

NASKAH PUBLIKASI (MANUSCRIPT)

**PENGARUH LAMA RENDAM AIR LAUT SEBATIK MENGGUNAKAN ASPAL
KARET DAN ASPAL PEN 60/70 BERDASARKAN UJI MARSHALL**

***THE INFLUENCE OF SEBATIK SEAWATER IMMERSION DURATION
USING RUBBER ASPHALT AND PEN 60/70 ASPHALT BASED ON
MARSHALL TEST***

Ulwiyah Wahdah Mufassirin Liana¹, Albar², Muhammad Gunawan³,
Pitoyo⁴



Disusun Oleh :

Albar

NIM. 2011102443052

Muhammad Gunawan

NIM. 2011102443068

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH KALIMANTAN TIMUR**

2024

Naskah Publikasi (*Manuscript*)

**Pengaruh Lama Rendam Air Laut Sebatik Menggunakan Aspal Karet dan Aspal Pen
60/70 Berdasarkan Uji *Marshall***

***The Influence of Sebatik Seawater Immersion Duration Using Rubber Asphalt and
PEN 60/70 Asphalt Based on Marshall Test***

Ulwiyah Wahdah Mufassirin Liana¹, Albar², Muhammad Gunawan³



Disusun Oleh :

Albar

NIM. 2011102443052

Muhammad Gunawan

NIM. 2011102443068

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH KALIMANTAN TIMUR
2024**

LEMBAR PERSETUJUAN

Kami dengan ini mengajukan surat persetujuan untuk publikasi penelitian dengan judul :

**PENGARUH LAMA RENDAM AIR LAUT SEBATIK MENGGUNAKAN ASPAL
KARET DAN ASPAL PEN 60/70 BERDASARKAN UJI MARSHALL**

Bersama dengan surat ini kami lampirkan naskah publikasi

Peneliti



Albar

NIM. 2011102443052



Muhammad Gunawan

NIM. 2011102443068

Pembimbing

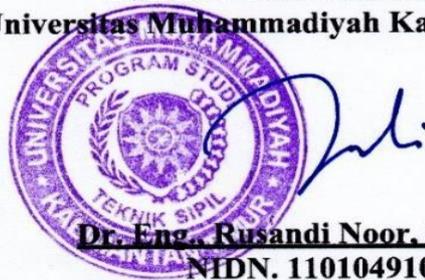


Ulwiyah Wahdah Mufassirin Liana, S.T, M.T

NIDN.1124029201

Disahkan

**Ketua Program Studi Teknik Sipil
Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Muhammadiyah Kalimantan Timur**



Dr. Eng. Rusandi Noor, S.T, M.T

NIDN. 1101049101

LEMBAR PENGESAHAN

**PENGARUH LAMA RENDAM AIR LAUT SEBATIK MENGGUNAKAN ASPAL
KARET DAN ASPAL PEN 60/70 BERDASARKAN UJI *MARSHALL***

NASKAH PUBLIKASI

Disusun Oleh :

Albar

NIM. 2011102443052

Muhammad Gunawan

NIM. 2011102443068

Telah diseminarkan dan diujikan

Pada tanggal 16 Januari 2024

Dewan Penguji :

Pitovo, S.T, M.Sc
NIDN. 1119128401
(Dewan Penguji I)



Ulwiyah Wahdah Mufassirin Liana, S.T., M.T
NIDN. 1124029201
(Dewan Penguji II)



Disahkan

Ketua Program Studi Teknik Sipil

Fakultas Sains dan Teknologi

Universitas Muhammadiyah Kalimantan Timur,



Dr. Eng Rusandi Noor, S.T, M.T
NIDN. 1101049101

PENGARUH LAMA RENDAM AIR LAUT SEBATIK MENGUNAKAN ASPAL KARET DAN ASPAL PEN 60/70 BERDASARKAN UJI MARSHALL

Ulwiyah Wahdah Mufassirin Liana ^{[1]*}, Albar ^[2], Muhammad Gunawan ^[3], Pitoyo^[4]

^{[1]*} Civil Engineering Study Program, Universitas Muhammadiyah Kalimantan Timur, Samarinda, 75214.
Indonesia

Email: uwm216@umkt.ac.id, aalbar025@gmail.com, muhammadgunawan924@gmail.com

*) Correspondent Author

Received: XX MONTH 20XX; Revised: XX MONTH 20XX; Accepted: XX MONTH 20XX (FILLED BY EDITOR)

How to cited this article:

First author, Second Author, (2022). Judul Artikel. Jurnal Teknik Sipil, 1X(X), XX–XX.
<https://doi.org/10.28932/jts.vXXiXX.XXXX>

ABSTRAK

Penggunaan aspal pen 60/70 dan aspal karet terhadap variasi rendaman air laut dalam pengujian *marshall* merujuk pada karakteristik campuran dalam menciptakan perkerasan yang tahan lama. Tujuan dari pengujian ini untuk mengevaluasi waktu rendaman air laut yang memengaruhi campuran beton aspal berdasarkan pengujian *marshall*. Penelitian dimulai persiapan sampel campuran beton aspal menggunakan aspal yang dicampurkan karet ban bekas dan aspal pen 60/70. Sampel yang berjumlah 18 buah kemudian direndam dalam air laut Sebatik selama waktu tertentu. Data ini digunakan untuk membandingkan pengaruh lama rendaman pada kedua jenis aspal terhadap uji *marshall*. Dari hasil penelitian yang telah dilakukan, disimpulkan bahwa benda uji yang direndam air laut Sebatik dapat mempengaruhi kuat tekan campuran beton aspal. Pada perendaman 6 jam, 12 jam, dan 24 jam untuk aspal pen 60/70 mengalami penurunan nilai stabilitas berturut-turut 2729,98 kg, 2393,39 kg, dan 2278,99 kg. Sedangkan pada aspal campuran karet ban memiliki nilai stabilitasnya lebih rendah dibandingkan aspal pen 60/70 dengan nilai berturut-turut sebesar 2266,16 kg, 2116,25, dan 1774,76 kg. Untuk nilai VFWA, VITM, VFWA kedua jenis aspal telah memenuhi ketentuan Bina Marga 2018 revisi II, sedangkan untuk nilai VMA variasi rendaman 24 jam yang menggunakan aspal pen 60/70 tidak memenuhi kriteria yang telah ditentukan Bina Marga 2018.

