



Pengaruh Rendaman Air Pasang Laut (Rob) Terhadap Stabilitas Pada Perkerasan Aspal Lapis AC-WC

Adegratia E. Lumintang^{#a}, Steve Ch. N. Palenewen^{#b}, Mecky R. E. Manoppo^{#c}

[#]Program Studi Teknik Sipil Universitas Sam Ratulangi, Manado, Indonesia

^aadegratiaLumintang021@student.unsrat.ac.id^bspalenewen@unsrat.ac.id, ^cmeckymanoppo@yahoo.com

Abstrak

Faktor yang mempengaruhi kerusakan perkerasan jalan sampai kurangnya daya tahan struktur lapisan aspal salah satunya ialah air (genangan). Ruas jalan boulevard amurang merupakan jalan yang sering mengalami tergenangnya air pasang atau banjir rob. Berdasarkan Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 untuk Pekerjaan Konstruksi Jalan dan Jembatan (Revisi 2), nilai *Marshall Test* untuk lapis aspal beton Asphalt Concrete-Wearing Course (AC-WC) adalah minimal 800 kg untuk stabilitas dan minimal 3 mm untuk kelelahan plastisnya. Penelitian ini untuk mengetahui seberapa pengaruh rendaman air pasang laut (rob) terhadap perkerasan jalan lapis permukaan AC-WC dengan menyimulasikan kejadian lapangan di laboratorium dengan meninjau kinerja stabilitas terhadap campuran aspal AC-WC. Mengolah data dari wawancara hingga data gelombang tinggi hasil variasi rendaman untuk benda uji adalah 1x24 jam, 3x24 jam, 7x24 jam dan 21x24 jam. Nilai stabilitas rendaman 1 x 24 sebesar 966.28 kg sedangkan terjadinya penurunan paling signifikan yaitu 17,55% kg pada 21 x 24 jam. Kelelahan (*flow*) yang meningkat pada rendaman terlama dengan air laut sebesar 3,86mm. Nilai VMA naik setelah rendaman air laut terlama sebesar 19,408%. Nilai VIM meningkat berkisar 5,917%. Nilai VFB dengan nilai 67,677% setelah rendaman air laut terlama. Nilai kepadatan rendaman 21 x 24 jam memperoleh penurunan dengan nilai 2.170gr/cc.

Kata kunci: air pasang laut, lapis aspal beton ACWC, Marshall Test, rendaman

1. Pendahuluan

1.1. Latar Belakang

Jalan merupakan wadah utama dari transportasi di zaman ini dimana tingginya pertumbuhan angka lalu lintas jika tidak diimbangi dengan peningkatan mutu dan pemeliharaan yang rutin dapat memperkurang keefektifan struktural serta fungsional perkerasan jalan.

Banyak faktor yang dapat mempengaruhi kerusakan perkerasan jalan sampai kurangnya daya tahan struktur lapisan aspal bisa dilihat dari pengaruh beban lalu lintas kendaraan yang berlebihan, temperatur, air (genangan). Air pasang (rob) yang terjadi di tepi pantai atau peisir pantai disebabkan gelombang laut yang relatif tinggi, umumnya berlangsung sementara dan dalam kurung waktu yang tergolong singkat.

Ruas jalan boulevard amurang yang merupakan salah satu contoh jalan raya yang sering terkena paparan air laut bahkan sering tergenangnya air pasang atau banjir rob ketika musim hujan di akhir dan awal tahun. Dilihat dari lokasi ruas jalan boulevard ini berada di pesisir pantai kabupaten minahasa selatan yang dimana, memiliki kondisi geografis yang berbatasan langsung dengan laut Sulawesi ditambah daerah lebih rendah dari permukaan air laut mengakibatkan meluapnya gelombang air laut dari pantai menuju ke daratan sehingga menjadikan ruas jalan di boulevard amurang rusak.

1.2. Rumusan Masalah

Permasalahan yang dirumuskan pada penelitian ini adalah:

- a. Bagaimanakah pengaruh yang ditimbulkan setelah simulasi rendaman air pasang laut terhadap stabilitas pada campuran aspal lapis AC-WC?
- b. Apa saja evaluasi yang dapat diambil hasil simulasi kejadian atas terjadinya air pasang laut terhadap stabilitas campuran aspal?

1.3. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian adalah sebagai berikut :

1. Untuk mengetahui seberapa besar pengaruh rendaman air laut atau banjir rob akibat air pasang laut terhadap konstruksi jalan lapis AC-WC dari kejadian lapangan yang disimulasikan di laboratorium.
2. Menganalisis bagaimana pengaruh yang dihasilkan oleh simulasi rendaman air laut terhadap stabilitas dari campuran aspal lapis AC-WC.
3. Memberi gambaran seberapa besar pengaruh rendaman air rob terhadap karakteristik campuran Laston untuk Lapis Permukaan AC-WC.

