkan soil classification USCS, dan disajikan grafik pada Gambar 4.



Gambar 4. Grafik Tanah *Unified*

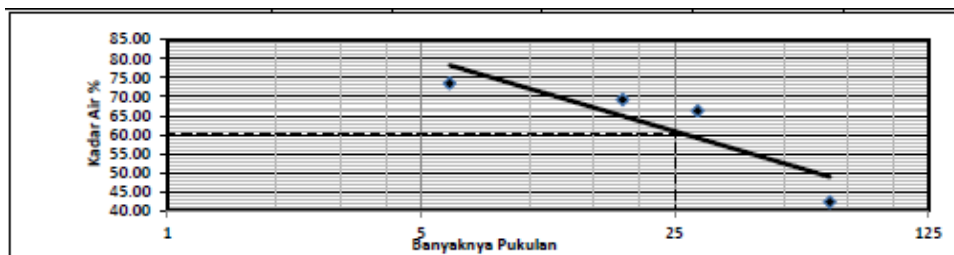
Dari Gambar 5, tanah di sekitar perumahan dapat diklasifikasikan terdiri dari *Gravel* 2,82%, *Sand* 91,72%, *Silt* 3,86% dan *Clay* 1,59%. Artinya adalah tanah pada daerah lokasi penelitian adalah tanah pasir berbutir halus

d. Batas Cair (LL)

Dari hasil pengujian batas cair (LL), maka diperoleh data yang disajikan pada Tabel 5 dan hasil perhitungan tersebut dimasukkan dalam bentuk grafik yang disajikan pada Gambar 6

Tabel 5. Hasil Pengujian batas cair (LL)

Banyak Pukulan	6	18	29	67
Nomer cawan	16	17	18	19
Berat cawan + sampel basah	32,12	30,12	29,63	36,56
Berat cawan + sampel kering	20,28	19,52	19,45	26,94
Berat air	11,84	10,60	10,18	9,62
Berat cawan	4,16	4,20	4,09	4,21
Berat sampel kering	16,12	15,32	15,36	22,73
Kadar air	73,45	69,19	66,28	42,32



Gambar 5. Grafik Atterberg

Dari Tabel 5 dan grafik Gambar 5, disimpulkan bahwa pada saat ketukan ke 25 jumlah kadar air yang terkandung didalam sampel adalah 60.92%. Merujuk pada hasil penelitan, tanah pada daerah lokasi penelitian ini menurut USCS dalam diagram plastisitas, berdasarkan batas cairnya digolongkan kedalam tanah berbutir halus dengan kompresibilitas tinggi, dinotasikan H (*High Compressibility*)

e. Batas Plastis (PL)

Dari hasil pengujian batas plastis (PL) maka diperoleh data dalam Tabel 6.

Tabel 6. Hasil pengujian batas plastis (PL)

Batas Plastis (PL)	
Nomor cawan	20
Berat cawan + contoh basah	15,95
Berat cawan + contoh kering	13,97
Berat air	1,98
Berat cawan	3,98
Berat contoh kering	9,99
Kadar air	19,82

Berdasarkan Tabel 6, diketahui bahwa kadar air rata rata yang didapatkan dari hasil pengujian batas plastis adalah 19,82 %.

- f. Indeks plastisitas (PI)
nilai indeks plastisitas (PI) disajikan pada Tabel 7.

Tabel 7. Hasil pengujian indeks plastisitas

	LL	PL	PI
Tanah asli	60,92	19,82	42,10

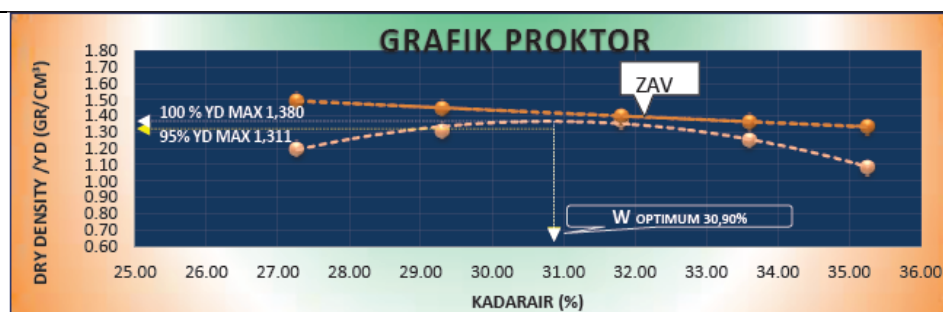
Berdasarkan Tabel 7, hasil pengujian batas plastis adalah 42.10 %. Merujuk pada hasil penelitian, tanah pada daerah lokasi penelitian berdasarkan batas cairnya digolongkan kedalam kategori pasir halus dengan plastisitas tinggi.

