

Pemodelan Pengaruh Lama Perendaman Air Terhadap Nilai Stabilitas Hot Mix Asphalt

Modeling The Effect Of Water Soaking Time On The Stability Value Of Hot Mix Asphalt

Irawati¹, Rofi Budi Hamduwibawa², Dhani Sugianto³

^{1,2,3}Prodi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Jember
Email Korespondensi: irawati@unmuhjember.ac.id

Abstract

One of the causes of road damage that often occurs in Indonesia is waterlogging, due to poor drainage around the road. This study aims to analyze the effect of water immersion on the characteristics of the Hot Mix Asphalt mixture and modeling to determine the relationship between stability as the dependent variable and the duration of immersion as the independent variable. The research was conducted in the laboratory by immersing the specimens. . The research is needed to compare the durability of various types of hot mix asphalt in submerged conditions. The research method by Marshall test and analysis with SPSS version 22. Based on the result of the study, water affects Marshall's characteristics of AC-WC and HRS-WC specimens significantly. Stability, Flow, MQ, and VFA values decreased. Voids MixAggregatee (VMA) and Voids in the mix (VIM) have increased. The relationship between stability and water immersion for each type of asphalt concrete show $Y (AC-WC) = 1051.570 -32.727X$; $Y (HRS-WC) = 851.167 -40.317X$

Keywords: AC-WC, HRS-WC, water immersion

Abstrak

Salah satu sebab kerusakan jalan yang sering terjadi di Indonesia adalah genangan air, akibat buruknya drainase disekitar jalan. Hal yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah untuk mengamati pengaruh rendaman air terhadap karakteristik campuran Hot Mix Asphalt jenis AC-WC dan HRS-WC, serta melakukan pemodelan untuk mengetahui hubungan antara Stabilitas sebagai variable terikat dan lama perendaman sebagai variable bebas. Penelitian ini diperlukan untuk membandingkan durabilitas macam-macam jenis hot mix asphalt dalam kondisi terendam air. Penelitian dilakukan di laboratorium dengan perlakuan rendaman pada benda uji. Metode penelitian adalah dengan menggunakan Marshall test dan menguji data dengan SPSS versi 22. Dari hasil penelitian menunjukkan bahwa, rendaman air mempengaruhi karakteristik *Marshall* pada benda uji Laston AC-WC dan Lataston HRS-WC secara signifikan. Nilai stabilitas, Flow, MQ dan VFA mengalami penurunan. Rongga dalam agregat (VMA) dan Rongga dalam campuran (VIM) mengalami peningkatan. Bentuk pemodelan hubungan antara stabilitas dan rendaman air pada masing-masing jenis aspal beton adalah $Y (AC-WC) = 1051.570 -32.727X$; $Y (HRS-WC) = 851.167 -40.317X$

Kata kunci: AC-WC, HRS-WC, rendaman air

I. PENDAHULUAN

Latar Belakang

Kerusakan jalan menjadi issue yang cukup serius di Indonesia. Negara Indonesia pada umumnya menggunakan fleksible pavement untuk kebutuhan prasarana jalan diberbagai wilayah, yaitu Hot Mix Asphalt (HMA) jenis Asphalt Concrete Wearing Course (AC-WC) dan Hot Rolled Sheet Asphalt Wearing Course (HRS-WC). Selain karena material yang digunakan tersedia cukup mudah juga aplikasi lebih dikenal dibandingkan jenis konstruksi perkerasan yang lain. Faktor utama yang mempengaruhi keawetan jalan adalah hujan dan temperature (Sukirman, S,2003). Dengan demikian kerusakan jalan yang dipicu oleh factor lingkungan terutama akibat rendaman air hujan menjadi tantangan tersendiri bagi pemerintah karena biaya yang dikeluarkan untuk perawatan menjadi sangat tinggi.