1.4. Batasan Masalah

Adapun beberapa batasan masalah dalam penelitian ini adalah :

1. Spesifikasi yang digunakan berdasar panduan Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 (Revisi 2).
2. Pengujian dalam penelitian ini dilaksanakan pada Laboratorium Perkerasan Jalan Fakultas Teknik Universitas Sam Ratulangi Manado.
3. Kejadian lapangan yang akan disimulasikan berdasarkan kejadian di boulevard amurang.
4. Sampel air laut diambil pada laut teluk Amurang.

1.5 Manfaat Penelitian

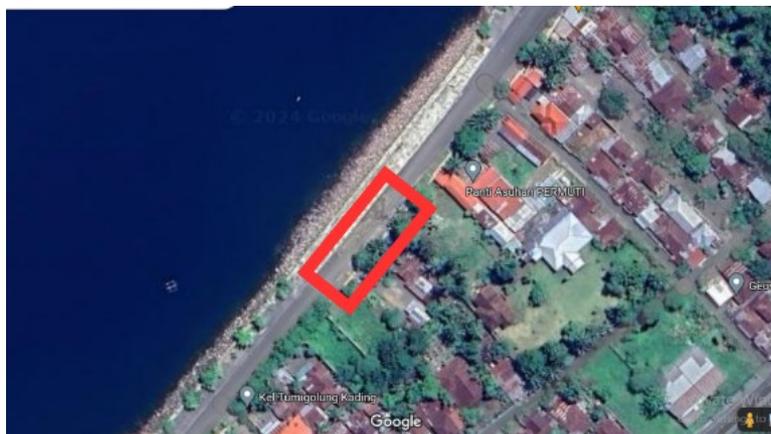
Manfaat penelitian antara lain sebagai berikut ;

1. Sebagai bahan pertimbangan dalam pembangunan juga pemeliharaan jalan di pesisir pantai.
2. Mencegah terjadinya kerusakan perkerasan lapisan aspal beton akibat air laut yang menurunkan daya tahan perkerasan aspal.
3. Penelitian ini bisa dijadikan acuan untuk setiap pembangunan konstruksi jalan di setiap daerah yang berpotensi tergenang air laut atau banjir rob.

2. Metode

2.1 Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Perkerasan Jalan Fakultas Teknik Universitas Sam Ratulangi Manado. Untuk objek penelitian berada di Jl. Boulevard, Bitung, Kec. Amurang, Kab. Minahasa Selatan, Sulawesi Utara.