- g. Proktor

Dari hasil pengujian *proctor*, maka diperoleh data yang disajikan pada Tabel 8 dan hasil perhitungan dimasukkan dalam bentuk grafik yang disajikan pada Gambar 7.

Tabel 8. Hasil pengujian *proctor*

Pengujian	I	II	III	IV	V
Berat sampel gr	2000	2000	2000	2000	2000
Penambahan air cc	100	200	300	400	500
KEPADATAN PROKTOR					
Berat sampel + Cetakan	7149,65	7309,47	7423,46	7294,50	7085,36
Berat cetakan	5648,25	5648,25	5648,25	5648,25	5648,25
Berat sampel basah	1501,40	1661,22	1775,21	1646,25	1437,11
Volume cetakan ($\square = 10$, T=12,50)	981,25	981,25	981,25	981,25	981,25
Berat isi sampel basah	1,53	1,69	1,81	1,68	1,46
Berat isi sampel kering	1,20	1,31	1,37	1,26	1,08
ZAV	1,49	1,45	1,40	1,36	1,33
Kadar air : PROKTOR					
Berat sampel basah + cawan	42,13	61,85	92,12	73,24	58,20
Berat sampel kering + cawan	33,96	48,76	70,83	55,86	44,16
Berat air	8,17	13,09	21,29	17,83	14,04
Berat cawan	4,00	4,10	3,90	4,14	4,34
Berat sampel kering	29,96	44,66	66,93	51,72	39,82
Kadar air (W)	27,27	29,31	31,81	33,60	35,26

Gambar 6. Grafik *Proctor*

Dari Tabel 8 dan grafik Gambar 6, disimpulkan bahwa pada kondisi tanah asli nilai berat volume tanah kering optimum (γ_d Max) adalah sebesar 1.380 dan kadar air optimum (W_{opt}) sebesar 30,90%.

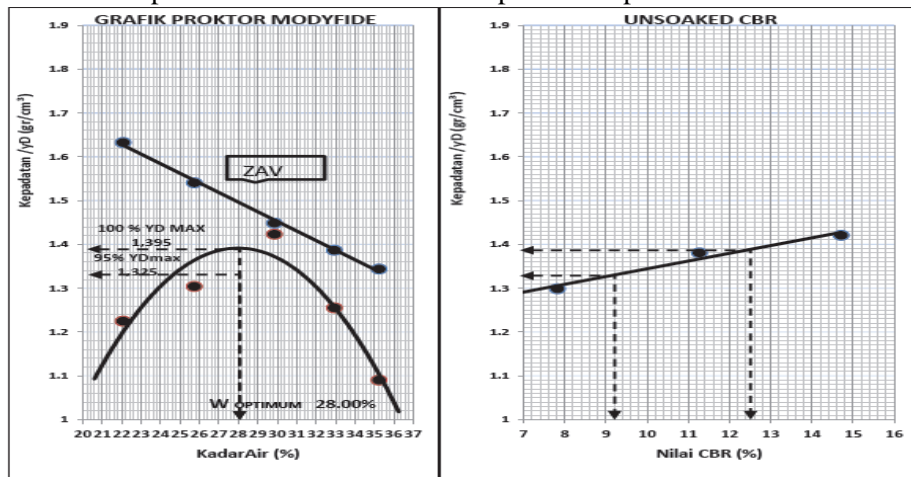
Merujuk pada hasil penelitian bahwa angka ini artinya adalah tanah yang berada di sekitar perumahan mempunyai kepadatan maksimal dengan berat volume tanah kering = $1,38 \text{ gr/cm}^3$ dengan kadar air optimum 30,90%.

h. CBR Tanah

Percobaan CBR tanah dilakukan untuk mengetahui kekuatan tanah sebagai dasar untuk menentukan tebal lapis perkerasan pada tanah yang berada di sekitar perumahan. Pada pengujian CBR dilakukan dengan 2 metode yaitu:

a. Percobaan CBR tak terendam (*Unsoaked*)