Beberapa penelitian sebelumnya secara terpisah melakukan penelitian tentang HMA jenis AC-WC yang terendam air hujan (Nurlaily & Rahardjo, 2017), (Pasereng, 2014) , (Wirahaji & Wardani, 2018) , penelitian menunjukkan terjadi penurunan durabilitas aspal beton seiring dengan lama perendaman. Penelitian tentang HMA jenis HRS-WC dengan kadar berbeda juga dilakukan (Intari, Farista, & Karina, 2018), (Nahyo, Sudarno & Setiadji, 2015) dengan perendaman air laut, penelitian tersebut menunjukkan bahwa ada penurunan durabilitas yang cukup significant pada nilai stabilitas Marshall. Penelitian HMA pada jenis lapisan AC-BC (Binder Course) yang dilakukan (Gumilang, 2017)

Dalam penelitian ini penulis menitik beratkan pengamatan kerusakan jalan akibat genangan air hujan pada lapisan surface HMA dengan membandingkan antara jenis AC-WC dan HRS-WC serta mencari model untuk mendapatkan nilai pengaruh perendaman terhadap stabilitas. Penelitian dilakukan dengan menggunakan sample AC-WC dan HRS-WC. Serta melakukan uji laboratorium untuk mengamati pengaruh perendaman terhadap nilai

stabilitas, Flow, VIM, VFA dan VMA. Penelitian ini perlu dilakukan karena kedua jenis HMA tersebut banyak digunakan pada berbagai kondisi. Mengingat kondisi di Indonesia adalah memiliki curah hujan tinggi serta banyaknya lokasi dengan drainase yang buruk maka diharapkan hasil penelitian ini dapat memberikan rekomendasi dalam memilih jenis HMA pada kondisi tersebut

Hal yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah untuk mengamati pengaruh rendaman air terhadap karakteristik campuran Hot Mix Asphalt jenis AC-WC dan HRS-WC, serta melakukan pemodelan untuk mengetahui hubungan antara Stabilitas sebagai variable terikat dan lama perendaman sebagai variable bebas

Data yang diperoleh diuji dengan menggunakan metode Anova dua arah serta berikutnya dilakukan pemodelan linier.

Perumusan Masalah

1. Bagaimana pengaruh rendaman HMA, dengan jenis AC-WC dan HRS-WC terhadap nilai stabilitas, Flow, MQ, VIM, VFA dan VMA?
2. Apakah ada perbedaan stabilitas berdasarkan perbedaan lama waktu perendaman?
3. Apakah ada perbedaan stabilitas berdasarkan jenis aspal beton yang direndam
4. Apakah ada interaksi antara jenis aspal beton dengan lama perendaman
5. Bagaimana pemodelan linier hubungan Stabilitas dan lama waktu perendaman pada masing-masing jenis aspal beton

Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian adalah:

1. Mengetahui efek perendaman HMA, dengan jenis AC-WC dan HRS-WC terhadap nilai stabilitas, Flow, MQ, VIM, VFA dan VMA?
2. Mengetahui apakah ada perbedaan stabilitas berdasarkan perbedaan lama waktu perendaman

3. Mengetahui Apakah ada perbedaan stabilitas berdasarkan jenis aspal beton yang direndam
4. Mengetahui Apakah ada interaksi antara jenis aspal beton dengan lama perendaman
5. Mendapatkan pemodelan liner hubungan Stabilitas dan lama waktu perendaman pada masing-masing jenis aspal beton

Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian adalah sebagai berikut :

1. Mengetahui efek perendaman air terhadap penurunan mutu Lapis aspal beton AC-WC dan HRS-WC.
2. Memberikan rekomendasi pilihan terhadap pemakaian jenis perkerasan di daerah rawan banjir atau daerah dengan kondisi drainase yang buruk