Kata kunci: “aspal pen 60/70” “aspal karet” “marshall” “sebatik”

ABSTRACT

The use of asphalt pen 60/70 and rubberized asphalt on variations in sea water immersion in Marshall testing refers to the characteristics of the mixture in creating durable pavement. The purpose of this testing is to evaluate the seawater immersion time that affects asphalt concrete mixture based on Marshall testing. The research begins with the preparation of asphalt concrete mixture samples using a blend of recycled tire rubber and asphalt pen 60/70. A total of 18 samples are then immersed in the Sebatik sea water for a specific duration. This data is utilized to compare the influence of immersion time on both types of asphalt in the Marshall test. From the conducted research, it is concluded that specimens immersed in Sebatik sea water can affect the compressive strength of asphalt concrete mixture. After 6 hours, 12 hours, and 24 hours of immersion, asphalt pen 60/70 experienced consecutive stability value decreases of 2729.98 kg, 2393.39 kg, and 2278.99 kg. Meanwhile, the rubberized asphalt mixture had lower stability values compared to asphalt pen 60/70, with consecutive values of 2266.16 kg, 2116.25 kg, and 1774.76 kg. For VFWA, VITM, and the second VFWA, both types of asphalt have met the requirements of Bina Marga 2018 revision II. However, for the VMA value in the 24- hour immersion variation using asphalt pen 60/70, it does not meet the criteria specified by Bina Marga 2018. Keywords: Flexible pavement, asphalt pen 60/70, and rubber asphalt.

Keywords: “asphalt pen 60/70” “rubberized asphalt” “marshall” “sebatik”.

1. PENDAHULUAN

Indonesia memiliki beberapa ruas jalan yang berdekatan dengan daerah yang berpapasan langsung dengan pesisir pantai yang menyebabkan genangan air yang di akibatkan oleh air laut pasang. Salah satu contoh daerah yang berdekatan langsung dengan pesisir pantai adalah Jalan Hj.Junudi yang terletak di Sebatik, Nunukan, Kalimantan Utara. Jalan ini menjadi salah satu jalan yang mengalami kerusakan diakibatkan oleh air laut yang pasang sehingga terjadi genangan air. Jalan ini menjadi salah satu alternatif menuju ke daerah pelabuhan penyeberangan masyarakat untuk keluar daerah baik itu keluar Nunukan maupun ke Malaysia. Berdasarkan Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 38 Tahun 2004 tentang Jalan dan Peraturan Pemerintah Nomor 34 Tahun 2006 mengenai Jalan, Kewenangan dalam mengatur jalan raya dibagi menjadi beberapa macam, yaitu jalan nasional, jalan provinsi, jalan kabupaten, jalan kota, dan jalan desa. Berdasarkan ruas jalan pada Gambar 1.1 (nomor 1 dan nomor 2), terdapat dua area yang menggambarkan kerusakan yang terjadi di Jalan Hj. Junudi, Sebatik, Nunukan, Kalimantan Utara yang disebabkan oleh air pasang dan mencakup genangan air laut serta abrasi pantai.



Gambar 1.1 Lokasi Kerusakan Akibat Air Laut Pasang Di Pesisir Pantai

(Sumber : *Google Maps*, 2023)

Menurut Djalante (2011), potensi kerusakan jalan akibat kurang optimalnya stabilitas perkerasan dan penggunaan agregat yang rendah menyebabkan kerusakan pada jalan. Lapisan perkerasan jalan berperan dalam menerima dan mengarahkan beban lalu lintas ke tanah dasar dengan tujuan agar tidak melampaui kapasitas dukungan tanah yang diizinkan (Saputro, 2023).

Ketika lalu lintas melebihi kapasitas rencana dan terjadi kerusakan, kemungkinan timbul retakan pada permukaan jalan yang awalnya berlubang dan terisi dengan air. Kerusakan terjadi akibat beban berlebih dan cuaca yang ekstrem seperti hujan maupun panas. Oleh karena itu, selain merencanakan pendekatan yang baik untuk melayani pertumbuhan lalu lintas selama umur rencana, pentingnya untuk melakukan pemeliharaan teratur dan berkala guna memastikan keselamatan dan kenyamanan bagi para pengguna serta untuk menjaga daya tahan jalan agar sesuai dengan rencana usianya (Suwardo dan Sugiharto, 2020). Menurut Suripin (2004), menjaga keberlangsungan umur suatu jalan sangat bergantung pada upaya untuk melindungi sumber air dengan cermat. Ketika aspal terendam oleh air secara berkepanjangan akan menyebabkan adanya retakan yang berkembang menjadi lubang yang diakibatkan oleh terlepasnya butiran. Sedangkan Nurhudayah (2009) berpendapat bahwa kerusakan jalan disebabkan oleh faktor seperti karakteristik topografi, kontur, pasang surut laut, aliran sungai yang berlebihan, dan rusaknya saluran drainase. Banyak kejadian yang memicu kerusakan pada konstruksi jalan, yaitu akibat beban lalu lintas yang berlebihan, suhu yang sering berubah-ubah, genangan air, dan konstruksi jalan yang tidak memenuhi syarat teknis. Muaya (2015), mengutarakan bahwa serangkaian pengujian, penilaian, dan hasil uji *marshall* pada perendaman dengan air laut yang memiliki variasi suhu, kadar garam, dan durasi perendaman, memberikan dampak penting terhadap stabilitas dan perilaku kelelahan dari beton aspal. Sifat utama yang paling penting dari aspal beton dalam campuran ini adalah stabilitas (Alexander, 2016).

