



Pengaruh Rendaman Air Hujan di Samarinda Terhadap Aspal (AC-WC) Pada Pengujian Marshall

Ulwiyah Wahdah Mufassirin Liana^{*1}, Adde Currie Siregar¹, Johanes Wicaksono¹

¹Program Studi S1 Teknik Sipil, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Muhammadiyah Kalimantan Timur, Samarinda, 75124, Indonesia

*Email korespondensi : uwm216@umkt.ac.id

Diterima November 2022; Disetujui Januari 2023; Dipublikasi Januari 2023

Abstract: Road pavement construction in Samarinda uses flexible pavement, in addition to the smoother surface, flexible pavement is easier to repair and the manufacturing time is faster, but it was continuously used and the weather was constantly changing the bending pavement must always be paid attention. The purpose of this study is to determine the optimum level of asphalt obtained when submerged in rainwater and analyze the effect of rainwater soaking on the marshall test. The asphalt content used in this study was 4%, 4.5%, 5.5%, and 6%. From the results of the studies that have been carried out, it can be concluded that test objects soaked using rainwater can affect the compressive strength of asphalt in marshall testing. At 1-day immersion, that was a decrease the stability is 8.15%, a decrease in the flow is 16.59%, VIM and VMA are increase 92.01% and 23.9%, VFWA was decrease 22.72%, while density is decrease 4.48% with MQ is increase 12.47%. In the 3-day immersion, that is increase stability by 4.70% and flow is increase 17.96%, VIM and VMA are increase 24.67% and 9.44%, while VFWA is decrease 12.47%, density have decrease 2.19% and MQ neither decrease 13.06%.

Keywords : pavement, marshall, immersion

Abstrak: Konstruksi perkerasan jalan di Samarinda masih banyak menggunakan aspal/ perkerasan lentur, selain permukaannya lebih halus, perkerasan lentur lebih mudah diperbaiki dengan waktu pembuatan lebih cepat, namun karena terus menerus dilewati dan cuaca yang terus berubah maka perkerasan lentur harus selalu diperhatikan. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui Kadar Aspal Optimum (KAO) yang didapat saat beton aspal terendam air hujan dan menganalisa pengaruh rendaman air hujan terhadap uji marshall. Kadar aspal yang digunakan dalam penelitian ini adalah 4%, 4.5%, 5.5%, dan 6%. Dari hasil penelitian yang telah dilakukan, disimpulkan bahwa benda uji yang direndam menggunakan air hujan dapat mempengaruhi kuat tekan aspal dalam pengujian marshall. Pada perendaman 1 hari beton aspal mengalami penurunan nilai stabilitas sebesar 8.15%, nilai *flow* menurun 16.59%, kenaikan nilai VIM dan VMA berturut-turut sebesar 92.01% dan 23.97%, VFWA menurun sebesar 22.72%, sedangkan kepadatan beton aspal menurun sebesar 4.48%, dengan nilai MQ meningkat 12.47%. Pada perendaman 3 hari mengalami penurunan nilai stabilitas sebesar 4.70% dengan kenaikan nilai *flow* 17.96%, VIM dan VMA mengalami peningkatan berturut-turut sebesar 24.67% dan 9.44%, sedangkan VFWA menurun sebesar 12.47%, kepadatan beton aspal mengalami penurunan 2.19% yang disertai penurunan nilai MQ sebesar 13.06%

Kata Kunci : perkerasan lentur, marshall, rendaman

Jalan ialah suatu prasarana yang sangat penting untuk transportasi. Struktur perkerasan jalan yang baik dapat memberikan pelayanan berkendara secara optimal, nyaman dan cepat kepada masyarakat yang ingin melakukan perjalanan. Konstruksi perkerasan jalan di Samarinda masih banyak menggunakan aspal / perkerasan lentur, selain permukaannya lebih halus, perkerasan lentur lebih mudah diperbaiki dan waktu pembuatannya lebih cepat, namun karena terus menerus dilewati dan cuaca yang terus berubah perkerasan lentur harus selalu diperhatikan.

Transportasi memiliki peranan penting dalam menunjang kegiatan masyarakat di suatu daerah. Dari tahun ke tahun kebutuhan akan transportasi terus meningkat dengan bertambah penduduk. Jalan raya adalah salah satu prasarana penunjang transportasi darat yang mempunyai peranan penting bagi pertumbuhan ekonomi di suatu daerah. Sehingga memberikan pelayanan kepada sarana transportasi, dan selama masa pelayanannya diharapkan tidak terjadi kerusakan yang berarti (Sukirman, 2007).