Grafik hasil percobaan CBR Unsoaked dapat dilihat pada Gambar 8



Gambar 7. Grafik CBR *Unsoaked*

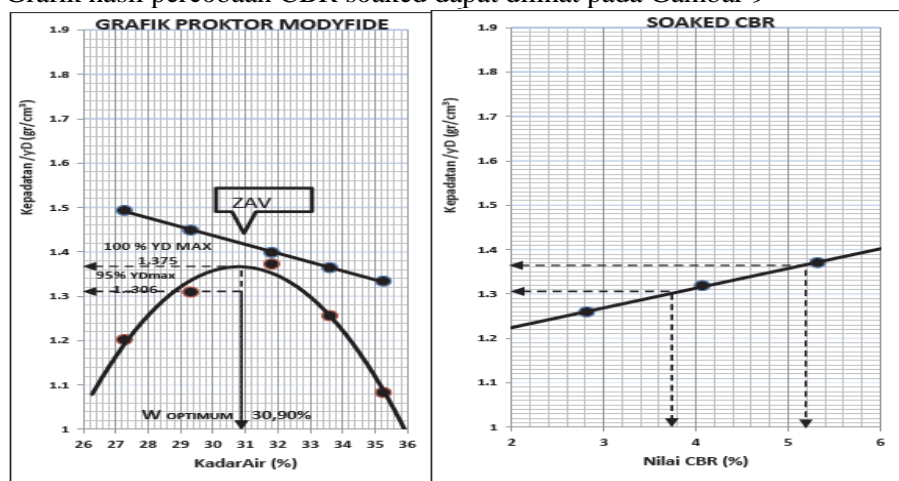
dari percobaan dengan tak terendam, setelah dilakukan dengan tumbukan per lapis sebanyak 10x, 25x dan 56x, didapatkan data sebagai berikut

- nilai CBR 100% : 12,40 %
- γ_d . Max 95 % : $1,39 \text{ gr/cm}^3$

Merujuk pada hasil penelitian bahwa angka ini artinya adalah tanah pada daerah lokasi penelitian mempunyai nilai CBR rencana sebesar 12,40 ketika mencapai nilai kepadatan yang dipersyaratkan yakni $1,39 \text{ gr/cm}^3$

b. Percobaan CBR rendaman (*Soaked*)

Grafik hasil percobaan CBR soaked dapat dilihat pada Gambar 9



Gambar 8 Grafik CBR *soaked*

Pada percobaan dengan tak terendam, setelah dilakukan dengan tumbukan per lapis sebanyak 10x, 25x dan 56x, didapatkan data sebagai berikut

nilai CBR 100% : 5,20 %

γ_d . Max 95 % : 1,38 gr/ cm³

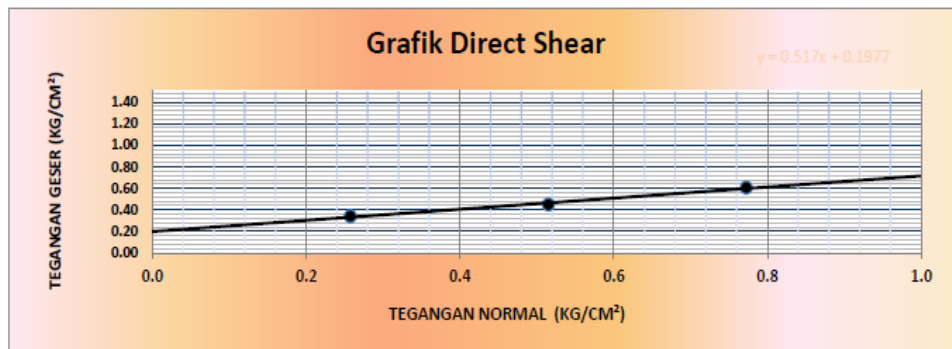
Merujuk pada hasil penelitan bahwa angka ini artinya adalah tanah pada daerah lokasi penelitian mempunyai nilai CBR rencana sebesar 5,20 ketika mencapai nilai kepadatan yang dipersyaratkan yakni 1,38 gr/ cm³

i. Kohesi dan sudut geser tanah

Percobaan kohesi dan sudut geser tanah adalah untuk mengetahui nilai gaya geser tanah yang berada di sekitar perumahan. Dari hasil pengujian *Direct Shear*, maka diperoleh data yang disajikan pada Tabel 9 dan hasil perhitungan tersebut dimasukkan dalam bentuk grafik yang disajikan pada Gambar 10

Tabel 9. Hasil pengujian *Direct Shear*

No. Test	I	II	III
Pembacaan Dial Max	25	31	45
Gaya Geser (kg)	9,400	11,66	16,92
Tegangan Geser (kg/cm ²)	0,30	0,38	0,54
Tegangan Normal (kg/cm ²)	0,26	0,52	0,77