Berdasarkan Bina Marga (2010), aspal beton dapat dikelompokkan berdasarkan temperatur pencampuran menjadi tiga jenis, yakni aspal beton panas (*hot mix*), aspal beton campuran sedang (*warm mix*), dan aspal campuran dingin (*cold mix*). Dari segi fungsi, aspal beton dapat diklasifikasikan sebagai aspal beton untuk lapisan permukaan yang aus (*wearing course*), aspal beton untuk lapisan pondasi (*binder course*), dan aspal beton yang digunakan dalam proses pembentukan dan perataan pada lapisan aspal beton yang sudah ada sebelumnya (Fadhilah, 2018). Lapisan aspal beton sesuai Bina Marga 2018, terdiri dari tiga jenis lapisan, termasuk lapis AC-WC (*Asphalt Concrete-Wearing Course*), lapis AC-BC (*Asphalt Concrete-Binder Course*), dan lapis AC-Base (*Asphalt Concrete-Base*).

Aspal adalah sebuah perekat lengket berwarna hitam gelap atau coklat tua yang bahan utamanya dari bitumen, yang dihasilkan dari hasil penyulingan minyak bumi. Sedangkan menurut Xiaolong (2022) aspal merupakan produk sampingan dari industri penyulingan minyak bumi. Biasanya berada dalam fase padat pada suhu kamar dan secara bertahap berubah menjadi fase cair seiring meningkatnya suhu. Dalam beberapa dekade terakhir, penggunaan perkerasan aspal telah meluas di berbagai negara karena keunggulan yang luar biasa (Huang, 2022). Aspal memiliki fungsi sebagai pengikat agregat dalam konstruksi jalan.

Keunggulan aspal termasuk kekentalan (viskositas) yang tinggi, ketahanan terhadap perubahan cuaca yang tidak stabil, tingkat pengerasan, dan ketahanan terhadap air (Progo, 2022). Aspal minyak adalah sisa bahan yang dianggap tidak ekonomis untuk diolah setelah proses ekstraksi minyak bumi di kilang minyak. Jenis aspal ini dikenal dengan tiga kelas penetrasi berbeda, yaitu pen 40/50, pen 60/70, dan 80/100. Dalam penelitian ini, aspal pen 60/70 digunakan, biasanya digunakan secara umum dalam pembuatan perkerasan jalan di Indonesia.

Karet merupakan bahan baku yang sangat vital dalam pembuatan berbagai jenis ban. Dalam produksi ban, karet biasanya diambil dari getah pohon karet, dan berbagai bahan kimia digunakan untuk memodifikasi sifat karet dan menghasilkan material yang dapat digunakan untuk pembuatan ban. Limbah dari ban bekas memiliki potensi untuk dimanfaatkan sebagai bahan bakar minyak melalui proses pirolisis, atau dapat diolah menjadi serbuk ban dapat digunakan sebagai *filler* dalam produk-produk karet, *reclaimed rubber* untuk industri komponen, dan aditif dalam produksi aspal karet. Diharapkan bahwa dengan menambahkan limbah karet ban dalam ke dalam campuran aspal, permukaan perkerasan jalandapat menjadi lebih awet, mampu menghindari retak akibat lendutan berlebihan dan kelelahan material.

Menurut Sukirman (2010), lapisan perkerasan aspal beton (Laston) merupakan struktur jalan yang terbuat dari gabungan aspal keras dan agregat yang disiapkan dalam keadaan panas dan ditempatkan pada temperatur tertentu, kemudian dipadatkan. Salah satu sifatnya adalah bahwa struktur agregat dalam aspal ini memiliki sedikit pori-pori, sehingga agregat saling mengikat satu sama lain. Akibatnya, aspal beton memiliki stabilitas yang tinggi dan cenderung kaku. Riyadi (2011) menjelaskan bahwa tingginya angka *flow*, VMA (*Void in Mineral Aggregate*), dan VIM (*Void In The Mix*) dapat mengakibatkan penurunan angka stabilitas dan MQ (*Marshall Quotient*). Penurunan ini disebabkan oleh masalah genangan air. Berdasarkan penelitian dari Desmawan dan Sukamdi (2012), dampak yang disebabkan air laut termasuk korosi yang terjadi pada struktur bangunan dan rumah-rumah warga serta kerusakan kendaraan. Selain itu, lahan milik warga menjadi tidak dapat digunakan akibat tingginya kadar garam yang meresap dan menyebar ke permukaan tanah dan menyebabkan berkurangnya ketersediaan air minum. Air laut juga memiliki kandungan natrium klorida yang jauh lebih tinggi dibandingkan dengan mineral lainnya. Kandungan kimia dalam air laut terdiri dari 55% klorida, 31% natrium, dengan persentase yang lebih rendah untuk sulfat, magnesium, kalsium, dan terakhir potasium. Zat kimia ini berasal dari proses pelapukan batuan, aktivitas lubang hidro termal, dan emisi gas vulkanik (Sulistyo, 2020). Air laut memiliki kandungan garam yang berdampak pada sifat-sifat fisiknya, seperti kepadatan, kompresibilitas, titik beku, dan suhu. Kandungan kimia dalam air laut terbentuk dari klorida sekitar 55%, natrium 31%, sulfat 8%, magnesium 4%, kalsium 1%, dan beberapa zat lainnya seperti bikarbonat, bromida, asam boraks, strontium,

dan *fluor* yang jumlahnya kurang dari 1% (Andriani, 2020).