Limpasan hujan yang berlebihan akan mempengaruhi konstruksi infrastruktur yang sudah ada sehingga diperlukan penanganan (Meliyana et al., 2018; Syahputra & Rahmawati, 2018). Lapisan permukaan jalan yang terendam air dalam waktu yang lama sangatlah berpengaruh terhadap ketahanan jalan. Kekuatan aspal sebagai bahan perekat agregat akan terganggu oleh air yang masuk ke dalam celah-celah campuran beton aspal.

Contoh kerusakan yang sering dilihat seperti jalan retak, lubang, terlepasnya butir agregat, dan yang lebih parahnya air dapat masuk ke bawah lapisan permukaan/lapisan aspal beron AC-WC. Rusaknya jalan di kota Samarinda bukan hanya pemeliharaan yang tidak optimal melainkan juga disebabkan oleh genangan air akibat hujan yang mengguyur daerah Samarinda secara tidak teratur. Air hujan merupakan air yang tersaring murni oleh alam, namun pada saat air hujan turun akan melarutkan partikel gas dan debu yang terbawa oleh udara (Fauziah, 2017). Semakin lama perkerasan terendam air tawar, maka durabilitas/ketahanan campuran akan semakin menurun (Gumilang, 2017). Menurut Ramdani dan Purnama (2022), salah satu penyebab rusaknya jalan ialah menggenangnya air di permukaan jalan yang menyebabkan renggangnya ikatan dan beban kendaraan yang lewat akan menambah kerusakan yang terjadi pada perkerasan.

Air hujan akan masuk ke badan jalan sehingga masuk ke lapisan tanah dasar melalui celah-celah yang ada pada lapis permukaan. Hal ini mengakibatkan ikatan antara aspal dan butir agregat terlepas dan menurunkan masa pelayanan jalan. Menurut Nurlaily dan Rahardjo (2017), perendaman air hujan mempengaruhi penurunan nilai kadar aspal optimum. Oleh karena itu diperlukan penelitian mengenai pengaruh rendaman air hujan terhadap perkerasan jalan di Samarinda terhadap perkerasan jalan di Samarinda untuk

mengoptimalkan pemeliharaan jalan yang dapat dilakukan di masa mendatang.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dibuat di Laboratorium Univeritas Muhammadiyah Kalimantan Timur dengan sampel beton aspal sebanyak 60 buah. Aspal yang digunakan adalah aspal pen 60/70. Agregat kasar menggunakan batu palu dan agregat halus menggunakan pasir mahakam. Batu palu digunakan karena sifatnya yang berkualitas dan tidak mengalami perubahan bentuk walau tertanam di dalam tanah, sedangkan pasir Mahakam dipilih karena kemudahan mendapatkan pasir tersebut di wilayah Kota Samarinda. Aspal dan agregat yang digunakan telah dilakukan pengujian terlebih dahulu sesuai standar Bina Marga, 2018.

Desain campuran Laston AC-WC menggunakan standar Bina Marga 2018 dengan menggunakan kadar aspal sebagai berikut: 4%, 4.5%, 5%, 5.5% dan 6%. Perendaman sampel beton aspal terbagi menjadi 2 rendaman yaitu dengan menggunakan air PDAM dan air hujan. Perendaman sampel beton aspal dengan menggunakan air PDAM menjadi acuan dalam menentukan karakteristik beton aspal yang direndam dalam air hujan. Menurut Permenkes No. 492 Tahun 2010, hasil pengujian air bersih PDAM digunakan sebagai acuan air pembanding. Lama waktu perendaman dibedakan menjadi 2 waktu antara lain 1 hari (24 jam) dan 3 hari (72 jam). Menurut Siregar. dkk (2022), perendaman air Sungai Mahakam

mempengaruhi kuat tekan aspal dikarenakan air Sungai Mahakam mengandung kadar lumpur cukup banyak sehingga mengurangi keawetan perkerasan. PDAM yang ada di Kota Samarinda berasal dari Sungai Mahakam.