. Gambar 9. Grafik Direct Shear

Berdasarkan grafik Gambar 9, diketahui bahwa tanah yang berada di sekitar perumahan mempunyai nilai kohesi (c) 0,16 kg/cm² dan Sudut Geser Dalam (ϕ) 25,19°. Untuk selanjutnya nilai kohesi (c) dan Sudut Geser Dalam (ϕ) tersebut, akan kita masukkan sebagai parameter data kedalam program elemen hingga PLAXIS untuk mengetahui stabilitas struktur jalan rigid.

j. Konsolidasi

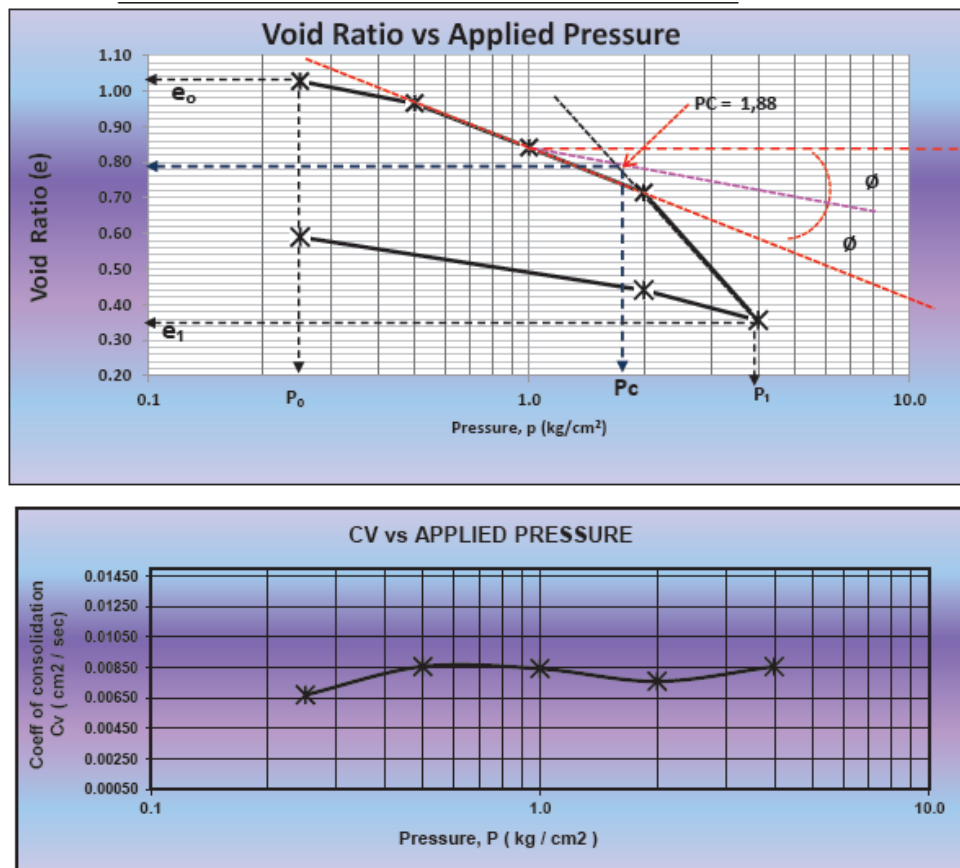
Percobaan konsolidasi ini adalah untuk mengetahui nilai penurunan tanah akibat proses konsolidasi tanah pada daerah sekitar perumahan. Hasil perhitungan keseluruhan dari pengujian *Consolidation Test* tersebut disajikan dengan Tabel 10 dan grafik pada Gambar 11.

Tabel 10. Hasil Pengujian *Consolidation Test*

Water Content	Beginning Test	End of Test	Kadar air setelah pengujian	
Container No.	1	2	WT.	Wet
WT. Container + Wet Soil in Gr	214.72	213.72	WT.	Wet
			soil + cw	
WT. Container + Dry	177.93	177.93	WT.	Dry
			86.98	

Soil in Gr	soil + cw			
WT. Water (WM) in Gr	36.79	35.79	WT. cw	7.39
WT Container in Gr	98.34	98.34	WT. water	35.79
WT of Dry Soil in Gr	79.59	79.59	WT. Dry Soil	79.59
Water Contain (w) in %	46.22	44.97	Water Content	44.97