Penelitian yang dilakukan Liana (2023) dalam pengujian *marshall*, benda uji yang terendam air bendungan benanga akan mempengaruhi kuat tekan beton aspal. Sedangkan penelitian yang dilakukan oleh Lutfiyah dan Nisa (2021), mengatakan bahwa variasi lama waktu rendaman air laut pasang yang menyebabkan durabilitas AC-WC semakin menurun terutamapada sampel dengan rendaman lebih dari 48 jam. Berdasarkan penelitian sebelumnya, rentang waktu yang digunakan dalam penelitian ini kurang dari 48 jam, antara lain 6 jam, 12 jam dan maksimal 48 jam.

Berdasarkan studi kasus kerusakan lapis perkerasan yang disebabkan oleh pasang air laut, yang mengakibatkan genangan air di jalan H. Junudi Desa Sungai Taiwan, Kecamatan Sebatik Induk, Kabupaten Nunukan, Kalimantan Utara, dapat dilihat pada Gambar 1.2 dan Gambar 1.3. Oleh karena itu, diperlukan penelitian mengenai dampak variasi lama rendaman air laut terhadap penggunaan aspal karet dan aspal pen 60/70, berdasarkan uji *marshall* dengan jenis campuran beton aspal yang disebut aspal AC-WC (*Asphalt Concrete-Wearing Course*).



Gambar 1.2 Jalan Hj. Junudi Yang Mengalami Genangan Air Laut.
(Sumber : Dokumentasi pribadi, 2023)



Gambar 1.3 Perkerasan Mengalami Korosi Akibat Genangan Air Laut
(Sumber : Dokumentasi Pribadi, 2023)

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan dengan membandingkan dampak lama rendaman air laut di Sebatik pada uji marshall dari campuran Laston AC-WC (Asphalt Concrete-Wearing Course) menggunakan aspal karet dan aspal pen 60/70. Pemilihan aspal pen 60/70 sesuai dengan standar spesifikasi yang berlaku, sementara aspal karet merupakan campuran aspal pen 60/70 yang dicampur dengan karet ban bekas, dipilih berdasarkan karakteristik tertentu yang relevan dengan penelitian.

Karet ban bekas dipotong-potong dengan ukuran kurang lebih 1 cm x 1cm sebelum dilakukan pencampuran dengan aspal saat kegiatan pemanasan aspal. Agregat kasar dan agregat halus yang digunakan adalah agregat palu. Proses pencampuran dilakukan dengan menggunakan alat pencampur yang sesuai dengan Bina Marga 2018 Revisi II. Selanjutnya, sampel-sampel campuran aspal direndam dalam air laut Sebatik selama rentang dengan variasi lama rendaman selama 6, 12, dan 24 jam bertujuan untuk mengamati perubahan karakteristik beton aspal.

Analisis dilakukan sesuai Bina Marga 2018, revisi II pada campuran Laston AC-WC menggunakan aspal pen 60/70 dan aspal karet. Analisis *marshall* meliputi beberapa karakteristik antara lain stabilitas, *flow*, density, *Marshall Quotient*, VITM (*Void In The Mix*), VMA (*Void Mineral Aggregate*), VFWA (*Void Filled With Asphalt*).

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

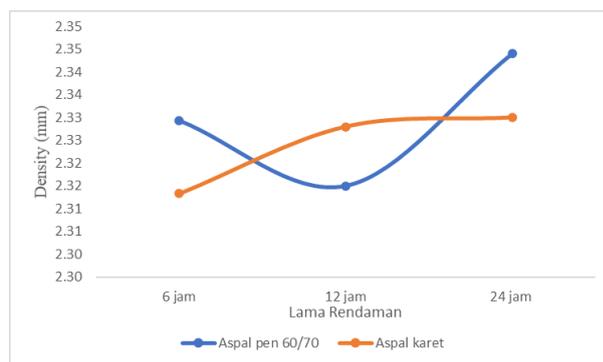
Setelah melakukan pengujian *Marshall*, kemudian hasilnya dianalisis untuk memperoleh nilai karakteristik *Marshall*, seperti stabilitas, kelelahan (*flow*), *Marshall Quotient* (MQ), rongga

udara di dalam campuran (*Void In The Mix*), rongga udara yang terisi aspal (*Void Filled With Asphalt*), dan rongga udara pada agregat mineral (*Void Mineral aggregate*). Dapat dilihat pada Tabel 1.1 dan Gambar 1.4 sampai dengan Gambar 1.10.

