

PENGARUH KADAR AIR LAPISAN BAWAH TERHADAP KEMANTAPAN PERKERASAN PAVING DI KAWASAN DELTA AREA

Rachmat Mudiyo¹, Arga Rosantika²

^{1,2}Program Studi Teknik Sipil Universitas Islam Sultan Agung Semarang
Email: rachmat@unissula.ac.id

ABSTRACT

Geomorphologically, the city of Semarang is formed from the delta formation of the Kaligarang River, if the water discharge increases, it is certain that inundation will occur along the river. In addition, puddles caused by high tides are also common. The rapid growth of the city greatly affects the availability of supporting infrastructure such as roads. The age of pavement planning in the city of Semarang is often not reached due to the condition of the flood disaster. The purpose of this study is to determine the level of resistance of the subsurface layer to water which will affect the stability of the paving pavement. The initial stages carried out were the preparation of a research proposal containing the preparation of tools and materials, literature studies and the design of primary and secondary data collection instruments, the next stage was making laboratory test samples and conducting hydraulic test analysis to determine the optimum water content, the end of this activity stage was the formulation conclusion. Based on the results of the analysis, it was found that the water content greatly affects the depth of subsidence, the higher the water content, the higher the decrease. It was proven by testing in the lab, the water content in the base course was 10% sinking 40 mm, 20% 80 mm and 30% 120 mm.

Keywords: delta areas; water content; hydraulic test; paving stability

ABSTRAK

Secara geomorfologi kota Semarang terbentuk dari formasi delta Sungai Kaligarang apabila debit air meningkat maka bisa dipastikan genangan akan terjadi di sempadan sungai tersebut. Selain itu genangan yang disebabkan oleh rob air laut pasang juga sering dijumpai. Pertumbuhan kota yang semakin pesat sangat berpengaruh terhadap ketersediaan infrastruktur penunjang seperti jalan. Usia perencanaan perkerasan di Kota Semarang sering tidak tercapai karena adanya kondisi bencana genangan air. Tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui tingkat ketahanan lapisan bawah permukaan terhadap air yang nantinya akan berpengaruh pada kemantapan perkerasan paving. Tahapan awal yang dilakukan adalah penyusunan proposal penelitian yang memuat persiapan alat dan bahan, studi literatur dan desain instrumen pengumpulan data primer dan sekunder, tahap selanjutnya membuat sampel pengujian laboratorium dan melakukan analisis uji hidrolis untuk mengetahui kadar air optimum, akhir dari tahapan kegiatan ini adalah perumusan kesimpulan. Berdasarkan hasil analisis didapatkan bahwa kadar air sangat mempengaruhi dalamnya amblesan, semakin banyak kadar airnya semakin tinggi penurunannya. Dibuktikan dengan pengujian di lab, kadar air pada base course 10% ambles 40 mm, 20% 80 mm dan 30% 120 mm.

Kata kunci: delta area; kadar air; uji hidrolis; kemantapan paving.

1. PENDAHULUAN

Kota Semarang terletak di delta Sungai Kaligarang akan sering mengalami genangan air baik disebabkan karena run off air hujan maupun gelombang pasang surut air laut. Hal ini akan berpengaruh terhadap tingkat kemantapan perkerasan jalan paving. Kondisi lapisan bawah permukaan akan mempengaruhi kemantapan perkerasan jalan yang ada di atasnya (Iqbal, Nugroho, & Fatnanta, 2014). Banyak jenis dan macam perkerasan jalan diantaranya : Lentur ; rigid ; Composite ; dan Paving Block. Ruang lingkup pada penelitian ini dibatasi hanya pada kondisi lapis bawah permukaan perkerasan bukan pada jenis dan material paving. Kondisi dan sifat tanah dasar atau disebut lapisan sub grade sangat berpengaruh terhadap kerusakan jalan (Robitul, Harimurti, & Zaika, n.d.).