Berikut dengan jumlah total 60 buah dapat dilihat pada Tabel 1. Pembuatan dan pengujian sampel benda uji menggunakan standar SNI 06-2489-1991. Benda yang akan di uji dibuat dengan bentuk silinder dengan ukuran diameter spesifikasi sampel benda uji yang dibuat 10,2 cm atau 4,0inch sesuai SNI 03-6758-2002.

Tabel 1. Jumlah sampel benda uji dengan detail lama waktu rendaman

Persentase Kadar Aspal	Aspal Perendaman PDAM 24 jam	Aspal Perendaman PDAM 72 jam	Aspal Perendaman Air Hujan 24 jam	Aspal Perendaman Air Hujan 72 jam
	4%	3 sampel	3 sampel	3 sampel
4.5%	3 sampel	3 sampel	3 sampel	3 sampel
5%	3 sampel	3 sampel	3 sampel	3 sampel
5.5%	3 sampel	3 sampel	3 sampel	3 sampel
6%	3 sampel	3 sampel	3 sampel	3 sampel

Sumber : Peneliti (2022)

Air PDAM Kota Samarinda

Hasil pengujain kandungan air PDAM Kota Samarinda dikutip dari hasil penelitian yang pernah dilakukan sebelumnya.

Tabel 2. Hasil Pengujian Kandungan Air PDAM

No	Parameter	Satuan	Kadar Maksimum	Hasil pemeriksaan
A. Fisika				
1	Kekeruhan	NTU	5	7.15
2	Warna	PtCo	15	29
3	Zat padat terlarut	mg/l	500	67.0
4	Bau	-	tidak berbau	tidak berbau
5	Rasa	-	tidak berasa	tidak berasa
6	Suhu	°C	suhu udara ³	30.0
7	DHL	Sm	1500	90.1
B. Kimia				
8	Ph		6.5-8.5	6.88

9	Aluminium	mg/l	0.2	-
10	Besi	mg/l	0.3	-
11	Kesadahan	mg/l	500	53.4

Sumber : Penelitian Burhanudin (2021)

Air Hujan Kota Samarinda

Data air hujan diperoleh dari Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG) Bandara Temindung, Kota Samarinda. Sampel curah hujan yang digunakan dalam penelitian data curah hujan Kota Samarinda (dalam mm) dari bulan Januari 2011 sampai dengan Mei 2016. Variasi sampel dilakukan pemisahan atau pembagian menjadi tiga sampel yang di mana sampel pertama yaitu data curah hujan Kota Samarinda dari bulan Januari 2011 sampai dengan Mei 2016 sebanyak 65 data, sampel kedua yaitu data curah hujan Kota Samarinda dari bulan Januari 2014 sampai dengan Mei 2016 sebanyak 41 data, dan sampel ketiga yaitu data curah hujan Kota Samarinda dari bulan Januari 2014 sampai dengan Mei 2016 sebanyak 29 data. Berikut Tabel 3 merupakan rekapitulasi curah hujan Kota Samarinda.

Tabel 3. Data Curah Hujan di Samarinda

Data	Min	Max	Mean	Std Deviation
Januari 2011-Mei 2016	0	447,8	207,1	97,4
Januari 2013-Mei 2016	0	447,8	206,8	106,6
Januari 2014-Mei 2016	0	447,8	192,5	112,6

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis Karakteristik Marshall

Dari pengujian dengan alat marshall akan diperoleh karakteristik campuran beton aspal berupa nilai stabilitas, *flow*, kepadatan dan *Marshall Quotient* serta analisis *void*/rongga berupa VIM (*Void In the Mix*), VMA (*Void in Mineral Aggregate*) dan VFWA (*Void Filled With Asphalt*). Berikut hasil analisis karakteristik *Marshall* pada rendaman 1 dan 3 hari dapat dilihat pada Tabel 4 sampai Tabel 6.