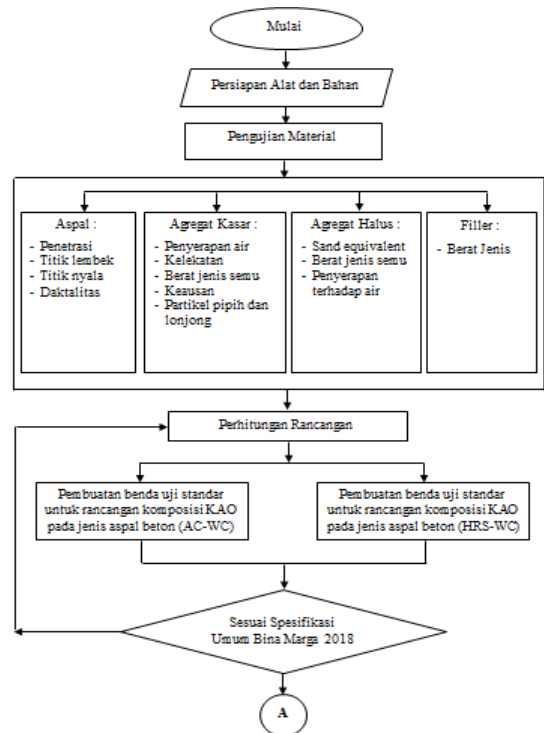
II. Metodologi Penelitian

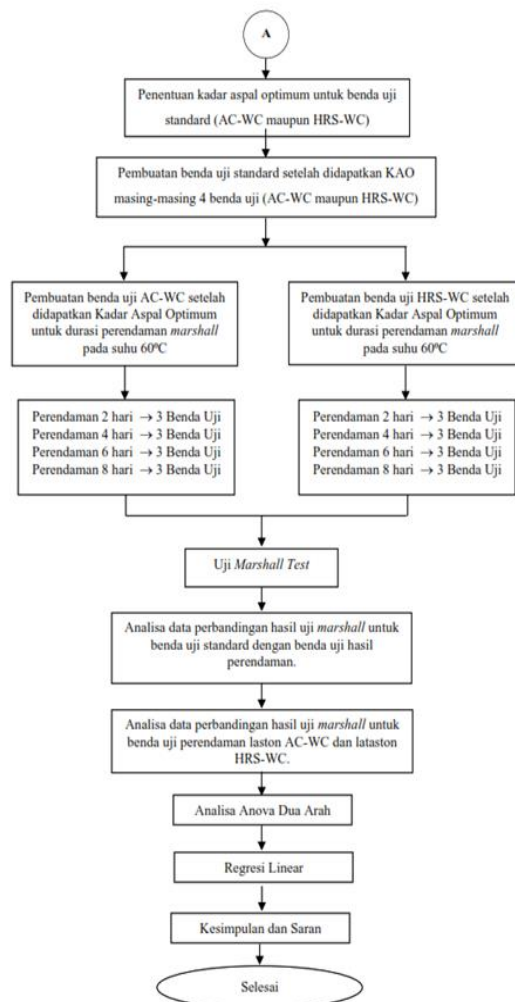
Penelitian dilakukan di laboratorium dengan membuat benda uji standar AC-WC dan HRS-WC selanjutnya membuat benda uji pembandingan dengan jenis serupa yang telah direndam.

Selanjutnya benda uji diteliti perbedaan karakteristiknya melalui uji Marshall. Setelah itu dilakukan Analisa ANOVA dan pembentukan model regresi linier.

Flowchart Penelitian

Adapun diagram alir penelitian/ flowchart seperti yang ditampilkan pada Gambar 1





Gambar 1. Flowchart Penelitian

Material dan Bahan

Bahan-bahan yang akan digunakan dalam penelitian ini antara lain:

1. Material coarse agregat, medium agregat, fine agregat dan aspal
2. Jenis aspal yang digunakan dalam penelitian ini adalah aspal minyak penetrasi 60/70

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Standard rujukan yang digunakan dalam pembuatan benda uji standard menggunakan Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Untuk Pekerjaan Kontruksi Jalan dan Jembatan (Direktorat Jenderal Bina Marga, 2018)

Untuk amplop gradasi AC-WC dan HRS-WC yang dipilih sesuai standard dibuat disain campurannya.