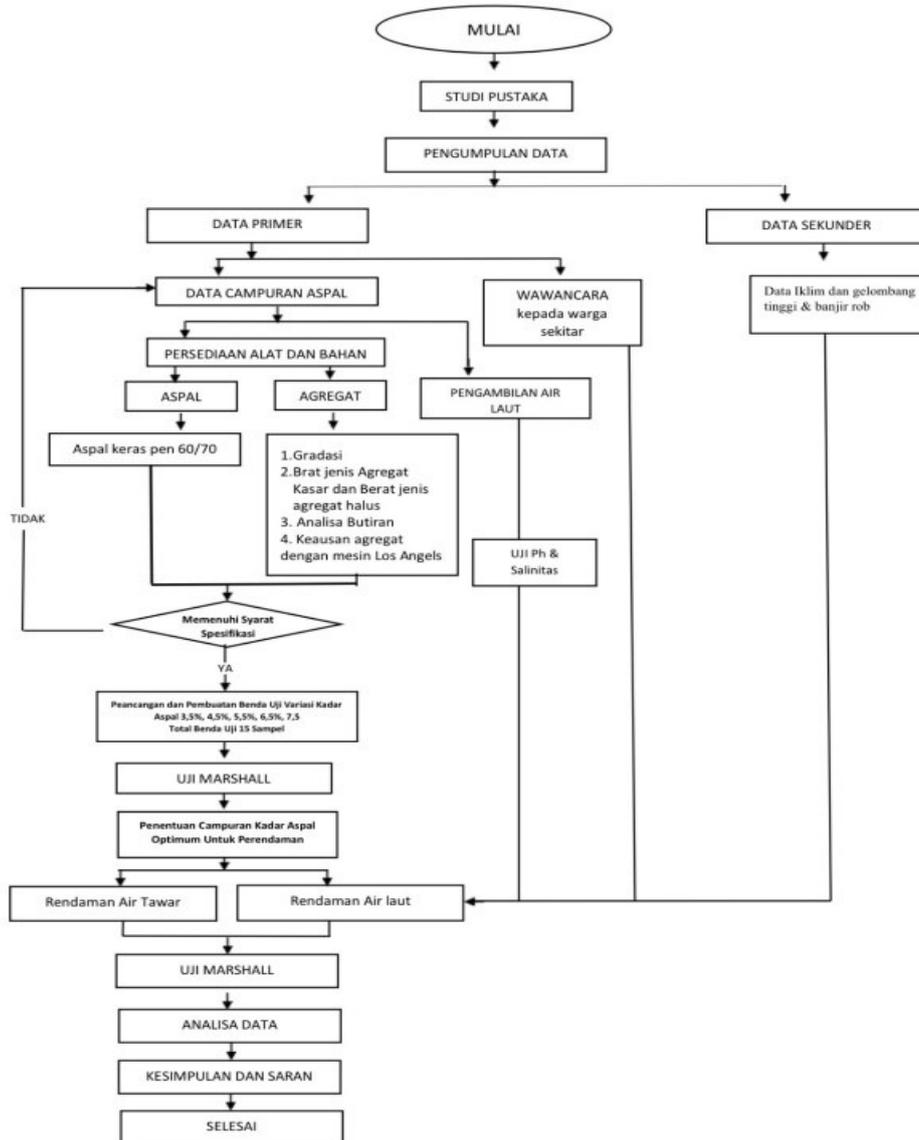
Gambar 1. Objek Penelitian

2.2 Sumber Data

Sumber data yang akan digunakan dalam penelitian ini, yaitu data primer yang diperoleh dari laboratorium dan dari lapangan berupa wawancara, dan data sekunder yang diperoleh yaitu dari Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika berupa data gelombang tinggi disekitar pantai Boulevard Amurang.

2.3 Bagan Alir Penelitian

Bagan Alir penelitian ada pada Gambar 2.



Gambar 2. Bagan Alir Penelitian

3. Kajian Literatur

3.1 Campuran Beraspal Panas

a. Aspal

Aspal merupakan komponen yang terutama dan terpenting dalam perkerasan lentur walaupun jumlah aspal lebih sedikit dibandingkan agregat. Aspal adalah Bahan hasil penyulingan minyak mentah berwarna hitam dan sering dilihat pada pekerjaan jalan dan salah satu jenis bahan yang serupa dengan petroleum hitam kecoklatan yang diperoleh baik sebagai residu dari jenis destilasi minyak bumi atau dari endapan alam.

Tabel 1. Spesifikasi Campuran Laston (AC)

Sifat-sifat Campuran	Laston		
	Lapis Aus	Lapis Antara	Fondasi
Jumlah tumbukan per bidang		75	112(3)
Rasio partikel lolos ayakan 0,075 mm dengan kadar aspal efektif	Min.		0,6
	Maks.		1,2
	Min.		3
	Maks.		5
Rongga dalam campuran (%) ⁽⁴⁾			
Rongga dalam Agregat (VMA) (%)	Min.	15	14
Rongga Terisi Aspal (%)	Min.	65	65
Stabilitas Marshall (kg)	Min.	800	1800 ⁽³⁾
	Min.	2	3
Pelelehan (mm)	Maks.	4	6 (3)
Stabilitas Marshall Sisa (%) setelah perendaman selama 24 jam, 60°C ⁽⁵⁾	Min.		90
Rongga dalam campuran (%) pada Kepadatan membal (refusal) ⁽⁶⁾	Min.		2

Sumber : Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 (Revisi 2)

b. Agregat

Agregat atau batu, atau granular material adalah material berbutir yang keras dan kompak. Istilah agregat mencakup antara lain batu bulat, batu pecah, dan pasir. Agregat mempunyai peranan yang sangat penting dalam perkerasan jalan, karena agregat merupakan komponen utama dari lapis perkerasan jalan. Daya dukung perkerasan jalan ditentukan sebagian besar oleh agregat yang digunakan. Pemilihan agregat yang tepat dan memenuhi persyaratan akan sangat menentukan dalam keberhasilan pembangunan atau pemeliharaan jalan.

- Agregat kasar, adalah agregat dengan ukuran butir lebih besar dari saringan No.4 (= 4,75 mm) dan lebih kecil dari ayakan 1½ inci.
- Agregat halus, adalah agregat dengan ukuran butir lebih halus dari saringan No.4 (= 4,75 mm) dan maksimum yang lolos ayakan No.200 (=0,075 mm) adalah 10%.
- Bahan pengisi (filler), adalah bagian dari agregat halus yang lolos saringan No. 200 (= 0,075 mm) minimum 75%.

Tabel 2. Persyaratan agregat kasar untuk AC-WC

Pengujian	Meode uji	Persyaratan
Kekekalan bentuk slag dan agregat kasar terhadap larutan:		
- Natrium Sulfat/Sodium Sulfat (5 siklus)	SNI 3407:2008	Maks. 12%
- Magnesium Sulfat		Maks. 18%
Keausan slag dan agregat kasar pada 500 putaran dengan mesinabrasi Los Angeles	Laston Laston Modifikasi	SNI 2417:2008 SNI 2417:2008
		Maks. 40% Maks. 30%
Kelekatan slag dan agregat kasar terhadap aspal		SNI 2439:2011
Butir pecah slag dan agregat kasar		SNI 7619-2012
Partikel pipih dan lonjong (Perbandingan lengan alat uji terhadap poros = 1:5)		ASTM D4791
		Min. 95% 95/90 ¹⁾ Maks. 10%
Material lolos ayakan 0,075 mm (No.200)	SNI ASTM C117:2012	Maks. 2%

CATATAN: ¹⁾ 95/90 menunjukkan bahwa 95% slag dan agregat kasar mempunyai muka bidang pecah satu atau lebih dan 90% slag dan agregat kasar mempunyai muka bidang pecah dua atau lebih.