Tabel 4. Hasil Pengujian dengan Perendaman Selama 1 Hari

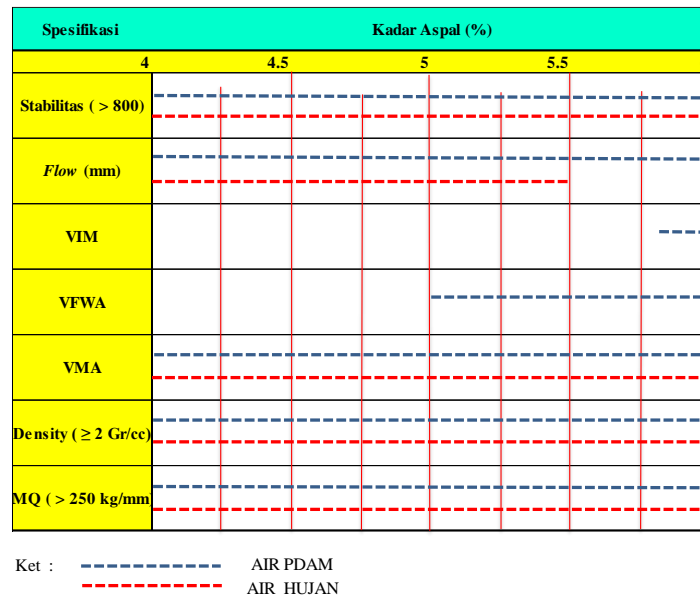
Uji Marshall	Perendaman 1 Hari									
	Kadara Aspal (%)									
	4		4.5		5		5.5		6	
	PDAM	Air Hujan	PDAM	Air Hujan	PDAM	Air Hujan	PDAM	Air Hujan	PDAM	Air Hujan
Stabilitas (kg)	3366.68	3113.91	3014.37	3139.60	3207.93	2929.76	3229.45	3042.43	3533.87	2794.52
<i>Flow</i> (mm)	4.863	2.950	3.183	3.090	3.877	2.957	4.260	3.520	3.587	3.973
MQ (kg/mm)	702.15	1058.18	957.61	1018.77	828.45	1006.68	781.38	930.10	985.27	771.66
VIM (%)	5.85	8.26	5.54	10.75	5.29	9.91	3.09	6.62	3.49	9.12
VFWA (%)	60.94	51.19	64.36	47.17	67.68	51.40	80.04	64.34	79.38	58.24
VMA (%)	14.73	16.92	15.49	20.15	16.30	20.39	15.40	18.48	16.77	21.63
Density (gr/cc)	2.28	2.22	2.27	2.15	2.26	2.15	16.77	2.21	2.27	2.14

Tabel 5. Hasil Pengujian dengan Perendaman Selama 3 Hari

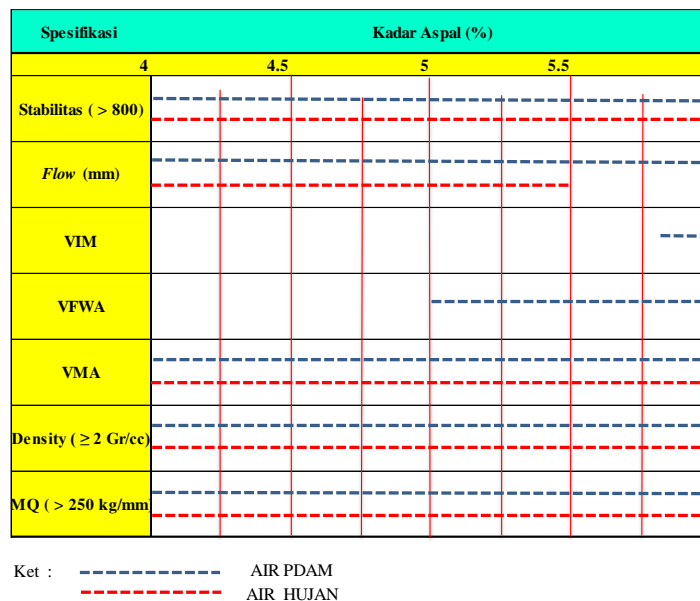
Uji Marshall	Perendaman 3 Hari									
	Kadara Aspal (%)									
	4		4.5		5		5.5		6	
	PDAM	Air Hujan	PDAM	Air Hujan	PDAM	Air Hujan	PDAM	Air Hujan	PDAM	Air Hujan
Stabilitas (kg)	2820.47	2952.51	2583.45	2673.51	2514.02	2712.74	2497.22	2766	2707.04	2634.77
Flow (mm)	3.980	3.617	3.867	4.053	3.827	3.690	2.867	4.080	2.853	5.067
MQ (kg/mm)	711.51	831.97	687.25	660.95	676.24	748.65	891.45	694.81	1014.89	525.12
VIM (%)	14.69	19.76	9.34	8.39	5.75	7.07	6.46	8.40	4.47	7.13
VFWA (%)	39.17	27.83	54.91	54.07	67.04	60.50	69.18	60.47	74.82	64.21
VMA (%)	22.74	27.33	18.89	18.05	16.71	17.87	18.34	20.04	17.62	19.91
Density (gr/cc)	2.07	1.94	2.18	2.20	2.25	2.22	2.22	2.17	2.25	2.19