Applied Pressure	Final Dial	Dial Change (ΔH)	$\Delta e = \Delta H/H_s$	$e = e_0 - \Sigma \Delta e$	Average height for load	H	Fitting time (t = 90)	$C_v H^2 =$
Kg/cm ²	cm	Cm			Cm	Cm	sec	Cm ² /sec
0	0			1.07	2.10			
		0,02	0,02			1.04	117.6	0.01
0,1	0,02			1.05	2.08			
		0,02	0,02			1.03	135.0	0.01
							0	
0,25	0,04			1.03	2.06			
		0,06	0,06			1.01	101.4	0.01
							0	
0,5	0,11			0.97	1.99			
		0,13	0,12			0.97	93.75	0.01
1	0,23			0.8	1.87			
		0,13	0,13			0.90	90.77	0.01
2	0,36			0.71	1.74			
		0,36	0,36			0.78	60.00	0.02
4	0,73			0.36	1.37			
		0,07	0,08			0.66		
2	0,64			0.44	1.29			
		0,15	0,15			0.60		
0,25	0,48			0.59	1.18			

Gambar 10. Grafik *Consolidation Test*

Berdasarkan grafik Gambar 10, diketahui bahwa tanah yang berada di sekitar perumahan mempunyai nilai Indeks Pemampatan (C_c) sebesar 0,43 dan Koefisien Konsolidasi (C_v) sebesar 0,008 cm^2/sec .

Dimana Indeks Pemampatan (C_c) berhubungan dengan besarnya nilai konsolidasi atau penurunan yang akan terjadi, sedangkan Koefisien Konsolidasi (C_v) berhubungan dengan lama terjadinya konsolidasi.

k. Permeabilitas tanah

Dari hasil pengujian *Permeabilitas (Falling Head Test)*, maka diperoleh data yang disajikan pada Tabel 11.

Tabel 11. Hasil Pengujian *Permeabilitas (Falling Head Test)*

	Sampel	Satuan	Sampel A		
			Uji 1	Uji 2	Uji 3
a	Luas Permukaan Sampel (A)	cm^2		31,35	
b	Luas Pipa Burette (a)	cm^2		3,14	
c	Volume Sampel (V)	cm^3		406,04	
d	H_0	cm	100	95,50	91,00
e	h_1	cm	95,50	91,00	85,50
f	T	detik	7200	7200	7200
g	Rata rata waktu Percobaan	detik		7200	
h	Kecepatan Koefisien Fitran (K)	cm/detik	$8,29 \times 10^{-6}$	8,69 $\times 10^{-6}$	$1,12 \times 10^{-5}$
i	Rata rata K ($T = 30^\circ$)	cm/detik	$8,29 \times 10^{-6}$		

$$j \quad K20 \quad \text{cm/detik} \quad 6,48 \times 10^{-6}$$

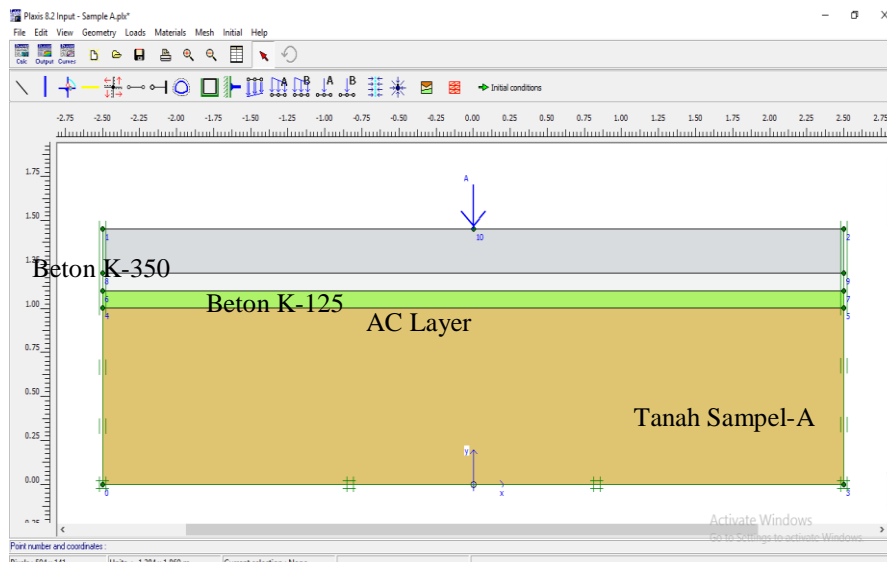
Berdasarkan Tabel 11, diketahui bahwa tanah yang berada di sekitar perumahan mempunyai nilai permeabilitas sebesar $6,48 \times 10^{-6}$.