Analisa AC-WC dan HRS-WC Untuk Benda Uji Standar

Dari hasil uji coba pembuatan benda uji standard AC-WC didapatkan karakteristik material seperti pada Tabel 1. Pengujian dilakukan dengan peraturan Spesifikasi Umum Bina Marga 2018, SNI No: 1737-1989-F *Tata Cara Pelaksanaan Lapis Aspal Beton (Laston)* (Departemen Pekerjaan Umum, 1989), SNI. 03 – 1969 – 1990 (Departemen Pekerjaan Umum, 1990)

Tabel 1. Karakteristik Material

No	Jenis Pemeriksaan	CA	MA	FA	Filler	Asphalt
1	BJ Bulk	2,62	2,61	2,55	3,059	1,03
2	BJ SSD	2,66	2,62	2,60		
3	BJ Semu	2,72	2,72	2,69		
4	Absorpsi	1,38	1,52	2,06		

Hasil dari percobaan di laboratorium didapatkan komposisi benda uji AC-WC dan HRS-WC dengan proporsi optimal, disajikan dalam Tabel 2

Tabel 2. Proporsi material optimum dalam %

No	Jenis Campuran	CA	MA	FA	Filler	Asphalt
1	AC-WC	9,38	42,21	41,27	0,94	6,2
2	HRS-WC	9,35	28,05	54,23	1,87	6,5

Data hasil pengujian Marshall untuk benda uji standard disajikan pada pada Tabel 3

Tabel 3. Hasil Uji Marshall Benda Uji Standar

No	Jenis Campuran	Stabilitas	Flow	Density	VIM	VFA	VMA	MQ
1.	AC-WC	1132,3	3,74	2,31	3,38	79,86	16,66	332,1
2.	HRS-WC	939,07	3,41	2,26	5,37	71,81	18,79	275,69

Benda Uji Aspal Beton Dengan Perendaman

Dengan proporsi benda uji standard yang telah terpilih untuk AC-WC dan HRS-WC, dibuat benda uji pembanding dengan proporsi campuran yang sama namun diberlakukan perendaman pada beberapa periode perendaman hasil uji terpampang pada Tabel 4 dan Tabel 5

Tabel 4. Data Hasil Pengujian *Marshall* Perendaman AC-WC

No	Lama Perendaman (Hari)	Stabilitas	Flow	Density	VIM %	VFA %	VMA %	MQ
1.	2	1032,07	3,15	2,3	3,75	77,93	16,98	328,04
2.	4	970,96	3,11	2,3	3,82	77,62	17,03	312,53
3.	6	944,02	3,07	2,29	3,99	76,79	17,19	307,84
4.	8	931,96	3,05	2,29	4,05	76,54	17,24	306,01

Tabel 5. Data Hasil Pengujian *Marshall* Perendaman HRS-WC

No	Lama Perendaman (Hari)	Stabilitas	Flow	Density	VIM %	VFA %	VMA %	MQ
1.	2	829,07	3,28	2,25	5,47	71,05	18,88	253,95
2.	4	746,85	3,25	2,25	5,51	70,88	18,91	230,95
3.	6	722,92	3,24	2,25	5,61	70,52	19,00	223,88
4.	8	702,85	3,17	2,25	5,70	70,19	19,07	222,29

Analisa ANOVA

Uji anova dua arah dilakukan untuk mengetahui hubungan antar variable Lama perendaman dan jenis aspal beton terhadap nilai stabilitas. Didalam Analisa ini akan digunakan software bantu yaitu SPSS 22. Rangkuman data penelitian disajikan pada Tabel

Tabel 6. Hubungan variable Jenis Aspal Beton dan Waktu Rendaman terhadap nilai stabilitas