Banyak sekali jenis perkerasan yang dapat dijadikan pilihan penanganan kerusakan jalan untuk mendapatkan kualitas yang optimal. Permasalahan perkerasan paving masih sering dipandang sebelah mata. Paving sebagai salah satu jenis perkerasan jalan yang ramah lingkungan atau dapat difungsikan sebagai media peresapan air merupakan suatu anggapan yang salah. Adanya usaha untuk merubah anggapan dari pemikiran tersebut akan meningkatkan kualitas perkerasan paving (Wahyu & Sulaiman, n.d.).

Banyak ditemui kelemahan dari perkerasan paving seperti mudah ambles, permukaan tidak rata dan lain sebagainya. Cuaca pada saat kemarau mampu menahan beban berat namun pada saat musim penghujan tidak tahan terhadap beban (Hengl, Kluger-Eigl, Lukacevic, Blab, & Füssl, 2018). Berdasarkan beberapa kondisi permasalahan di atas maka tujuan dalam penelitian ini adalah bagaimana mendapatkan desain optimum yang dihasilkan dari pengujian laboratorium?

Tujuan yang ingin dicapai dari penelitian ini diharapkan dapat memberi kontribusi pada ilmu pengetahuan tentang toleransi kadar air optimum pada perkerasan paving.

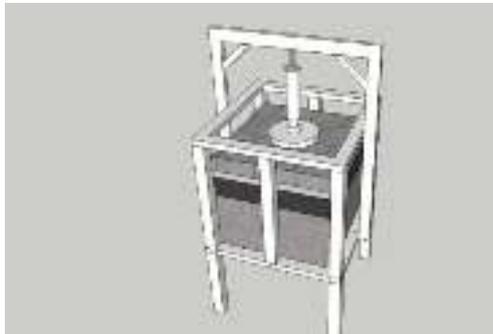
2. METODE PENELITIAN

2.1 Pengumpulan Data

Pada penelitian ini pengumpulan data dilakukan dengan cara eksperimen. Pada saat pengumpulan data eksperimen harus dilaksanakan dengan baik dan benar. Data yang didapatkan melalui uji coba pada benda uji penelitian pada uji laboratorium, terkait dengan kadar air yang digunakan pada lapisan sub-base terhadap amblesan perkerasan *paving block*.

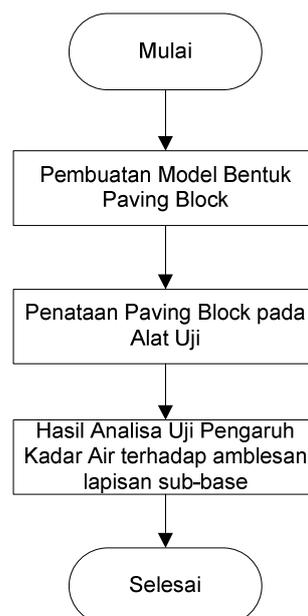
Desain Simulasi Alat Uji

Alat uji yang digunakan pada penelitian ini dibuat sedemikian rupa untuk rekayasa kadar air lapisan *sub-base course* terhadap amblesan perkerasan *paving block* seperti pada gambar berikut :



Gambar 1. Eksperimen tekan tampak isometri

Alat praktikum yang dipakai pada penelitian ini, alat ini berfungsi untuk membantu membuat rekayasa pengaruh kadar air lapisan sub- base course terhadap amblesan perkerasan paving block sehingga dapat menganalisis bentuk ataupun pola penataan paving block seperti apa pengaruh kadar air terhadap amblesan perkerasan paving block baik pola penataan (*laying pattern*) *Herring bond* maupun *basketweave*. Agar alat praktikum mendapatkan hasil yang diinginkan harus melalui beberapa tahap, mulai dari pembuatan alat praktikum sendiri sampai tahapan terakhir pada praktikum tersebut. Tahapan tersebut dapat ditampilkan sebagai berikut.



Gambar 2. Langkah - langkah uji pengaruh kadar air terhadap amblesan

Alat praktikum ini memerlukan beberapa parameter yang harus dipenuhi untuk mendapatkan hasil yang diinginkan. Parameter tersebut adalah bentuk paving *blok no dented, two dented, four dented*, dan juga *laying pattern* yang sudah ditentukan membentuk luas $2,3 \times 32$ dan $60 \times 75 \times 75$.