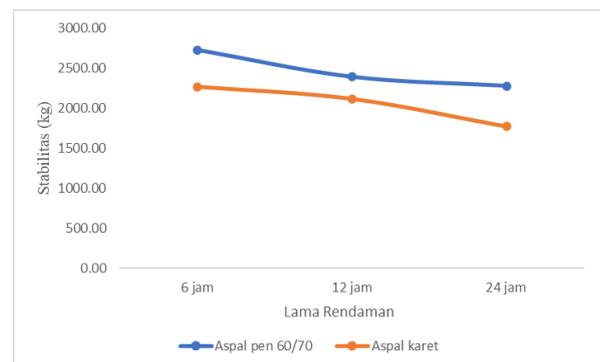
Tabel 1.1 Hasil Pengujian *Marshall*

Lama Rendaman (Jam)	Samudra	Density (mm)	VMA (%)	VEVA (%)	VTFM (%)	Stabilitas (Kg)	Flow (mm)	MQ (Kg/mm)
ASPAL PEN 60/70								
6	1	2.34	15.91	73.02	4.29	2749.11	4.30	639.33
	2	2.31	16.90	67.96	5.41	2729.54	4.25	642.24
	3	2.34	15.68	74.34	4.02	2711.30	4.27	634.96
	Rata - rata	2.33	16.16	71.78	4.57	2729.98	4.27	638.84
12	1	2.30	17.06	67.18	5.60	2275.36	4.40	517.13
	2	2.33	16.29	71.00	4.72	2522.69	4.38	575.96
	3	2.32	16.62	69.34	5.09	2382.12	4.45	535.31
	Rata -rata	2.32	16.66	69.18	5.14	2393.39	4.41	542.80
24	1	2.34	15.91	73.02	4.29	2451.29	4.50	544.73
	2	2.34	15.66	74.46	4.00	2357.65	4.75	496.35
	3	2.35	15.30	76.49	3.60	2028.03	5.0	405.61
	Rata - rata	2.34	15.62	74.66	3.96	2278.99	4.75	482.23
ASPAL KARET								
6	1	2.32	16.500	69.939	4.96	2357.65	4.00	589.41
	2	2.34	15.796	73.673	4.16	2218.64	3.90	568.88
	3	2.28	17.947	63.182	6.61	2222.20	4.00	555.55
	Rata - rata	2.31	16.75	68.93	5.24	2266.16	3.97	571.28
12	1	2.39	14.057	84.495	2.18	2359.43	4.10	575.47
	2	2.29	17.593	64.735	6.20	1881.67	4.20	448.02
	3	2.30	17.082	67.082	5.62	2107.65	4.20	501.82
	Rata - rata	2.33	16.24	72.10	4.67	2116.25	4.17	508.44
24	1	2.35	15.583	74.869	3.92	2113.88	5.00	422.78
	2	2.34	15.726	74.059	4.08	1591.19	4.50	353.60
	3	2.30	17.04	67.285	5.58	1619.22	4.30	376.56
	Rata - rata	2.33	16.12	72.07	4.52	1774.76	4.60	384.31
Ketentuan		>2	>16	>65	>3.5 - 5	>800	>3	>250

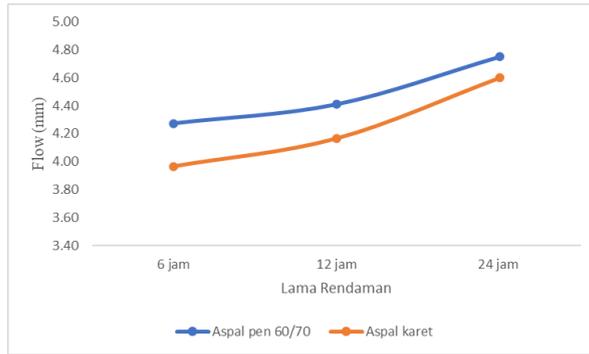
Sumber : Penelitian, 2023



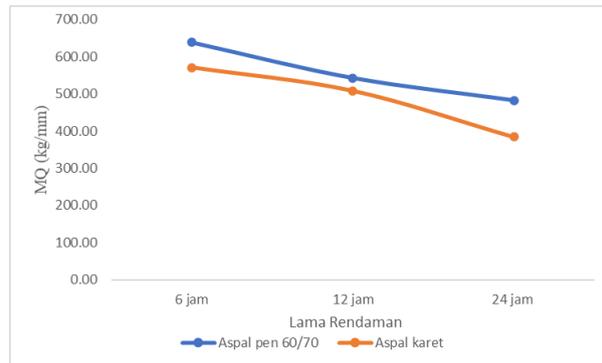
Gambar 1.4 Grafik *Density* Campuran Dengan Aspal Pen 60/70 dan Aspal Karet



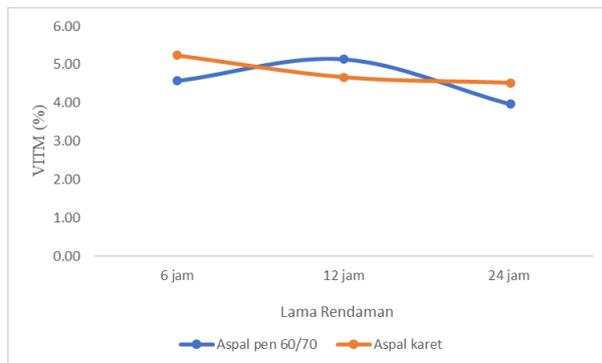
Gambar 1.5 Grafik *Stabilitas* Campuran Dengan Aspal Pen 60/70 dan Aspal Karet



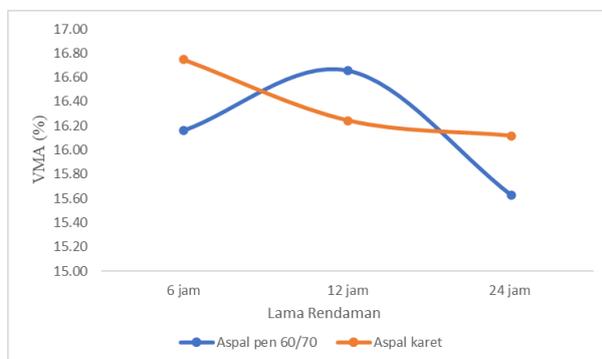
Gambar 1.6 Grafik *Flow* Campuran Dengan Aspal Pen 60/70 dan Aspal Karet



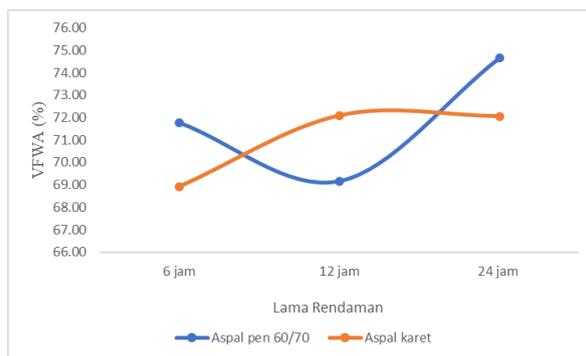
Gambar 1.7 Grafik *MQ* Campuran Aspal Pen 60/70 dan Aspal Karet