Sumber : Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 (Revisi 2)

Tabel 3. Persyaratan agregat Halus untuk AC-WC

Pengujian	Meode uji	Persyaratan
Nilai setara pasir	SNI 03-4428-1997	Min 60%
Angularitas dengan uji kadar rongga	SNI 03-6877-2002	Min 45%
Gumpalan lempung dan butir-butir mudah pecah dalam slag dan agregat halus	SNI 03-4141-2015	Maks 1%
Material lolos ayakan 0,075 mm (No.200)	SNI ASTM C117:2012	Maks 10%

Sumber: Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 (Revisi 2)

c. Bahan Pengisi (Filler)

Bahan pengisi yaitu agregat berbutir halus lolos saringan No. 200 (0,075 mm) Bahan pengisi (filler) berfungsi mengisi kekosongan antar partikel pada sampel yang dapat menaikkan bahan aspal untuk mengurangi ketidakberdayaannya terhadap suhu. Agregat berbutir halus lolos ayakan No.200 (0,075 mm) serta tidak $\leq 75\%$ dari beratnya dikategorikan sebagai bahan pengisi. Memiliki ciri berupa abu tabur semen, fly ash, semen (PC), debu batu kapur, serta abu batu yang harus kering tanpa ada gumpalan (Sukirman, S.,2003).

3.2 Karakteristik Campuran beraspal

a. Stabilitas

Stabilitas (Stability) adalah kemampuan aspal untuk menahan deformasi akibat beban lalu lintas tanpa mengalami keruntuhan (Plastic Flow) atau perubahan bentuk. Kebutuhan akan stabilitas sangat dipengaruhi oleh jumlah lalu lintas dan beban kendaraan yang akan dilayani oleh konstruksi jalan tersebut. Stabilitas terjadi akibat geseran antar butir, penguncian antar partikel dan daya ikat yang baik dari lapisan aspal.

b. Kelelahan (Flow)

Flow adalah besarnya penurunan atau deformasi vertikal benda uji yang terjadi pada awal pembebanan sehingga stabilitas menurun, yang menunjukkan besarnya deformasi yang terjadi pada lapis perkerasan akibat menahan beban yang diterima. Deformasi yang terjadi erat kaitannya dengan sifat-sifat Marshall yang lain seperti stabilitas, VIM dan VFB. Nilai VIM yang besar menyebabkan berkurangnya interlocking resistance campuran dan dapat berakibat timbulnya deformasi.

3.3 Air Pasang Laut (ROB)

Banjir rob (pasang-surut) adalah penggenangan di daratan wilayah pesisir selama air laut pasang sangat tinggi atau adanya gelombang badai. Garam- garaman utama yang terdapat dalam air laut adalah klorida (55%), natrium (31%), sulfat (8%), magnesium (4%), kalsium (1%), potasium (1%) dan sisanya (kurang dari 1%) terdiri dari bikarbonat, bromida, asam borak, strontium dan florida.

4. Hasil dan Pembahasan

4.1 Pemeriksaan Material

a. Pemeriksaan Pengujian Karakteristik Aspal

Tabel 4. Hasil Pemeriksaan Karakteristik Aspal Pertamina Pen 60/70.

No	Jenis Pengujian	Metode Pengujian	Hasil	Spesifikasi	Satuan
1	Penetrasi pada 25°C	SNI 2456 : 2011	67,28	60 - 70	0,1 mm
2	Titik Lembek	SNI 2434 : 2011	48,5	≥ 48	°C
3	Berat Jenis	SNI 2441 : 2011	1,0453	$\geq 1,0$	-
4	Titik Nyala	SNI 2433 : 2011	235	≥ 232	°C
5	Daktalitas pada 25°C	SNI 2432 : 2011	140	≥ 100	cm

b. Pemeriksaan Pengujian Agregat

Tabel 5. Hasil Pengujian Berat Jenis Agregat

Pengujian	Hasil Pemeriksaan		
	BP 10-20	BP 5-10	BP 0-5
Berat Jenis Bulk (Sd) (gr/cc)	2.286	2.468	2.595
Berat Jenis SSD (Ss) (gr/cc)	2.330	2.513	2.625
Berat Jenis Semu (Sa) (gr/cc)	2.390	2.584	2.674
Penyerapan Air (Sw) (%)	1.907	1.811	1.130

Tabel 6. Hasil Perhitungan Komposisi Agregat Gabungan

SARINGAN		HASIL KOMBINASI	SPESIFIKASI
No	mm		
1"	24,40	100.00	100
3/4"	19,10	100.00	100
1/2"	12,70	93.56	90 - 100
3/8"	9,52	84.27	77 - 90
#4	4,75	60.70	53 - 69
#8	2,36	43.20	33 - 53
#16	1,18	30.20	21 - 40
#30	0,60	22.19	14 - 30
#50	0,30	15.18	9 - 22
#100	0,15	9.42	6 - 15
#200	0,075	6.09	4 - 9