Setelah melakukan penataan paving kemudian diberikan gaya horizontal maupun vertikal menggunakan hydrolic jack yang ada pada alat praktikum.

2.2 Pengolahan Data

Dalam penelitian ini menggunakan beberapa jenis variasi benda uji, untuk mengetahui pengaruh kadar air dalam menahan gaya *vertical*, maka digunakan lah sebuah alat sederhana yang berukuran 75×75 . Dalam pengujian menahan gaya *vertical*, paving blok akan diberi beban gaya menggunakan hydrolic jack atau dongkrak hydrolic dari arah *vertical* maupun, variasi *layying patern* yang digunakan adalah sebagai berikut:

Paving blok kategori *no dented*. Kategori paving *no dented* ini menggunakan paving bebentuk bata (*rectangular*).

2.3 Analisis Data

Jenis penelitian ini bertujuan untuk mengetahui bentuk paving blok paling optimal dalam menahan gaya *vertical (push in)* sebagai alternatif penggunaan perkerasaan paving blok pada bahu jalan dari berbagi jenis segi pemasangan (*laying patern*), dengan menggunakan alat eksperimen sederhana berbentuk 75×75 . Untuk mendapatkan hasil yang diinginkan maka perlu adanya perhitungan atau analisa tentang gaya vertikal terhadap masing-masing pola penataan dan bentuk paving block. Secara umum perhitungan ini meliputi :

Menghitung pengaruh gaya dan vertikal (*push in*) terhadap paving blok berdasarkan pola penataannya.

Analisis Gaya Vertical

Dalam menganalisis gaya *vertical* disini menggunakan metode alat tekan pada perkerasaan paving blok yang bertujuan untuk mengetahui penurunan paving block dengan kadar air yang bervariasi. Jenis paving blok yang kita uji *herringbond*. Data uji gaya *vertical* dikumpulkan dan disajikan dalam bentuk tabel dan grafik. Pola penataan yang digunakan pada eksperimen ini adalah *herringbone*. Bentuk yang diuji pada eksperimen ini yaitu persegi panjang. Sementara ketebalan yang digunakan sama yaitu 80 mm.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

a. Analisis Gaya *Vertical*

Dalam menganalisis gaya vertical disini menggunakan metode alat tekan pada perkerasan paving blok yang bertujuan untuk mengetahui penurunan paving block dengan kadar air yang bervariasi. Jenis paving blok yang diuji herring bond. Data uji gaya vertical dikumpulkan dan disajikan dalam bentuk tabel dan grafik. Pola penataan yang digunakan pada eksperimen ini adalah herring bone. Bentuk yang diuji pada eksperimen ini yaitu persegi panjang. Sementara ketebalan yang digunakan sama yaitu 80 mm.

b. Data Bahan Uji yang digunakan

Pada eksperimen ini menggunakan paving blok, yaitu jenis holland dengan ukuran ketebalan 8 cm. Dari bahan uji yang ditampilkan pada tabel berikut :

Tabel 1. Data Uji *Holland* ketebalan 8 cm

Paving <i>Holland</i> 8 Cm			
No paving	Panjang	Lebar	Tebal
1	21	10.5	8
2	21	10.5	8
3	21	10.5	8.1
4	21	10.6	8.3
5	20,5	10.6	8,1
6	21	10.9	8.1
7	21	10.5	8.3
8	21	10.4	8.1
9	21	10.5	7.8
10	21	10.4	8.3
11	21,5	10.5	8.4
12	21	10.7	8.2
13	21	10.6	8.3
14	21	10.8	8.4
15	21	10.7	8.2
16	21	10.8	7.8
17	10	10.8	7.8
18	10.3	10.8	8.2

Paving <i>Holland</i> 8 Cm			
No paving	Panjang	Lebar	Tebal
19	10.4	10.5	8.3
20	10,2	10.6	8.2
Rata-Rata	19.1	10.61	8.14

Dari 20 sampel paving jenis holland dengan ukuran ketebalan 8 cm yang sudah diukur panjang dan lebar kemudian dihitung rata-rata dari 20 sampel tersebut. Rata-rata panjang paving holland ukuran ketebalan 8 cm menunjukkan 19,02 cm dan lebar rata-rata adalah 10,6

Bentuk paving blok holland diambil ukuran rata-rata yang dimana A adalah panjang paving, B adalah lebar paving, dan C adalah ketebalan paving.