Gambar 1.8 Grafik *VITM* Campuran Dengan Aspal Pen 60/70 dan Aspal Karet



Gambar 1.9 Grafik *VMA* Campuran Dengan Aspal Pen 60/70 dan Aspal Karet



Gambar 1.10 Grafik VFWA Campuran Dengan Aspal Pen 60/70 dan Aspal Karet

Berdasarkan Gambar 1.4 dan Tabel 1.1 diperoleh nilai *density* pada sampel aspal pen 60/70 dengan nilai tertinggi yaitu 2,34 mm dengan lama rendaman 24 jam dan nilai terendah yaitu 2,32 mm dengan lama rendaman 12 jam. Sedangkan padasampel aspal karet diperoleh nilai tertinggi yaitu 2,33 mm dengan lama rendaman 12 jam dan untuk nilai terendah yaitu 2,31 mm dengan lama rendaman 6 jam sudah sesuai dengan ketentuan Bina Marga 2018 revisi II. Faktor utama yang mempengaruhi nilai *density* yaitu kepadatan agregat dan tekanan pada saat memadatkan sampel. Jika kepadatan tinggi, maka kemampuan untuk menahan beban akan lebih besar dibandingkan dengan kepadatan yang rendah. Untuk perhitungan dapat dilihat pada rumus 1.

Rumus :

$$Density = \frac{Berat\ kering}{Berat\ SSD - Berat\ dalam\ air} \dots\dots\dots(1)$$

Keterangan :

Berat kering = Berat sampel kering (gr)

Berat SSD = Berat sampel kering permukaan (gr)

Berat dalam air = Berat sampel dalam air (gr)

Berdasarkan Gambar 1.5 dan Tabel 1.1 diperoleh nilai stabilitas dan *flow* pada sampel aspal pen 60/70 telah memenuhi standar ketentuan Bina Marga 2018 revisi II dengan nilai stabilitas tertinggi dengan nilai 2729,98 kg dan nilai terendah yaitu 2278,99. Sedangkan sampel aspal karet diperoleh nilai tertinggi yaitu 2266,16 kg dan nilai terendah yaitu 1774,76. Faktor utama yang mempengaruhi nilai stabilitas yaitu jenis aspal yang digunakan yang dimana aspal pen 60/70 lebih baik dari pada aspal karet. Nilai stabilitas yang tidak memenuhi syarat dapat mengakibatkan kekurangan daya dukung strukturjalan, ini dapat menyebabkan deformasi atau kerusakan permanen pada lapisan aspal dan apabila nilai stabilitas tinggi akan mengakibatkan kekakuan pada perkerasan jalan. Untuk perhitungan dapat dilihat pada rumus 2.

Rumus :

$$S = O \times E \times Q \dots\dots\dots(2)$$

Keterangan :

- S = Stabilitas benda uji (kg)
- O = Pembacaan arloji stabilitas
- Q = Kalibrasi alat
- E = Angka koreksi benda uji

Berdasarkan Gambar 1.5 dan Tabel 1.1, nilai *flow* pada sampel aspal pen 60/70 diperoleh nilai tertinggi yaitu 4,75 mm dan nilai terendah yaitu 4,27 mm, sedangkan untuk sampel aspal karet diperoleh nilai tertinggi yaitu 4,60 mm dan nilai terendah yaitu 3,97mm. Dari kedua jenis aspal tersebut telah memenuhi syarat dari Bina Marga 2018 revisi II dengan ketentuan >3 mm. Apabila nilai *flow* tinggi maka akan menyebabkan perkerasan semakin lentur dan apabila nilai *flow* rendah maka akan menyebabkan kekakuan pada perkerasan jalan.

Berdasarkan Gambar 1.6 dan Tabel 1.1 diperoleh nilai MQ dari aspal pen 60/70 untuk nilai tertinggi yaitu 638,84 kg/mmdengan lama rendaman 6 jam dan nilai terendah yaitu 482,23 kg/mm dengan lama rendaman 24 jam. Sedangkan untuk aspal karet diperoleh nilai tertinggi pada lama rendaman 6 jam dengan nilai 571,28 kg/mm dan nilai terendah dengan lamarendaman 24 jam yaitu 384,31 kg/mm. Dari kedua jenis aspal telah memenuhi syarat Bina Marga 2018 revisi II dengan ketentuan nilai >250 kg/mm. Faktor utama yang menyebabkan penurunan nilai MQ adalah waktu lama aspal terendam dalam air laut, sehingga perkerasan menjadi lebih rentan terhadap perubahan bentuk ketika menerima beban lalu lintas. Untuk perhitungan dapat dilihat pada rumus 3.

Rumus :

$$MQ = \frac{SM}{F} \dots\dots\dots(3)$$

Keterangan :

- MQ = *Marshall Quotient* (kg/mm)
- SM = *Stabilitas Marshall* (kg)
- F = *Flow* (mm)

Berdasarkan Gambar 1.7 dan Tabel 1.1 diperoleh nilai VITM dari aspal pen 60/70 untuk nilai tertinggi yaitu 5,14% dan nilai terendah yaitu 3,96%. Sedangkan untuk aspal karet diperoleh

nilai tertinggi yaitu 5,24% dan nilai terendah yaitu 4,52%. Dari kedua jenis aspal tersebut telah memenuhi ketentuan Bina Marga 2018 revisi II dengan ketentuan nilai >3,5 – 5 %. Dimana rendaman 12 jam pada aspal pen 60/70 dan aspal karet dengan lama rendaman 6 jam nilainya lebih besar dari ketentuan. Apabila nilai VITM tidak memenuhi syarat maka dapat mengurangi kemampuan campuran aspal untuk menahan penetrasi air. Untuk perhitungan dapat dilihat pada rumus 4.