4.2 Kadar Aspal Optimum

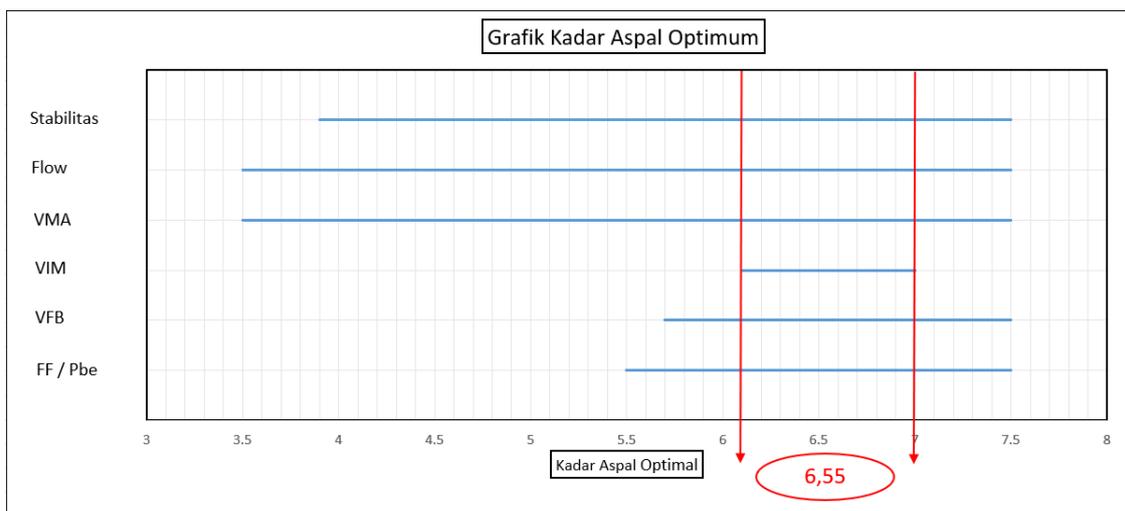
Tabel 7. Komposisi Agregat Campuran

No.	Kadar Aspal	Kadar Agregat	Berat campuran (gr)	Berat Total Agregat (gr)
1	3.5	96.5		1158
2	4.5	95.5		1146
3	5.5	94.5	1200.00	1134
4	6.5	93.5		1122
5	7.5	92.5		1122

a. Marshall Test

Tabel 8. Rekapitulasi Hasil Perhitungan Marshall Test

Karakteristik Marshall	Kadar Aspal (%)					Spesifikasi
	3.5	4.5	5.5	6.5	7.5	
Stabilitas (Lbs)	675.492	983.584	1084.091	1193.685	1128.910	Min.800
Flow (mm)	3.208	3.272	3.182	3.305	3.242	2,0-4,0
VMA (%)	19.439	17.664	16.700	16.642	16.835	min14
VIM(%)	13.797	9.720	6.412	4.047	1.925	3,0-5,0
VFB(%)	29.065	44.987	61.605	75.704	88.575	Min. 65
FF/Kadar Aspal Efektif	2.119	1.538	1.201	0.982	0.828	0,6-1,2
Kepadatan (gr/cc)	2.102	2.170	2.219	2.244	2.263	Min. 2,000



Gambar 3. Grafik Rentang Kadar Aspal Terbaik Untuk Campuran AC-WC

4.3 Waktu Rendaman

Tabel 9. Data Gelombang Tinggi

Tahun	Rata-rata	
	H-Maks	Total jam
2021	1.206691	229
2022	1.209429	67
2023	1.109556	296
Jumlah Jam		592

Sumber: Data Gelombang Tinggi BMKG Stasiun Meteorologi Martim Bitung

4.4 Hasil Rendaman Terhadap Campuran

Setelah Mengetahui bahwa rendaman terjadi dengan jangka waktu terlama yaitu 21x24 jam oleh maka campuran dengan kadar aspal optimum 6,5% dilanjutkan dengan pengujian perendaman air laut yang akan dibandingkan dengan air tawar. Berikut merupakan tabel hasil variasi rendaman dengan nilai stabilitas, Kelelahan (*Flow*), VMA, VIM, VFB, dan Kepadatan.

a. Campuran pada Rendaman Air Laut

Tabel 10. Hasil Rekapitulasi Nilai Stabilitas Pada Rendaman Air Laut

Sampel	STABILITAS (Kg)			
	Waktu Rendaman			
	1 x 24 Jam	3 x 24 jam	7 x 24 Jam	21 x 24 jam
1	939.17	946.18	763.21	748.99
2	980.34	947.10	968.90	833.10
3	979.32	946.64	866.05	807.87
Rata- Rata	966.28	946.64	866.05	796.65
Penurunan (Kg)	0	2.03	10.37	17.55

Tabel 11. Hasil Rekapitulasi Nilai *flow*, VMA, VIM, VFB dan Kepadatan pada Rendaman Air Laut