Gambar 3. Paving Blok *Holland*

Dari semua tabel dihitung rata - rata paving yang digunakan untuk menentukan ukuran secara menyeluruh yang disajikan dalam tabel berikut :

Tabel 2. Rata- Rata Data Uji Paving *Holland*

No	Sample	Panjang	Lebar	Tinggi
1	8	19,1	10,61	8,14

Hasil perhitungan ukuran rata-rata benda uji paving bentuk *holland* ukuran ketebalan 8 cm menunjukkan panjang rata - rata 19,1 cm, lebar 10,61 cm dan tebal 8,14 cm.

Perhitungan cawan

Perhitungan cawan dilakukan agar ketika melakukan penimbangan dapat mengetahui berat cawannya sehingga berat bias dipisahkan dengan berat isi ketika melakukan penimbangan.

Tabel 3. Hasil Berat Cawan

Normal	Pasir	Basecose
Cawan	53	54.19
Cawan + isi	470.5	558.5
Setelah dioven cawan+isi	468.4	536.8
Isi Basah	417.5	513.4
Isi Kering	364.5	459.21

Dari hasil yang sudah didapat untuk berat cawan yang digunakan pada pasir memiliki berat 53 gr sedangkan cawan yang digunakan pada *base course* memiliki berat 54.19 gr. Dilakukan perhitungan ini agar bisa mendapatkan berat isi tanpa penambahan berat cawan yang digunakan.

Perhitungan *Vertical*

Perhitungan vertical disini menggunakan alat khusus yang dirancang sendiri dengan bahan box besi ukuran 75 x 75 x 60 dan dibantu dengan *hydraulic jack* yang berfungsi memberikan gaya pada perkerasan paving blok yang akan menimbulkan tekanan vertical pada perkerasan paving blok tersebut. Tekanan vertical yang diamati ditunjukkan pada gambar berikut :



Gambar 4. Paving block yang akan di uji

Metode pengukuran vertical dilakukan dengan menggunakan alat ukur meteran, kemudian diukur jarak antara paving dengan besi penopang *hammer jack* sebelum diberi gaya, lalu diukur perubahan jarak antara paving dengan besi penopang *hammer jack* setelah diberi gaya dan hasil pengukuran jarak tersebut dikurangkan.

Tabel 4. Hasil Percobaan Gaya *Vertical*

No	Sample	Ketebalan	Laying	Variasi Kadar Air
----	--------	-----------	--------	-------------------

			Pattern	0%	10%	20%	30%
1	<i>HOLLAND</i>	8cm	<i>Herring Bond</i>	3	4	8	12

Tabel 4 hasil percobaan benda uji dan *layying pattern herringbone* yang dilakukan pada alat uji *vertical force test* dengan pemberian gaya 2,85 ton. Vertical paling besar terjadi pada paving blok dengan variasi kadar air 30 % ketebalan 8 cm sebesar 12 cm. Sedangkan pada kadar air 20 % dengan penataan dan pemberian gaya yang sama terjadi amblesan sebesar 8 cm, pada kadar air 10 % dengan penataan dan pemberian gaya yang sama terjadi amblesan sebesar 4 cm dan yang paling kecil kadar airnya 6 % (*base course* masih asli dari *brown canyon*) dengan penataan dan pemberian gaya yang sama terjadi amblesan sebesar 3cm.