Tabel 6. Hasil Pengujian dengan Perendaman Selama 3 Hari

KADAR ASPAL (4% - 6%)	AIR PDAM		AIR HUJAN	
	1 HARI	3 HARI	1 HARI	3 HARI
Rata-Rata STABILITAS (kg) (>800)	3270.46	2624.44	3004.05	2747.91
PENURUNAN	19.75%		8.53%	
Rata-Rata FLOW (mm) (2-4)	3.95	3.48	3.30	4.10
PENURUNAN	12.02%		24.42%	
Rata-Rata VIM (%) (3-5)	4.65	8.14	8.93	10.15
KENAIKAN	75.03%		13.64%	
Rata-Rata VFWA (%) (>65)	70.48	61.02	54.47	53.42
PENURUNAN	13.41%		1.93%	
Rata-Rata VMA (%) (>14)	15.74	18.86	19.51	20.64
KENAIKAN	19.82%		5.77%	
Rata-Rata DENSITY (gr/cc) (≥2)	2.28	2.19	2.18	2.15
PENURUNAN	3.68%		1.37%	
Rata-Rata MQ (kg/mm) (>250)	850.97	796.27	957.08	692.30
PENURUNAN	6.43%		27.67%	



Gambar 1. Kadar aspal Optimum Beton Aspal pada Rendaman PDAM dan Air Hujan selama 1 hari



Gambar 2. Kadar aspal Optimum Beton Aspal pada Rendaman PDAM dan Air Hujan selama 3 hari

Berdasarkan Tabel 4, nilai stabilitas benda uji memiliki batas minimum sebesar 800 kg untuk benda uji dengan penumbukan 2x75, terlihat bahwa benda uji dengan dua variasi

perendaman selama 1 hari menggunakan air PDAM dan air Hujan sesuai spesifikasi yang telah ditentukan. Stabilitas yang cukup mampu mendukung beban lalu lintas yang melewati perkerasan tanpa mengalami deformasi plastis selama umur rencana (Laia, Sandro dkk, 2016).

Sedangkan menurut Putra dkk. (2018), penambahan aspal di atas maksimum akan menurunkan stabilitas campuran itu sendiri sehingga lapis perkerasan menjadi kaku. Sedangkan nilai *flow* pada rendaman air PDAM pada kadar aspal 4% dan 5.5% tidak memenuhi spesifikasi Bina Marga, 2018 yaitu 2-4%. Nilai *flow* di atas nilai maksimal menunjukkan bahwa sampel beton aspal lebih getas dibandingkan dengan sampel beton aspal lainnya. Walaupun ada beberapa sampel beton aspal dengan nilai *flow* di atas maksimal, namun nilai *Marshall Quotient* sesuai dengan syarat Bina Marga 2018. Nilai MQ merupakan perbandingan nilai stabilitas dan *flow*.

Berdasarkan Tabel 5, perendaman air selama 3 hari menunjukkan hasil stabilitas di atas 800kg, namun mengalami penurunan baik pada rendaman PDAM maupun air hujan. Penurunan yang terjadi pada rendaman PDAM dan air hujan berturut-turut yaitu 19.75% dan 8.53% (Tabel 6). Penurunan terjadi karena air akan masuk ke dalam celah-celah rongga sehingga memperlemah ikatan agregat dan aspal. Sedangkan nilai *flow* pada rendaman 3 hari semakin tinggi dibandingkan dengan *flow* pada rendaman 1 hari. Hal ini diakibatkan karena menurunnya stabilitas campuran sehingga kelelahan beton aspal akan semakin tinggi.

Penurunan yang terjadi pada rendaman PDAM sebesar 12.02% dan rendaman air hujan sebesar 24.42%. Dikarenakan stabilitas menurun dan kelelahan/*flow* beton aspal

meningkat, maka beton aspal pada rendaman 3 hari baik itu rendaman PDAM maupun air hujan bersifat lebih plastis dan mudah berubah bentuk dibandingkan beton aspal yang hanya direndam selama 1 hari. Menurut Sukirman (2003), Semakin rendah stabilitas perkerasan diikuti dengan kelelahan yang tinggi, maka perkerasan akan bersifat plastis dan mudah mengalami deformasi. Hal ini diperkuat dengan penurunan nilai MQ pada sampel beton aspal pada rendaman 3 hari (Tabel 6).