Jenis Aspal Beton	Waktu Rendaman (hari)			
	2	4	6	8
AC-WC	1051,77	986,64	950,45	935,98
	1032,47	970,96	943,22	931,16
	1011,97	955,28	938,39	928,74
HRS-WC	860,33	768,85	727,17	708,04
	818,65	739,91	722,54	704,01
	808,22	731,80	719,06	695,91

Dari Tabel 6. Diatas dapat disimpulkan bahwa nilai stabilitas pada kedua jenis HMA menurun dengan bertambahnya waktu perendaman. Dari data tersebut juga terbaca bahwa stabilitas AC-WC lebih tinggi dibandingkan HRS-WC. Hubungan tersebut dianalisa secara lebih detail dengan menggunakan SPSS

Tabel 7. Hubungan variable Jenis Aspal Beton dan Waktu Rendaman terhadap nilai Flow

Jenis Aspal Beton	Waktu Rendaman (hari)			
	2	4	6	8
AC-WC	3,14	3,13	3,08	3,13
	3,12	3,11	3,05	3,04
	3,18	3,08	3,07	2,97

	3,03	3,01	3,03	3,01
HRS-WC	3,47	3,41	3,37	3,28
	3,34	3,32	3,31	3,21

Nilai Flow menunjukkan bahwa terjadi penurunan yang kecil akibat perendaman air pada benda uji. Hal ini linier dengan penelitian terdahulu pada jenis HMA, AC-BC (Gumilang, 2017), yang menunjukkan bahwa terjadi penurunan flow seiring dengan penambahan lama waktu rendaman namun perbedaannya tidak significant

Tabel 8. Hubungan variable Jenis Aspal Beton dan Waktu Rendaman terhadap nilai MQ

Jenis Aspal Beton	Waktu Rendaman (hari)			
	2	4	6	8
AC-WC	334,96	315,22	308,59	299,04
	330,92	312,21	309,25	306,30
	318,23	310,16	305,67	312,71
HRS-WC	283,94	255,43	239,99	235,43
	235,92	216,98	214,40	214,64
	241,98	220,42	217,24	216,79

Perhitungan terhadap Marshall Quetiont (MQ) menunjukkan bahwa terjadi penurunan nilai yang significant pada AC-WC maupun HRS-WC.

Analisa ANOVA dua arah dengan menggunakan SPSS 22 dilakukan untuk mengetahui:

1. Adakah perbedaan Stabilitas berdasarkan lama waktu perendaman
2. Adakah perbedaan Stabilitas berdasarkan jenis aspal beton
3. Adakah perbedaan Stabilitas berdasarkan interaksi lama waktu perendaman dan jenis aspal dengan asumsi

Ho : Tidak ada perbedaan

H1: Ada perbedaan

Jika Sig > 0.05 maka Ho diterima H1 ditolak (tidak ada perbedaan)

Jika Sig < 0.05 maka H1 diterima Ho ditolak (ada perbedaan)

Tabel 9. Output ANOVA

Tests of Between-Subjects Effects					
Dependent Variable: Stabilitas					
Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	334394.405 ^a	7	47770.629	202.556	.000
Intercept	17753014.496	1	17753014.496	75275.998	.000
LmRendaman	45045.253	3	15015.084	63.667	.000
JenisAston	288761.119	1	288761.119	1224.399	.000
L.Rendaman * JenisAston	588.033	3	196.011	.831	.496
Error	3773.424	16	235.839		
Total	18091182.325	24			
Corrected Total	338167.829	23			

a. R Squared = .989 (Adjusted R Squared = .984)

Dari Tabel 9 disimpulkan bahwa:

- Ada perbedaan Stabilitas berdasarkan lama waktu perendaman
 Ho : Tidak ada perbedaan
 H1 : Ada perbedaan
 Sig = 0.000 < 0.05 ; H1 diterima
- Ada perbedaan Stabilitas berdasarkan jenis aspal beton
 Ho : Tidak ada perbedaan
 H1 : Ada perbedaan
 Sig = 0.000 < 0.05 ; H1 diterima
- Tidak ada perbedaan Stabilitas berdasarkan interaksi lama waktu perendaman dan jenis aspal
 Ho : Tidak ada perbedaan
 H1 : Ada perbedaan
 Sig = 0.496 > 0.05 ; H0 diterima
 Karena dari Analisa anova diketahui bahwa tidak ada interaksi lama perendaman dan jenis aspal beton yang mempengaruhi stabilitas maka regresi linear berganda, atau analisis

multivariate tidak dilakukan namun dilakukan analisis univariate (Santoso, 2018) atau regresi linier sederhana untuk mencari model hubungan stabilitas terhadap waktu rendaman masing-masing dengan jenis aspal beton AC-WC dan HRS-WC.

Regresi Linear Sederhana AC-WC

Tabel 10. Model Summary Analisa Regresi

Model Summary				
Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.912 ^a	.832	.815	18.01410

a. Predictors: (Constant), Lama Rendaman

Nilai korelasi/ hubungan R yaitu sebesar 0.912 dan output tersebut menunjukkan harga koefisien determinasi sebesar 0.832 yang mengandung pengertian bahwa pengaruh variable bebas Lama perendaman terhadap variable terikat sebesar 83.2 %

Tabel 10. Coefficient Analisa Regresi

Coefficients ^a				
Model	Unstandardized Coefficients	Standardized Coefficients	t	Sig.
	B	Beta		
	Error			
1	(Constant)	1051.570	12.738	82.554 .000
	Lama Rendaman	-.327	-7.036	.000

a. Dependent Variable: Stabilitas

Nilai Constant (a) sebesar 1051.570 sedang nilai Lama rendaman (b) / koefisien regresi sebesar -32.727, sehingga persamaan regresi menjadi :

$$Y = a + bX$$

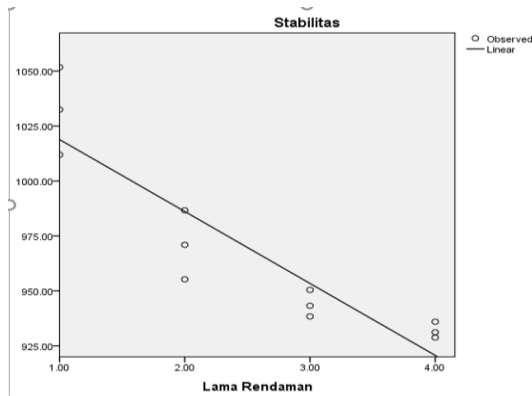
$$Y = 1051.570 - 32.727X$$

Hal ini dapat diterjemahkan bahwa :

- Konstanta sebesar 1051.570 mengandung arti bahwa nilai konsistensi variable Stabilitas adalah sebesar 1051.570
- Koefisien -32.727 menyatakan bahwa penambahan sebesar lama perendaman , maka nilai stabilitas berkurang sebesar 32.727. Arah pengaruh variable X terhadap variable Y adalah negative.

Pengambilan keputusan dalam Uji Regresi Sederhana

Berdasarkan nilai signifikansi dari table coefisien diperoleh nilai signifikansi sebesar $0.000 < 0.05$ sehingga dapat disimpulkan bahwa variable Lama Rendaman (X) berpengaruh terhadap variable Stabilitas (Y)



Gambar 2. Grafik hubungan Stabilitas dan Lama Rendaman Aspal Beton AC-WC

Regresi Linear Sederhana HRS-WC

Tabel 11. Model Summary Analisa Regresi

Model Summary				
Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. The error of the Estimate
1	.900 ^a	.810	.791	23.90372

a. Predictors: (Constant), Lama Rendaman
 Nilai korelasi/ hubungan R yaitu sebesar 0.900 dan output tersebut menunjukkan harga koefisien determinasi sebesar 0.810 yang

mengandung pengertian bahwa pengaruh variable bebas Lama perendaman terhadap variable terikat sebesar 81 %