Analisa Plaxis

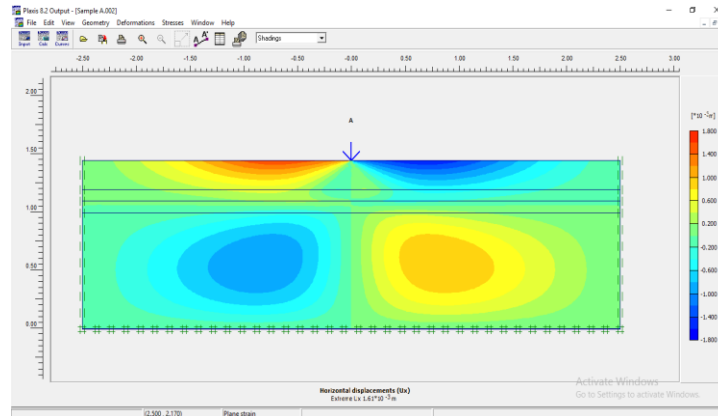
Model geometri pada PLAXIS 2D versi 8.6 didasarkan pada pemodelan plane strain atau axisymmetric.

Tabel 12. Input Parameter Untuk Stabilitas Jalan Rigid

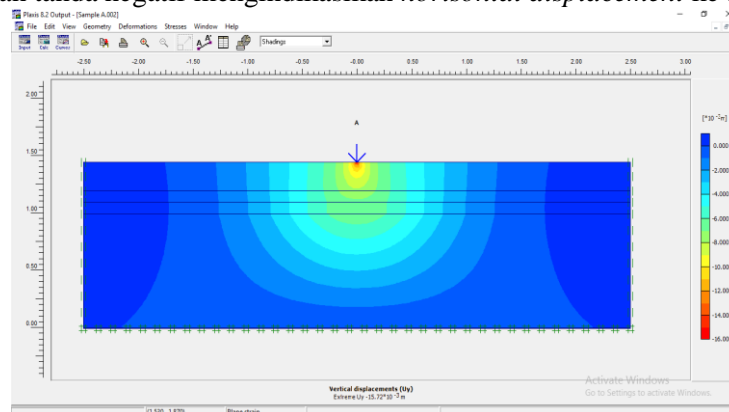
No	Deskripsi	Simbol	Satuan	Nilai
Parameter Tanah Sampel A				
1	Berat volume tanah kering	Yd	kN/m ³	14.24
	Berat volume tanah basah	Yw	kN/m ³	18.23
	Sudut geser dalam efektif	Ø	derajat	25.19
	Kohesi tanah	C	kN/cm ²	16.18
Parameter Tanah Sampel B				
2	Berat volume tanah kering	Yd	kN/m ³	12.87
	Berat volume tanah basah	Yw	kN/m ³	17.06
	Sudut geser dalam efektif	Ø	derajat	27.35
	Kohesi tanah	C	kN/cm ²	19.32
Beton K-350				
3	Berat volume	Y	kN/m ³	25
	Modulus Young	E	kN/m ²	2.43E+04
Beton K-125				
4	Berat volume	Y	kN/m ³	25
	Modulus Young	E	kN/m ²	1.51E+04
Asphalt Concrete 20°C				
5	Berat volume	Y	kN/m ³	20
	Modulus Young	E	kN/m ²	2.1E+06
6	Beban Lalu lintas		Ton	8,16



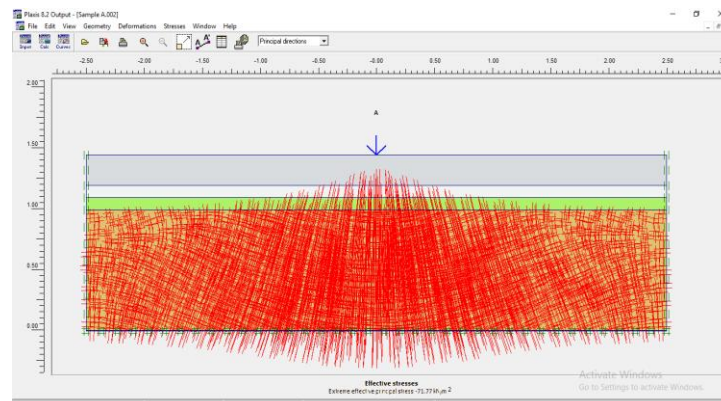
Gambar 11. Desain Model Dalam Program PLAXIS (Sampel Tanah A)

Gambar 12. *Horizontal Displacement* Sampel Tanah A

Bagian yang berwarna kuning menunjukkan tanda positif mengindikasikan akibat beban diatas struktur memberikan efek *horizontal displacement* ke arah kanan, sedangkan bagian berwarna biru menunjukkan tanda negatif mengindikasikan *horizontal displacement* ke arah kiri.