Gambar 5. Paving block setelah di uji

Perhitungan Kadar Air Basekos

Mencari kadar air yang ada dalam kandungan beskos agar mengetahui berapa banyak kadar air yang sudah di tentukan sesuai atau tidak setelah melakukan pengujian. Rumus yang digunakan sebagai berikut :

$$\text{Rumus Air Hilang} = \text{Berat awal} - \text{Berat akhir}$$

$$\text{Kadar Air} = \frac{\text{Air hilang}}{\text{Berat awal}} \times 100\%$$

Tabel 5. Hasil Perhitungan Kadar Air

Kadar air (%)				
Variabel	0%	10%	20%	30%
Berat awal	513.4	509.71	475.85	499.55
Berat setelah dioven	482.61	466.31	385.903	343.36
Air hilang	30.79	43.4	89.947	156.19
Kadar air	6%	9%	19%	31%

Dari hasil perhitungan kadar air yang sudah dilakukan pada beskos yang digunakan hampir mendekati kadar air yang sudah ditentukan. Untuk kadar air 0 % (kadar air asli pada beskos tanpa penambahan air) memiliki kadar air 6 % untuk pengujian pertama, sedangkan untuk kadar air 10 % memiliki kadar air 9 % setelah dilakukan perhitungan, pada kadar air 20 % memiliki kadar air 19 % setelah di oven dan diperhitungkan dengan rumus yang ada, dan kadar air 30 % memiliki kadar air 31 %. Pada perhitungan tabel diatas kadar air yang di dapat hampir mendekati apa yang sudah direncanakan.

Hasil Analisa Penurunan Terhadap Gaya *Vertical*

Gambar 6 menggunakan salah satu bentuk pola penataan perkerasan paving block dalam menahan *Vertical creep* pada perkerasan paving blok, menggunakan pola penataan Herring bond. Percobaan ini menggunakan ketebalan paving blok 8 cm, jenis paving yang digunakan adalah holland, bending sand dengan ketebalan 5 cm, dan jointing sand 3 mm.



Gambar 6. Sebelum diberi gaya *vertical* pada paving holland

Penurunan yang terjadi saat dilakukan vertical creep yang terjadi pada paving blok yaitu holland yang dibuat pada penataan Herring bond. Pengujian dilakukan empat kali percobaan pada uji push in test secara vertical creep untuk mengetahui penurunan pada paving block dengan kadar air yang bervariasi.

Tabel 6. *Vertical push in test* pada paving holland

H1	52	53.5	50	51
H2	55	57.5	58	63
ΔH	3	4	8	12

Ket :

H1 = Ketinggian Awal H2

H2 = Ketinggian Akhir

ΔH = Beda Tinggi

Pada percobaan push in test dengan gaya 2,85 ton yang diuji dengan sampel holland dengan ketebalan 8 cm. *laying pattern herring bone* dari hasil *push in test* tersebut pada paving holland dapat dilihat nilai *vertical creep* dengan penurunan sebesar 3 - 12 cm. Sedangkan paving blok jenis holland nilai *vertical creep* ada perbedaan sebesar 4 cm, sedangkan jenis paving holland menunjukkan nilai *vertical creep* sebesar 27 mm.

Tabel 7. Hasil kuat tekan *vertical*

No	Sample	Ketebalan	Laying pattern	Variasi kadar air	Kuat tekan	
					kg/cm ²	Psi
1	Holland	8cm	Herring Bond	0 %	210	3000
2	Holland	8cm	Herring Bond	10 %	200	2800
3	Holland	8cm	Herring Bond	20 %	170	2500
4	Holland	8cm	Herring Bond	30 %	140	2000

Pada tabel 7. menunjukkan hasil kuat tekan vertical pada paving holland tebal 8 cm dengan *laying pattern* Herring Bond. Hasil kuat tekan vertical pada kadar air 0 % (beskos asli dari brown canyon) memiliki kuat tekan sebesar 210 kg/cm² atau 3 ton, kadar air 10 % memiliki kuat tekan sebesar 200 kg/cm² atau 2,8 ton, kadar air 20 % memiliki kuat tekan sebesar 170 kg/cm² atau 2,5 ton dan kadar air 30 % memiliki kuat tekan sebesar 140 kg/cm² atau 2 ton.

Bisa disimpulkan bahwa perkerasan jalan paving menggunakan beskos yang mengandung banyak air karena curah hujan yang tinggi atau terendam banjir mengakibatkan jalan menjadi lunak, bisa dikarenakan juga kendaraan yang melalui jalur tersebut tidak sesuai dengan kriteria penggunaan jalan tersebut.