Tabel 12. Coefficient Analisa Regresi

Model	Coefficients ^a			
	Unstandardize d Coefficients	Stan dardized Coef ficients	T	Sig.
(Const ant)	851.167		50.358	.000
1 Lama Renda man	-40.317	-.900	-6.532	.000

a. Dependent Variable: Stabilitas

Nilai Constant (a) sebesar 851.167 sedang nilai Lama rendaman (b) / koefisien regresi sebesar -40.317, sehingga persamaan regresi menjadi :

$$Y = a + bX$$

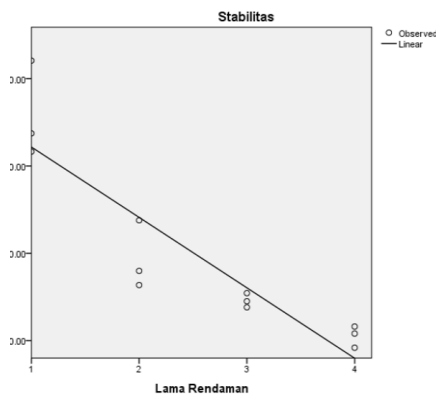
$$Y = 851.167 - 40.317X$$

Hal ini dapat diterjemahkan bahwa :

- Konstanta sebesar 851.167 mengandung arti bahwa nilai konsistensi variable Stabilitas adalah sebesar 851.167
- Koefisien -40.317 menyatakan bahwa penambahan sebesar lama perendaman , maka nilai stabilitas berkurang sebesar 40.317. Arah pengaruh variable X terhadap variable Y adalah negative.

Pengambilan keputusan dalam Uji Regresi Sederhana

Berdasarkan nilai signifikansi dari table coefisien diperoleh nilai signifikansi sebesar $0.000 < 0.05$ sehingga dapat disimpulkan bahwa variable Lama Rendaman (X) berpengaruh terhadap variable Stabilitas (Y)



Gambar 3. Grafik hubungan Stabilitas dan Lama Rendaman Aspal Beton HRS-WC

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Perlakuan rendaman air pada campuran HMA jenis AC-WC dan HRS-WC mengakibatkan; Terjadi peningkatan rongga dalam agregat (VMA) maupun rongga dam campuran (VIM) akibat perendaman. Terjadi penurunan rongga terisi aspal (VFA) akibat perendaman, Terjadi penurunan pada Flow, Stabilitas dan MQ akibat perendaman. Berdasarkan Analisa ANOVA menunjukkan ada perbedaan stabilitas berdasarkan perbedaan lama waktu perendaman. Berdasarkan Analisa ANOVA menunjukkan ada perbedaan stabilitas berdasarkan jenis aspal beton. Dapat diketahui bahwa jenis perkerasan AC-WC dan HRS-WC dengan perlakuan rendaman yang sama menunjukkan bahwa nilai stabilitas dan kelelahan Laston AC-WC lebih tinggi dibandingkan dengan HRS-WC.

Tidak ada interaksi variable lama waktu perendaman dan jenis aspal yang mempengaruhi nilai stabilitas

Model liner hubungan Stabilitas dan lama waktu perendaman pada masing-masing jenis aspal beton adalah :

$$Y_{(AC-WC)} = 1051.570 - 32.727X$$

$$Y_{(HRS-WC)} = 851.167 - 40.317X$$

Bila dibandingkan kedua persamaan diatas menunjukkan bahwa degradasi stabilitas HRS-WC akibat perendaman lebih besar dari AC-WC

Saran

Dari hasil penelitian pengujian yang dilakukan ada beberapa hal yang disarankan, adalah sebagai berikut :