Waktu Rendaman	<i>FLOW</i> (mm)	VMA (%)	VIM (%)	VFB (%)	KEPADATAN (gr/cc)
1x24 jam	3.283	15.954	3.254	79.825	2.263
3x24 jam	3.542	17.335	4.844	72.057	2.226
7x24 jam	3.784	18.493	6.177	66.632	2.195
21x24 jam	3.857	19.408	7.231	62.945	2.170

b. Campuran pada Rendaman Air Tawar

Tabel 12. Hasil Rekapitulasi Nilai Stabilitas Pada Rendaman Air Tawar

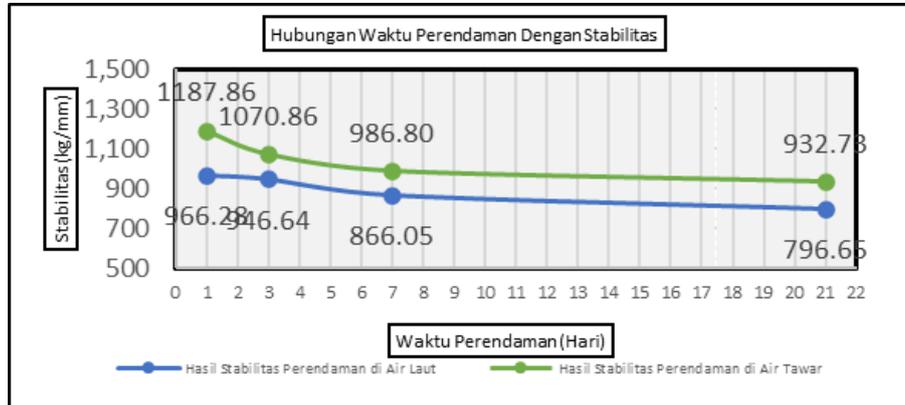
Sampel	STABILITAS (Kg)			
	Waktu Rendaman			
	1 x 24 Jam	3 x 24 jam	7 x 24 Jam	21 x 24 jam
1	1194.76	1093.42	1045.18	959.61
2	1180.96	1033.93	918.54	915.38
3	1187.86	1085.22	996.68	923.19
Rata- Rata	1187.86	1070.86	986.80	932.73
Penurunan (Kg)	0	9.85	16.93	21.48

Tabel 13. Hasil Rekapitulasi Nilai *flow*, VMA, VIM, VFB dan Kepadatan pada Rendaman Air Laut

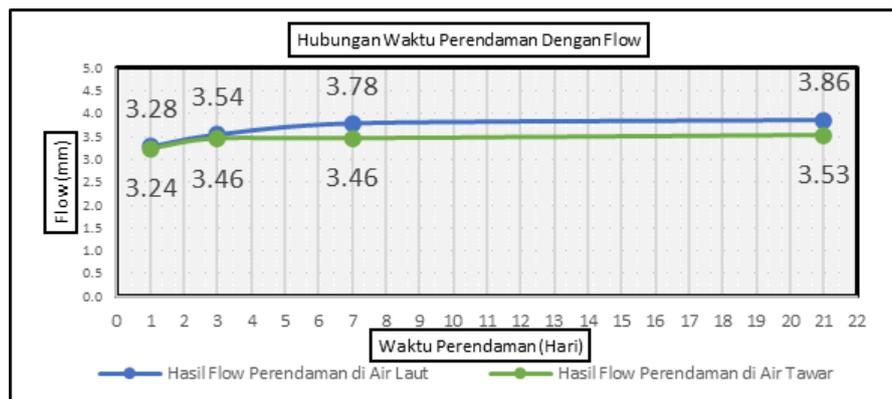
Waktu Rendaman	<i>FLOW</i> (mm)	VMA (%)	VIM (%)	VFB (%)	KEPADATAN (gr/cc)
1x24 jam	3.240	15.989	3.295	79.427	2.262

Waktu Rendaman	FLOW (mm)	VMA (%)	VIM (%)	VFB (%)	KEPADATAN (gr/cc)
3x24 jam	3.458	17.403	4.923	71.832	2.224
7x24 jam	3.461	17.747	5.318	70.070	2.215
21x24 jam	3.532	18.267	5.917	67.677	2.201

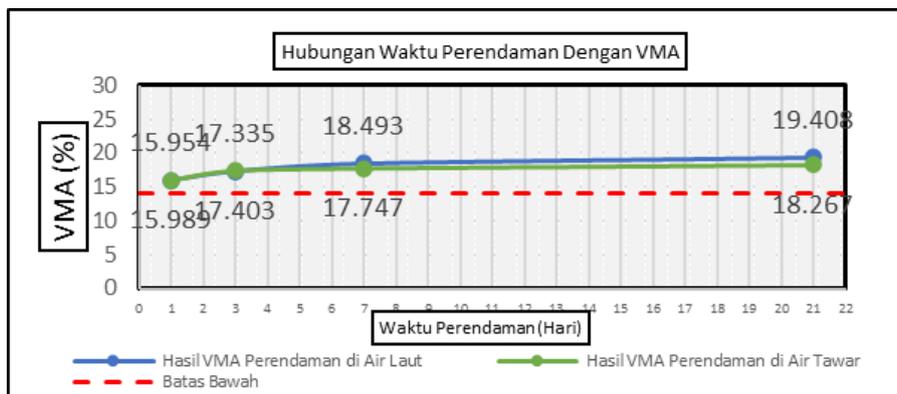
4.5 Hasil Perbandingan Rendaman Air Laut dan Rendaman Air Tawar