Rumus :

$$VITM = 100\% \frac{Gmb}{Gmm} \dots\dots\dots(4)$$

Keterangan :

- VITM = *Void In The Mic* (%)
- Gmm = Berat jenis maksimal campuran (gr/cm³)
- Gmb = Berat jenis bulk campuran padat (gr/cm³)

Berdasarkan Gambar 1.7 diperoleh nilai VMA dari aspal pen 60/70 untuk nilai tertinggi yaitu 16,66% pada lama rendaman 12 jam dan untuk nilai terendah yaitu 15,62% dengan lama rendaman 24 jam. Sedangkan untuk aspal karet diperoleh nilai tertingginya ialah 16,75% dengan lama rendaman 6 jam dan untuk nilai terendah ialah 16,12% dengan lama rendaman 24jam. Aspal pen 60/70 setelah direndam selama 24 jam tidak memenuhi persyaratan Bina Marga 2018 revisi II, yang mensyaratkan nilai VMA (>16%), karena jumlah aspal yang kurang dalam mengisi rongga. Hal ini mengakibatkan lapisan menjadi kurang efektif dalam mengikat agregat dan menyebabkan perkerasan mudah terlepas dari campuran. Untuk perhitungan dapat dilihat pada rumus 5.

Rumus :

$$VMA = 100 \times \frac{Gmb \times Pb}{Gsb} \dots\dots\dots(5)$$

Keterangan :

- VMA = *Void Mineral Aggregate* (%)
- Gmb = Berat jenis bulk campuran padat (gr/cm³)
- Gsb = Berat jenis bulk agregat (gr/cm³)
- Pb = Kadar aspal (%)

Berdasarkan Gambar 1.8 dan Tabel 1.1 diperoleh nilai VFVA dari aspal pen 60/70 untuk nilai tertinggi yaitu 74,66% dengan lama rendaman 24 jam dan untuk nilai terendah yaitu 69,18% dengan lama rendaman 12 jam. Sedangkan untuk aspal karet nilai tertinggi diperoleh 72,10% dengan lama rendaman 12 jam dan untuk nilai terendah diperoleh 68,93% dengan lama

rendaman 6 jam. Kedua jenis aspal tersebut telah memenuhi persyaratan Bina Marga 2018 revisi II, di mananilai VFWA > 65%. Peningkatan nilai VFWA menunjukkan bahwa semakin banyak rongga udara yang diisi oleh aspal,meningkatkan kekedapan campuran aspal terhadap air dan udara. Untuk perhitungan dapat dilihat pada rumus 6.

Rumus :

$$VFWA = 100 \times \frac{VMA - VITM}{VMA} \dots\dots\dots(6)$$

Keterangan :

VFWA = Rongga udara berisi aspal % (*Void Filled With Asphalt*)

VMA = Rongga udara pada mineral agregat % (*Void Mineral Aggregate*)

VITM = Rongga udara dalam campuran % (*Void In The Mix*)

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian, disimpulkan bahwa penggunaan air laut Sebatik sebagai rendaman pada sampel perkerasan aspal menggunakan aspal pen 60/70 dan aspal karet dengan variasi lama rendaman 6 jam, 12 jam, dan 24 jam diperoleh nilai-nilai karakteristik *marshall* hampir dari semua sampel telah memenuhi persyaratan Bina Marga 2018 Revisi II.

Semakin lama perendaman nilai stabilitas sampel semakin menurun baik pada campuran yang menggunakan aspal pen 60/70 maupun aspal karet dengan nilai terendah 1774,76 kg. Sedangkan *flow/kelelahan* sampel mengalami peningkatan seiring dengan lamanya perendaman dengan nilai kelelahan tertinggi pada sampel dengan campuran aspal pen 60/70 yaitu 4,75 mm. Meningkatnya kelelahan sampel menyebabkan semakin lentur campuran aspal tersebut. Berdasarkan *marshall quotient* menunjukkan penurunan nilai akibat makin lama rendaman, dengan nilai terendah pada campuran dengan aspal karet yaitu 383,31 kg/mm, yang artinya campuran makin mudah mengalami deformasi akibat terendam dalam air laut Sebatik.

Berdasarkan analisis rata-rata VITM (*Void In The Mix*), sampel campuran aspal pen 60/70 pada rendaman air laut Sebatik12 jam memiliki nilai di atas syarat Bina Marga 2018 Revisi II, yaitu 5,14%. Hal ini kemungkinan dapat terjadi dikarenakan pemadatan yang kurang sempurna. Sedangkan nilai VITM untuk sampel lainnya baik campuran aspal pen 60/70 maupun campuran aspal karet telah memenuhi syarat.

Berdasarkan analisis yang diperoleh, penggunaan aspal karet dalam campuran beton aspal Laston AC-WC dapat menjadipilihan yang inovatif, namun perlu diperhatikan sifat beton aspal yang lebih lentur akibat campuran aspal karet. Selain itu, aspal karet kurang cocok untuk digunakan di daerah pesisir pantai dikarenakan sifat karet yang kurang tahan terhadap

kandungan air laut dan cuaca pesisir. Jika dibandingkan dengan aspal pen 60/70, aspal karet memiliki nilai stabilitas lebih rendah dibandingkan campuran dengan aspal pen 60/70. Oleh karena itu, penggunaan aspal pen 60/70 sebagai pilihan yang lebih unggul untuk digunakan pada konstruksi perkerasan lentur di daerah pesisir Pantai karena memiliki sifat tahan air dan kekuatan yang lebih baik. Namun, lebih disarankan menggunakan perkerasan kaku di daerah pesisir untuk menghindari kerusakan yang dapat terjadi diakibatkan rendaman air laut. Selain itu, hasil pengujian beton aspal pen 60/70 dalam rendaman air sungai lebih baik daripada beton aspal dalam rendaman air laut.