1. Sebaiknya digunakan jenis aspal beton AC-WC pada daerah yang rentan terhadap genangan air karena lebih menunjukkan ketahanan dibandingkan dengan penggunaan HRS-WC.
2. Perlu dilakukan penelitian dengan durasi perendaman dengan , serta dapat dicari IKS (Indeks Kekuatan Sisa) dari perkerasan jalan akibat rendaman air.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdurohman, Abdurohman (2021) *Analisis Pengaruh Air Hujan Terhadap Kinerja Campuran Beraspal Panas Tipe Laston (AC-WC)*
- Amal, AS (2009) *Variasi Perendaman Pada Campuran Beton Aspal Terhadap Nilai Stabilitas Marshall*
- Arifin, M Zainul; Djakfar, Ludfi; Martina Gina (2008), *Pengaruh Kandungan Air Hujan Terhadap Nilai Karakteristik Marshall dan Indeks Kekuatan Sisa (IKS) Campuran Lapisan Aspal Beton.*
- Departemen Pekerjaan Umum (1989). SNI No: 1737-1989-F *Tata Cara Pelaksanaan Lapis Aspal Beton (Laston).* Jakarta
- Departemen Pekerjaan Umum (1990). *Metode Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar, SNI. 03 – 1969 – 1990,* Yayasan Badan Penerbit Pekerjaan Umum, Jakarta.
- Direktorat Jenderal Bina Marga. (2018). *Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Untuk Pekerjaan Kontruksi Jalan dan Jembatan, Direktorat Jenderal Bina Marga.* Kementerian PUPR, Direktorat Jenderal Bina Marga. Jakarta

- Gumilang, Damar (2017). *Analisis Dampak Rendaman Air Tawar Terhadap Durabilitas Marshall Pada Campuran Aspal (AC-BC)*. Surakarta : Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Intari, Dwi Esti; Farista, Woelandari Fathonah dan Karina, Widya (2018). *Analisis Karakteristik Campuran Laston (HRS-WC) Akibat Rendaman Air Laut Pasang (ROB) Dengan Aspal Modifikasi Polimer Starbitt E-5*. Jurnal Fondasi Vol. 7 No. 2. Fakultas Teknik, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa Banten. Banten.
- Khamid, Abdul dan Izazi, M. Abror (2019), *Pengaruh Genangan Air Hujan Terhadap Kinerja Campuran Aspal Concrete - Wearing Course (AC - WC)*
- Nahyo, Sudarno, dan Setiadji, Boedi (2015). *Durabilitas Campuran Hot Rolled Sheet-Wearing Course (HRS-WC) Akibat Rendaman Menerus dan Berkalan Air ROB*. Jurnal Teknik Sipil Vol. 13, No. 1. Magister Ilmu Lingkungan Universitas Diponegoro.
- Nur Laily, Ilvin dan Raharjo, Boedi (2017). *Pengaruh Lama Perendaman Air Hujan Terhadap Kinerja Laston (AC-WC) Berdasarkan Uji Marshall*. Jurnal Bangunan Vol. 22, No. 1. Fakultas Teknik, Universitas Negeri Malang. Malang.
- Pasereng, Ignatius S. (2014). *Studi Pengaruh Genangan Banjir Jalan Terhadap Kinerja Campuran Perkerasan Beraspal Di Kota Makassar*. Makassar : Universitas Hasanuddin Makassar.
- Santoso, Singgih (2018), *Mahir Statistik Multivariat dengan SPSS, PT. Elex Media Komputindo, Jakarta*.
- Sukirman, S (2003), *Beton Aspal Campuran Panas, Granit, Jakarta*
- Wirahaji, Ida Bagus dan Wardani, AAA Made Cahaya (2018). *Pengaruh Air Hujan Terhadap Karakteristik Marshall Campuran Aspal Panas Pada Lapis Permukaan Jalan*. Jurnal Teknik Sipil. Fakultas Teknik, Universitas Hindu Indonesia Denpasar. Bali.