Pengaruh Kadar Air Lapisan *Sub-Base Course* terhadap Amblesan

Gambar 7. menunjukkan Penurunan *sub - base course* yang dipengaruhi kadar air yang bervariasi dalam menahan *vertical creep* yang terjadi. Menggunakan paving ketebalan 8 cm dengan *bedding sand* 5 cm dengan menggunakan pola penataan *herringbone*



Gambar 7. Beda Tinggi pada Paving setelah ditekan

Pada gambar 7. menunjukkan perbedaan beda tinggi terhadap *Vertical creep*. Perbandingan kadar air pada paving blok jenis *holland* yang menggunakan *laying pattern strecherbond*. Pada *laying pattern strecherbond* dengan kadar air 0 %, 10 %, 20 %, dan 30 % Dengan ketebalan 8 cm.

Beskos dengan kadar air 5 % mengalami penurunan 3 cm setelah ditekan dengan *Vertical creep*. Sedangkan pada beskos 10 % mengalami penurunan 4 cm, untuk beskos 20 % mengalami penurunan 8 cm dan beskos 30 % mengalami penurunan 12 cm. Setiap penambahan kadar air 10 % dapat mengalami 4 % penurunan pada uji 0 % sampai 30 %.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan pada hasil analisis dan pembahasan data, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. kadar air sangat mempengaruhi dalamnya amblesan, semakin banyak kadar airnya semakin tinggi penurunannya. Dibuktikan dengan pengujian di lab Fakultas Teknik Universitas Islam Sultan Agung, kadar air pada *base course* 10% ambles 40 mm, 20% 80 mm dan 30% 120 mm
2. Pada musim kemarau kadar air pada *base course* rata-rata sekitar 0% akan ambles 30 mm. Sedangkan pada musim hujan rata-rata sekitar 30% dan ambles 120 mm.
3. Beberapa solusi untuk mengurangi besarnya amblesan (membuat saluran drainase yang baik, membuat kemiringan potongan melintang antara 3 s.d 5 %, membuat silent pada sambungan paving/*jointing sand*, menggunakan tipe paving bentuk holland yang mempunyai *interlicking* yg cukup kuat.

Saran

Sedangkan saran yang dapat diberikan bagi kegiatan penelitian mendatang adalah sebagai berikut :

1. Pengembangan alat uji yang dilengkapi dengan data loger untuk mengetahui besarnya penurunan dengan valid.
2. Pembuatan alat uji yang didesain sesuai dengan bentuk paving konvensional untuk mengetahui apakah ada perbedaan penurunan yang dipengaruhi oleh bentuk yang berbeda.
3. Merumuskan kerangka berfikir yang berorientasi pada alat uji tidak hanya melihat penurunan berdasarkan kadar air tetapi juga melihat bentuk kerusakannya.

5. DAFTAR PUSTAKA

Arabic, corporate governance. (2015). No
主観的健康感を中心とした在宅高齢者における健康関連指標に関する共分散
構造分析Title, (April), 1-27.

- Hengl, H. L., Kluger-Eigl, W., Lukacevic, M., Blab, R., & Füssl, J. (2018). Horizontal deformation resistance of paving block superstructures – Influence of paving block type, laying pattern, and joint behaviour. *International Journal of Pavement Research and Technology*, (October 2019). <https://doi.org/10.1016/j.ijprt.2018.08.001>
- Iqbal, M., Nugroho, S. A., & Fatnanta, F. (2014). Basah Terhadap Nilai Cbr Pada Tanah Lempung, 1–12.
- Jonbi, J., & Fulazzaky, M. A. (2020). Modeling the water absorption and compressive strength of geopolymer paving block: An empirical approach. *Measurement: Journal of the International Measurement Confederation*, 158, 107695. <https://doi.org/10.1016/j.measurement.2020.107695>
- Robitul, A., Harimurti, & Zaika, Y. (n.d.). Pengaruh Kadar Air Terhadap Tegangan Dan Penurunan Subgrade Tanah Ekspansif Pada Model Perkerasan Lentur, 1–10.
- Wahyu, H., & Sulaiman, S. (n.d.). AKIBAT PENGARUH KADAR AIR TANAH DASAR (Analysis of Deflection on Rigid Pavement as a Result of Subgrade Water Content), 6–1