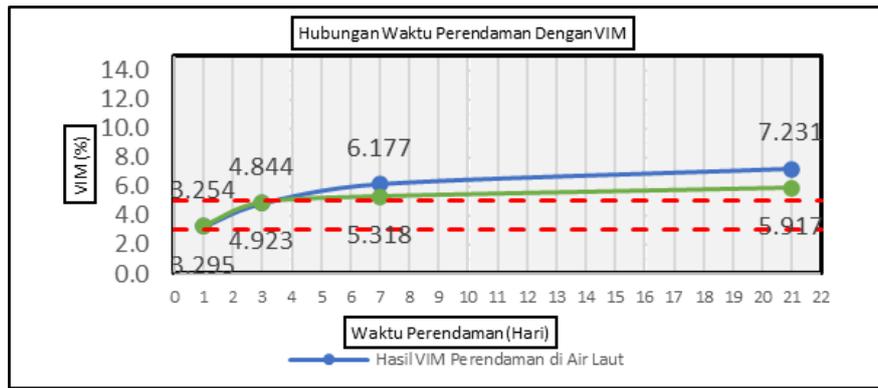
Gambar 4. Hubungan Variasi Rendaman dengan Stabilitas Dalam Rendaman Air Laut & Air Tawar



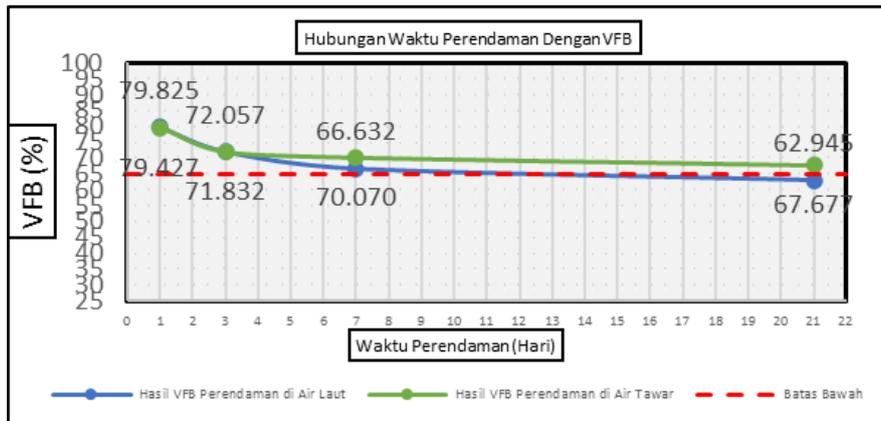
Gambar 5. Hubungan Variasi Rendaman dengan Kelelehan (Flow) Dalam Rendaman Air Laut & Air Tawar



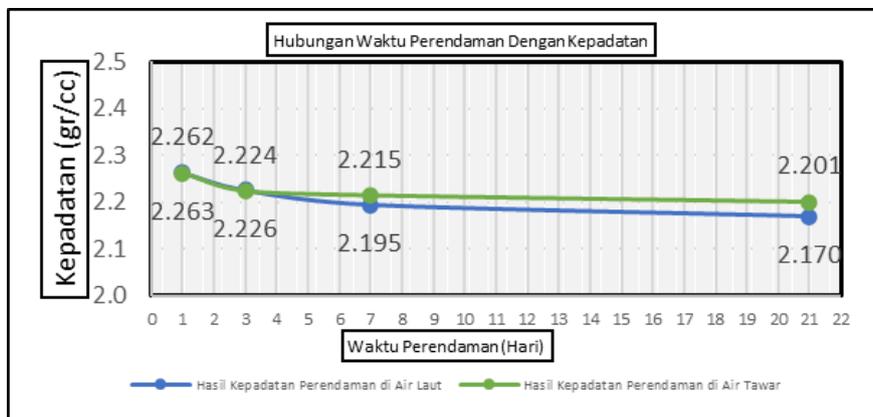
Gambar 6. Hubungan Variasi Rendaman dengan VMA Dalam Rendaman Air Laut & Air Tawar



Gambar 7. Hubungan Variasi Rendaman dengan VIM Dalam Rendaman Air Laut & Air Tawar



Gambar 8. Hubungan Variasi Rendaman dengan VFB Dalam Rendaman Air Laut & Air Tawar



Gambar 9. Hubungan Variasi Rendaman dengan Kepadatan Dalam Rendaman Air Laut & Air Tawar