VIM (*Void In the Mix*) atau rongga pada campuran beton aspal tidak ada kadar aspal yang memenuhi spesifikasi Bina Marga 2018, kecuali kadar aspal 6% dalam rendaman PDAM baik pada rendaman 1 hari maupun 3 hari (sesuai pada Tabel 4 dan Tabel 5). Syarat spesifikasi VIM adalah 3-5%. Semakin besar nilai VIM maka rongga dalam campuran beton aspal semakin banyak. Pada campuran beton aspal dengan kadar aspal 6%, rongga-rongga dalam campuran diisi oleh aspal secara maksimal sehingga campuran beton aspal akan lebih kedap terhadap air. Berdasarkan Tabel 4 dan 5, untuk nilai VFWA (*Void Filled With Asphalt*), yang memenuhi syarat Bina Marga 2018, hanya pada campuran beton aspal dengan kadar aspal yang tinggi. Hal ini cukup relevan dikarenakan, jumlah aspal yang ditambahkan ke dalam campuran akan meningkatkan persentase aspal yang terkandung dalam sampel. Untuk VMA (*Void Mineral Aggregate*) semua sampel beton aspal baik pada rendaman PDAM maupun air hujan, baik itu lama rendaman 1 hari maupun 3 hari telah memenuhi syarat Bina

Marga 2018, yaitu >14%. Menurut Nikmatul (2017), VMA yang tinggi mengakibatkan campuran beton memiliki stabilitas rendah dan sebaliknya jika nilai VMA makin menurun maka campuran akan tahan terhadap perubahan bentuk akibat menerima beban lalu lintas.

Kepadatan campuran beton aspal ditunjukkan dengan nilai *density*. Syarat Bina Marga 2018, sampel beton aspal memenuhi standar *density* yaitu dengan nilai >2 gr/cc. Nilai *density* diperoleh dari hasil berat kering, berat jenuh dan berat dalam air. Semua sampel beton aspal dengan variasi kadar aspal telah memenuhi syarat spesifikasi. Kepadatan sampel pada rendaman PDAM lebih tinggi daripada sampel pada rendaman air hujan. Berdasarkan Tabel 6, penurunan kerapatan/kepadatan sampel pada rendaman 1 hari sebesar 4.48% sedangkan pada rendaman 3 hari menurun yaitu 2.19%. Semakin lama sampel direndam di dalam air, maka kerapatan/kepadatannya akan semakin kurang baik. Sehingga jika perkerasan terendam air dalam waktu yang lama akan merusak struktur dan kekuatan dari campuran beton aspal tersebut, dan perlu adanya pemeliharaan untuk mengurangi kerusakan yang terjadi.

Berdasarkan Gambar 1, sampel beton aspal dengan rendaman PDAM selama 1 hari diperoleh nilai kadar aspal optimum di antara 5.5% dan 6%. Sehingga Kadar Aspal Optimum (KAO) yang dapat digunakan adalah 5.75%. Berbeda halnya dengan sampel beton aspal dengan rendaman air hujan selama 1 hari, dikarenakan nilai VIM dan VFWA tidak memenuhi spesifikasi standar Bina Marga

2018, maka nilai KAO sampel pada rendaman air hujan tidak dapat ditentukan.

Berdasarkan Gambar 2, sampel beton aspal dengan rendaman PDAM selama 3 hari diperoleh nilai KAO antara 5.85% dan 6% sehingga KAO ditetapkan sebesar 5.93%. Sama halnya dengan rendaman 1 hari, untuk sampel rendaman air hujan selama 3 hari tidak dapat ditentukan KAO nya dikarenakan VIM dan VFWA tidak memenuhi syarat Bina Marga 2018.