DAFTAR PUSTAKA

- Adriani. (2020). "Pemanfaatan Air Laut Sebagai Sumber Cadangan Energi". Jurnal Universitas Indonesia Library, Vol. 12.
- Alexander, Kevin. (2016). "Analisa Karakteristik Dan Aplikasi Campuran Aspal Emulsi Dingin Dengan Spesifikasi Campuran Aspal Panas". Jurnal Petra Christian University.
- Bina Marga. (2014). "Spesifikasi Umum Direktorat Jenderal Bina Marga Edisi 2010 Divisi 6 Revisi Kementerian Pekerjaan Umum Republik Indonesia". Jakarta.
- Bina Marga, (2010). "Spesifikasi Umum Direktorat Jenderal Bina Marga Edisi 2010 Divisi 6 Revisi Kementerian Pekerjaan Umum Republik Indonesia". Jakarta.
- Desmawan, Trisna Bayu. (2012). "Adaptasi Masyarakat Kawasan Pesisir Terhadap Banjir Rob Di Kecamatan Sayung". Jurnal Neliti.
- Djalante, Susanti. (2011). "Pengaruh Ketahanan Beton Aspal (AC-WC) Dengan Yang Menggunakan Asbuton Butir Tipe 5/20 Terhadap Air Laut Ditinjau Dari Karakteristik Mekanis Dan Durabilitas". Jurnal Untad.
- Fadhillah (2018). "Bab III Landasan Teori". Yogyakarta.
- Handayani, Sri Putri (2023). Modifikasi Lapisan (AC-WC) Dengan *Filler* Laterit Dan Pasir Pantai Sebagai Agregat Halus Terhadap Karakteristik *Marshall*". Jurnal Universitas Muhammadiyah Kalimantan Timur.
- Huang. (2022). "*Polyurethane As a Modifier for Road Asphalt: A Literature Review*". *Journal Construction and Building Materials*, Vol. 356.
- Hutagalung, T. A. (2019). "Potensi Pemanfaatan Limbah Ban". Jurnal Neliti.
- Liana, dkk. (2023). "Pengaruh Penggunaan *Filler* Bata Terhadap Stabilitas Perkerasan Pada Rendaman Bendungan Benanga" Jurnal Maranata, Vol. 19.
- Lutfiyah, Nurul Isna. (2021). "Pengaruh Terendamnya Aspal Oleh Rob Yang Ditinjau Terhadap Karakteristik *Marshall*". Jurnal Unissula Repository.

-
- Maulana, Yusuf. (2016). “Studi Kadar Aspal Optimum Menggunakan Alat *Marshall* Dan Alat *Percentage Refusal Density*”. Jurnal Online Institut Teknologi Nasional, Vol. 2.
- Muaya, Stefen George. (2015). “Pengaruh Terendamnya Perkerasan Aspal Oleh Air Laut Yang Ditinjau Terhadap Karakteristik *Marshall*”. Jurnal Sipil Statik, Vol. 3.
- Nurhudayah. (2009). “Studi Genangan Air Terhadap Kerusakan Jalan”. Jurnal Semanatic Scholar.
- Nurhayati. (2007). Pengaruh Bahan Tambahan Karet Padat terhadap Karakteristik Campuran *Hot Rolled – Wearing Course* (HRS-WC). Jurnal Universitas Diponegoro.
- Progo, 2022. “Aspal Bahan Utama Pembuat Jalan”. Kulon Progo.
- PUPR. (2020). “Spesifikasi Umum 2018 Untuk Pekerjaan Kontruksi Jalan Dan Jembatan (Revisi 2)”. Jakarta.
- PUPR. (2020). “Peraturan Pemerintah Nomor 34/2006 Tahun 2006 tentang Jalan”. Yogyakarta.
- Riyadi, Aep. (2011). “Pengaruh Air Rob Terhadap Karakteristik Campuran Laston Modifikasi Untuk Lapisan Permukaan (AC – WC – Modified)”. Universitas Indonesia.
- Saputro, dkk. (2023). “Cara Mudah Menentukan Material Terbaik Dalam Struktur Jalan Menggunakan Metode *Marshall Test*”. Jurnal Mitra Teknik Sipil, Vol. 6.
- Siregar, dkk. (2023). “Pengaruh Rendaman Air Sungai Mahakam Pada Aspal Beton (AC-WC) Terhadap Karakteristik Pengujian *Marshall Test*”. Jurnal Universitas Warmadewa, Vol 16.
- Sukirman, Silvia. (2003). “Beton Aspal Campuran Panas”. Institut Teknologi Nasional.
- Sukirman, Silvia. (2010). “Perencanaan Tebal Struktur Perkerasan Lentur”. Institut Teknologi Nasional.
- Sulistyo, Juny Andri. (2020).” Analisis Pengaruh Rendaman Air Pasang (ROB) Terhadap Aspal *Wearing Course*”. Universitas Islam Sultan Agung.
- Suripin. (2004). “Sistem Drainase Perkotaan Yang Berkelanjutan / Suripin”. Jurnal Indonesia Onesearch.
- Suardo. (2020). “Pengukuran Dan Perekaman Data Ketidakrataan Perkerasan Jalan Dengan *Sensor Ultrasonic* Pada *Rolling Straight Edge*”. Jurnal Iptek ITS.
- Xialong. (2022). “*Review Of Fume-Generation Mechanism, Test Methods, and Fume Suppressants Of Asphalt Materials*”. *Journal Of Cleaner Production*, Vol. 347.



SURAT KETERANGAN ARTIKEL PUBLIKASI

Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Ulwiyah Wahdah Mufassirin Liana, S.T.,M.T
NIDN : 1124029201
Nama : Albar
NIM : 2011102443052
Fakultas : Sains dan Teknologi
Program Studi : S1 Teknik Sipil

Menyatakan bahwa artikel ilmiah yang berjudul "Pengaruh Lama Rendaman Air Laut Sebatik Menggunakan Aspal Karet dan Aspal Pen 60/70 Berdasarkan Uji *Marshall*" telah di submit pada Jurnal Teknik Sipil pada tahun 2024 <https://journal.maranatha.edu/index.php/jts>

Demikian surat keterangan ini dibuat untuk dapat dipergunakan sebagaimana mestinya.

Wassalamu'alaikum Warahmatullahi wabarakatuh

Samarinda, Selasa 23 Januari 2024

Mahasiswa

Albar

Dosen Pembimbing Skripsi

Ulwiyah Wahdah Mufassirin Liana, S.T.,M.T