5. Kesimpulan

Pengaruh rendaman air laut terhadap stabilitas menunjukkan semakin lama campuran aspal direndam di air laut maupun air tawar maka nilai stabilitas semakin menurun. Presentase penurunan stabilitas pada campuran aspal setelah direndam air laut lebih rendah dibandingkan setelah direndam air tawar. Nilai penurunan dari rendaman 1x24 jam setelah rendaman 21x24 jam berkisaran 17,55% dengan nilai 796,65Kg, ditinjau sudah tidak memenuhi Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 untuk Pekerjaan Konstruksi Jalan dan Jembatan (Revisi 2). Penurunan stabilitas yang signifikan ini menandakan akan mengakibatkan kerusakan pada ruas jalan lapis AC-WC pada ruas jalan pesisir pantai boulevard amurang yang terkena air pasang laut (rob) dalam kurun waktu panjang.

Pengaruh rendaman terhadap karakteristik marshall antara lain berupa Nilai Kelelahan (flow), Semakin lama rendaman pada campuran aspal lapis permukaan baik dengan air laut

ataupun air tawar, maka nilai kelelahan cenderung meningkat walaupun tidak terlalu besar peningkatannya. Peningkatan nilai kelelahan lebih besar pada rendaman air laut pada rendaman 21x24 jam dengan air laut sebesar 3,86mm yang hampir mendekati batas atas spesifikasi sebesar 4,00mm, sedangkan air tawar memiliki hasil uji sebesar 3,53mm. Nilai VMA naik setelah rendaman air laut terlama sebesar 19,408% sedangkan air tawar sebesar 18,267%. Nilai VIM cenderung meningkat setelah waktu rendaman lebih lama dengan air laut yaitu 5,917% melebihi batas atas 5,0 (spesifikasi). Nilai VFB semakin lama rendaman semakin menurun dengan nilai 67,677% setelah rendaman air laut 21x24 jam. Nilai kepadatan sendiri setelah rendaman 21x24 jam memperoleh penurunan sampai kepada nilai 2.170gr/cc.

Secara menyeluruh semakin lama campuran aspal lapis permukaan AC-WC terendam, baik rendaman air laut maupun air tawar dapat mempengaruhi kinerja perkerasan aspal berupa penurunan keawetan dalam campuran aspal, ditandai dengan meningkatnya nilai kelelahan, VMA, VIM, dan menurunnya nilai stabilitas, VFB, dan Kepadatan.

Referensi

- AASHTO (1993), *Guide for Design Of Pavement Structures*. AASHTO, Washington, DC.
- Aep Riyadi. (2011). *Pengaruh Air Rob Terhadap Karakteristik Campuran Laston Modifikasi Untuk Lapis Permukaan (Acwc – Modified)*.
- Altan Y. dan Sebnem S. (2012). *Water Effect On Deteriorations Of Asphalt Pavements* 02, no 1 (2022):5
- Bina Marga. (2023) . Spesifikasi Umum 2018 Direktorat Jendral Bina Marga Untuk Pekerjaan Konstruksi Jalan Dan Jembatan Kementerian Pekerjaan Umum, Republik Indonesia, Manado.
- Fadil, Ahmad, Cut. T. (2014). *Perbandingan Lama Rendaman Campuran AC-WC dengan Memakai Air Laut dan Air Tawar terhadap Karakteristik Marshall*. (repository.usu.ac.id/handle/123456789/43029, diakses Oktober 2023).
- George S.M, Oscar.H.K, dan Mecky.R.E.M. (2015). *Pengaruh Terendamnya Perkerasan Aspal Oleh Air Laut Yang Ditinjau Terhadap Karakteristik Marshall* 03, no 8 (2015): 570.
- Heru, dan Farlin R. (2023). *Analisis Terendamnya Perkerasan Aspal Oleh Air Laut Yang Di Tinjau Terhadap Karakteristik Marshall* 06, no 1 (2023):128.
- Indah Marlina Ardianti, Dkk. (2018). *Analisis Kualitas Campuran Aspal Panas Menggunakan Berbagai Macam Aspal Modifikasi*.
- Gatot R., (2013). *Aspal Bahan Perkerasan Jalan*. Semarang.
- Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat (2020). *Artikel Penentuan Porsentasi Komposisi dan Fraksi Agregat Untuk Gradasi Campuran AC-WC (Asphalt Concrete- Wearing Course) dengan Aplikasi Microsoft Excel*.
- Kemmala D., Aris K., Archi R. K., dan Althea S. (2022). *The Effect Of Asphalt Baths Wearing Coarse (Ac-Wc) On The Tide* 02. no 2 (2022):1896
- Khasanah, M. (2016). *Pengaruh Lama Perendaman Air Laut Terhadap Kinerja Laston (AC-WC)*.
- Sukirman, S. (1993). *Pekerasan Lentur Jalan Raya*. Penerbit Nova. Bandung.
- Sukirman, S. (2003). *Beton Aspal Campuran Panas*. Yayasan Obor Indonesia. Jakarta