Gambar 13. *Vertikal Displacement* Sampel Tanah A

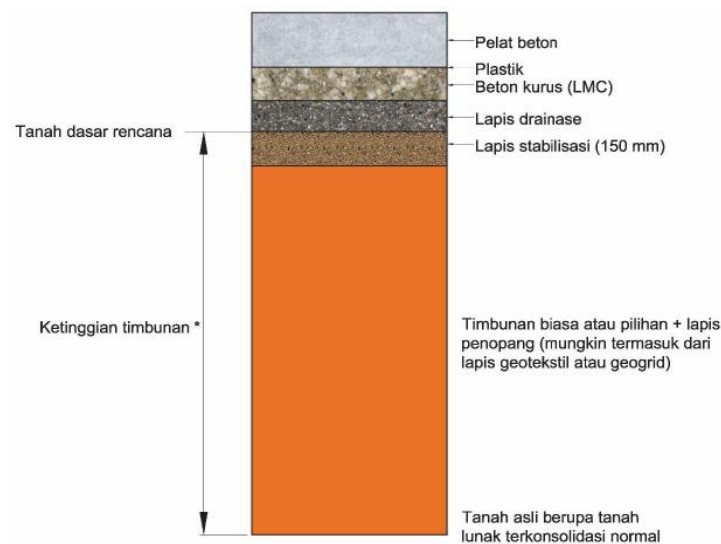
Vertikal displacement (penurunan) terbesar yaitu pada struktur yang langsung menerima beban, ditunjukkan warna kuning pada gambar. *Vertikal displacement* yang terjadi sebesar 0.015 m atau 1.50 cm.

Gambar 14. *Tegangan Efektif* Sampel Tanah A

Tegangan efektif merupakan tegangan yang dipengaruhi oleh gaya-gaya dari air yang terdapat di dalam tanah sehingga mempengaruhi kuat geser dan perubahan volume atau penurunan tanah. Tegangan efektif tanah dibawah beban pada sampel tanah A adalah sebesar -71.77 kN/m.

Dalam Manual Desain Perkerasan Jalan No. 02/M/BM/2017 disebutkan bahwa tanah dasar yang dapat dijadikan pondasi untuk perkerasan jalan adalah minimal 6 % dan penurunan maksimal sebesar 1,00 cm. Dari hasil pengujian tanah dasar maupun dari perhitungan menggunakan program PLAXIS 2D versi 8.6 pada sampel tanah A didapatkan bahwa tanah dasar di ruas jalan HOS Cokroaminoto Pemalang menjadi salah satu faktor penyebab kerusakan struktur Perkerasan kaku di jalan tersebut.

Untuk penanganan tanah dasar dengan karakteristik sama dengan kondisi di ruas jalan HOS Cokroaminoto Pemalang, maka perlu adanya penggantian lapisan tanah dasar sebagaimana gambar 16, dengan material timbunan pilihan yang memiliki permeabilitas rendah, kemudian diberi lapis penopang sebagai lapis drainase dan untuk mencegah terjadinya *pumping* terutama pada permukaan pondasi tanah berbutir halus, hingga ke dalam 150 mm harus distabilisasi menggunakan semen



Gambar 15. Rencana Struktur Perkerasan Kaku

D. Penutup

Dari hasil analisa dan penelitian karakteristik tanah dasar di ruas jalan HOS. Cokroaminoto Pemalang berdasarkan penyidikan tanah di Laboratorium Mekanika Tanah Universitas Islam Sultan Agung Semarang, dapat disimpulkan bahwa hasil Uji tanah di sekitar ruas jalan HOS. Cokroaminoto Pemalang termasuk dalam kategori tanah berbutir halus, dan didalam Manual Desain Perkerasan Jalan 2017, untuk mengurangi *pumping* hingga kedalaman 150 mm harus distabilisasi semen, disamping perlunya lapisan penopang sebagai lapisan drainase. Untuk penelitian selanjutnya, perlu adanya penyelidikan langsung di lapangan seperti boring, sondir maupun test DCP untuk dapat merencanakan pembangunan dan perbaikan yang tepat baik secara konstruksi maupun biaya. Sedangkan untuk kondisi jalan yang sudah rusak maka perlu dilakukan pembongkaran dan penggantian struktur jalan rigid serta melaksanakan dahulu perbaikan juga stabilisasi tanah dasarnya sebelum pelaksanaan pekerjaan struktur di atasnya.

Ucapan Terima Kasih

Terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu peneliti dalam menyelesaikan penelitian ini dari awal sampai akhir. Semoga hasil dari penelitian ini dapat memberikan manfaat bagi dunia pendidikan tentang faktor yang mempengaruhi kerusakan jalan rigid, terutama dari daya dukung tanahnya.