KESIMPULAN

Kesimpulan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Nilai KAO perendaman air PDAM selama 1 hari 5.75%, 3 hari sebesar 5.93%, sedangkan untuk perendaman air hujan selama 1 hari dan 3 hari tidak dapat ditentukan, karena nilai VIM dan VFWA tidak memenuhi spesifikasi Bina Marga 2018.
2. Pengaruh lama perendaman :
 - a) Sampel dengan rendaman air PDAM mengalami penurunan nilai stabilitas sebesar 19.75%, penurunan nilai flow sebesar 12.02%, VIM dan VMA mengalami kenaikan yaitu 75.03% dan 19.82%, sedangkan nilai VFWA menurun sebesar 13.41%, *density* dan MQ mengalami penurunan sebesar 3.68%, dan 6.43%.
 - b) Sampel dengan rendaman air hujan mengalami penurunan nilai stabilitas

sebesar 8.53%, nilai *flow* meningkat sebesar 24.42%, VIM dan VMA mengalami kenaikan sebesar 13.64% dan 5.77%, penurunan nilai VFWA 1.93%, diikuti dengan penurunan nilai *density* 1.37%, dan penurunan nilai MQ sebesar 27.67%.

- c) Dari hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa sampel benda uji yang direndam menggunakan air hujan dapat mempengaruhi kekuatan aspal dengan pengujian marshall.

DAFTAR PUSTAKA

- Burhanuddin dan Isnaini Zulkarnain (2021). Analisa Kandungan Air Sungai Mahakam Kota Samarinda Sebagai Air Pencampur Beton.
- Bina Marga. (2018). *Spesifikasi Umum 2018 untuk Pekerjaan Konstruksi Jalan dan Jembatan*. Kementerian
- Fauziah, M., & Handaka, A. (2017). Pemanfaatan Aspal Starbit E-55 Untuk Menahan Penurunan Kinerja Akibat Rendaman Air Hujan Pada Campuran *Split Mastic Asphalt*. *Jurnal Transportasi*, 17(1).
- Gumilang, Damar. (2017). Analisis Dampak Rendaman Air Tawar Terhadap Durabilitas dan Properties Marshall Pada Campuran Aspal Concrete-Binder Course (AC-BC). Tugas Akhir. Surakarta:Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Indonesia. (2010). Peraturan Menteri Kesehatan No492/Menkes/Per/IV. Jakarta
- Indonesia. (1991). SNI 06-2489. Pustran Balitbang, Pekerjaan Umum
- Indonesia. (2002). SNI 03-6758. Pustran Balitbang, Pekerjaan Umum
- Laia, Sandro dkk. (2016). Pengaruh Penggunaan Serbuk Keramik sebagai Tambahan Agregat Halus dalam Campuran Aspal. *Jurnal Teknik dan Ilmu Komputer, Universitas Kristen Krida Wacana*, 149-156.
- Meliyana, M., Syahputra, I., Mahbengi, A., & Rahmawati, C. (2018). Studi Penanggulangan Banjir Krueng Tripa. *Jurnal Teknik Sipil Unaya*, 4(1), 34–39.
- Nikmatul, A. (2017). Kinerja Campuran Hot Rolled Sheet-Wearing Course (HRS-WC) dengan Filler Abu Ampas Tebu. *Jurnal Bangunan, Universitas Negeri Malang*, 11-20.
- NurLaily, I., & Rahardjo, B. (2017). Pengaruh Lama Perendaman Air Hujan Terhadap Kinerja Laston (Ac-Wc) Berdasarkan Uji Marshall. *Bangunan*, 22(1),1-1
- Ramdani, R., & Purnama, A. (2022). Analisis Pengaruh Genangan Air Terhadap Kerusakan Jalan Di Kelurahan Uma Sima Kecamatan Sumbawa: Studi Kasus Jalan Tongkol. *Jurnal sainteka*, 3(1), 7-12.
- Siregar, Adde Currie dkk. (2022). Pengaruh Rendaman Air Sungai Mahakam pada Aspal Beton Terhadap Karakteristik Pengujian Marshall Test. *Konteks ke 16*.
- Sukirman, Silvia. (2003). Perkerasan Lentur Jalan Raya. Nova. Bandung

- Sukirman, Silvia. (2007). Perkerasan Jalan Lentur. Nova. Bandung
- Syahputra, I., & Rahmawati, C. (2018). Aplikasi Program HEC-RAS 5.0. 3 Pada Studi Penanganan Banjir. *Elkawnie*, 4(2), 127–140
- Putra, Dwi Trisna Wishnu dan Subarkah. (2018). Pengaruh Lama Rendaman Air Sungai Terhadap Karakteristik AC WC Dengan Bahan Ikat Starbit E-60 dan Pen 60/70. *Tugas Akhir*. Yogyakarta:Universitas Islam Indonesi