Daftar Pustaka

- Anas Ali Moh, 2000, *Modul Kursus Singkat Perkerasan Beton Semen*, Himpunan Pengembangan Jalan Indonesia, Provinsi Riau.
- Das, Braja M, 1995, *Mekanika Tanah*, Jilid 2, Erlangga, Jakarta.
- Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah, 2003, *Perencanaan Perkerasan Jalan Beton Semen*, Jakarta
- Dipohusodo, Istimawan, 1996, *Management Proyek dan konstruksi*, Kanisius, Yogyakarta.
- DPU Bina Marga, 1991, *Tata cara Pemeliharaan Perkerasan Kaku (Rigid Pavement)*, Dirjen Bina Marga, Direktorat Pembinaan Jalan Kota, Jakarta
- F. H. Chen, 1988, *Foundation on Expansive soil*, Elsevier Scientific Publishing Company, Amsterdam
- Hardiyatmo Hary Christady, 2007, *Pemeliharaan Jalan Raya*, Gadjah Mada University Press, Yogyakarta
- Hardiyatmo, Hary Christady, 2002. *Mekanika Tanah 1*. Gadjah Mada University Press.
- Hardiyatmo, Hary Christady, 2002. *Mekanika Tanah 2*. Gadjah Mada University Press.
- Kristiawan, SA., 2011, *Kompatibilitas Susut antara Material Perbaikan dan Beton*, Jurnal Teknik Sipil
- Kurnia Ade, 2014, *Rehabilitasi Kerusakan Ambblas Badan Jalan Pada Timbunan Tinggi (Ruas Jalan Kalianda – Bakauheni Provinsi Lampung)* Tesis Magister Teknik Sipil Konsentrasi Teknik Rehabilitasi dan Pemeliharaan Bangunan Sipil UNS
- Manual Desain Perkerasan Jalan No. 02/M/BM/2017, Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, Direktorat Jenderal Bina Marga
- Mohamed B.D.Elsawy, 2013, *Influence of Aging On Bearing Capacity of Circular Footing Resting on Soft Soil*. HBRC Journal, Volume 9, Issue 3, Desember 2013, Pages 256 -262
- Pratikso, 2017, *Mekanika Tanah I*, Unissula Press, Semarang
- Sabili Rahman, 2019, *Analisis Kerusakan Jalan Perkerasan Kaku Ruas Pemalang - Tegal Ditinjau Dari Segi Pelaksanaan Dan Cara Penanganan*, Tesis Magister Teknik Sipil Unissula, Semarang
- SNI 1968:1990. *Metode Pengujian Tentang Analisis Saringan Agregat Halus dan Kasar*.
- SNI 1742:2008. *Cara Uji Kepadatan Ringan untuk Tanah*.
- SNI 1744:2012. *Cara Uji CBR Laboratorium*.
- SNI 1967:2008. *Cara Uji Penentuan Batas Cair Tanah*.
- SNI 1966:2008. *Cara Uji Penentuan Batas Plastis dan Indeks Plastisitas Tanah*.
- SNI 3422:2008. *Cara Uji Penentuan Batas Susut Tanah*.
- SNI 2812:2011. *Cara Uji Konsolidasi Tanah Satu Dimensi*.
- Soeharto, Imam, 1997, *Managemen Proyek*, Erlangga, Jakarta
- Suaryana Nyoman, 2008, *Analisis Lendutan Timbunan Badan Jalan Pada Tanah Lempung Lunak*. Pusat Litbang Jalan dan Jembatan Bandung
- Sukirman, Silvia, 1995, *Perkerasan Lentur Jalan Raya*, Nova, Bandung
- Supardi, 2013, *Evaluasi Kerusakan Jalan Pada Perkerasan Rigid dengan Menggunakan Metode Bina Marga (Studi kasus Ruas Jalan Sei Durian – Rasau Jaya Km 21+700 s.d Km 24+700)*, Jurnal teknik Sipil UNTAN
- Tigo Mindiastiwi, Amrita Winaya Shita Dewi.(2022). *Upaya Stabilisasi Lereng Dengan Pendekatan Geotekstil Eco-Slopes*.Jurnal Teknik Sipil Unaya. 8(1), 69-76.
- Tigo Mindiastiwi, Po-Kai Wu, Agus Bambang Siswanto and Mukhamad Afif Salim. *Triaxial Testing on Geogrid-reinforced Granular Soils*. GCoMSE 2021. IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering. 1200 (2021) 012030.
- Undang-Undang Republik Indonesia No 38 Tahun 2004 tentang Jalan
- Universitas Islam Sultan Agung, 2020, *Pedoman Penyusunan dan penulisan tesis*