

Perbandingan Nilai Karakteristik Marshall untuk Campuran HRS-WC Menggunakan Material dari Sungai Inbate dan Sungai Bijaesahan

Krisantos Ria Bela

Program Studi Teknik Sipil, Universitas Katolik Widya Mandira

Email: krisantosbela@unwira.ac.id

ABSTRAK

Beton aspal telah menjadi pilihan utama dalam pembangunan jalan di Indonesia karena sifatnya yang elastis dan cocok untuk daerah tropis. HRS-WC, sebagai salah satu jenis perkerasan lentur, memiliki peran penting dalam menopang lalu lintas dari ringan hingga berat. Tujuan dari penelitian ini yaitu membandingkan karakteristik Marshall pada campuran *Hot Rolled Sheet-Wearing Course (HRS-WC)* dengan menggunakan material dari Sungai Inbate dan Sungai Bijaesahan di Provinsi Nusa Tenggara Timur. Metode penelitian melibatkan pengujian karakteristik material, pembuatan campuran HRS-WC, dan pengujian menggunakan metode Marshall. Hasil penelitian menunjukkan bahwa material dari Sungai Inbate memiliki performa yang lebih baik dalam stabilitas dan fleksibilitas dibandingkan dengan material dari Sungai Bijaesahan. Pada kadar aspal optimum 6.93%, stabilitas material Sungai Inbate adalah 1199.31 kg, sedangkan Sungai Bijaesahan adalah 957.68 kg. Selain itu, kelelahan material dari Sungai Inbate adalah 4.67 mm, sementara dari Sungai Bijaesahan sebesar 3.40 mm. Pada kadar aspal optimum 7.28%, hasil yang serupa terlihat dengan Sungai Inbate memiliki stabilitas sebesar 1179.59 kg, sedangkan Sungai Bijaesahan adalah 944.16 kg. Kelelahan material Sungai Inbate adalah 4.84 mm, sedangkan Sungai Bijaesahan adalah 3.48 mm. Hasil ini menunjukkan bahwa material dari Sungai Inbate lebih unggul dalam stabilitas dan fleksibilitas.

Kata Kunci: Karakteristik marshall, HRS-WC, Sungai inbate, Sungai bijaesahan.

ABSTRACT

Asphalt concrete has become the primary choice for road construction in Indonesia due to its elastic properties suitable for tropical regions. *Hot Rolled Sheet-Wearing Course (HRS-WC)*, as one type of flexible pavement, plays a crucial role in supporting traffic from light to heavy loads. The objective of this study is to compare the Marshall characteristics of HRS-WC mixtures using materials from Inbate river and Bijaesahan river in the East Nusa Tenggara Province. The research method involved testing the material characteristics, mixing HRS-WC, and conducting Marshall method testing. The results indicate that the material from Inbate river exhibits better performance in stability and flexibility compared to material from Bijaesahan river. At the optimum asphalt content of 6.93%, the stability of Inbate river material was 1199.31 Kg, whereas Bijaesahan river was 957.68 Kg. Additionally, the flow of Inbate river material was 4.67 mm, while Bijaesahan river was 3.40 mm. Similar results were observed at the optimum asphalt content of 7.28%, with Inbate river showing stability of 1179.59 Kg and Bijaesahan river 944.16 Kg. The flow of Inbate river material was 4.84 mm, whereas Bijaesahan river was 3.48 mm. These findings demonstrate that material from Inbate river outperforms in stability and flexibility.

Key words: Marshall characteristics, HRS-WC, Inbate river, Bijaesahan river.

Submitted: 07 Juli 2024	Reviewed: 31 Juli 2024	Revised 01 Agustus 2024	Published: 07 Februari 2025
-----------------------------------	----------------------------------	-----------------------------------	---------------------------------------

PENDAHULUAN

Penggunaan beton aspal sebagai perkerasan jalan masih menjadi pilihan utama dalam pembangunan jalan di Indonesia karena pertimbangan kondisi geografis, daya dukung tanah, kondisi jalan *existing*, dan nilai ekonomisnya. Beton aspal terdiri dari campuran agregat dan aspal, dengan agregat berperan dominan (90-95% dari total berat campuran) (Weimintoro et al., 2021). *Hot Rolled Sheet (HRS)* adalah jenis perkerasan lentur yang menggunakan aspal sebagai bahan pengikat utama, terdiri dari campuran aspal, agregat halus, *filler*, dan sejumlah kecil agregat kasar dengan

gradasi senjang (Darmawan et al., 2003). Campuran ini diproses dalam keadaan panas pada suhu minimal 124°C dan dipadatkan hingga mencapai ketebalan minimum 3 cm (Meilani & Kurnia, 2019). Karakteristik utama HRS adalah kelenturan tinggi dan tahan terhadap kelelahan, menjadikannya cocok untuk daerah tropis seperti Indonesia (Darmawan et al., 2003). HRS dirancang untuk memikul dan menyebarkan beban lalu lintas ke tanah dasar, dengan kelebihan berupa elastisitas yang lebih tinggi dibandingkan campuran aspal lainnya (Nahyo et al., 2015). Stabilitas dan fleksibilitas maksimum HRS dicapai

melalui kadar aspal yang optimal dalam campuran (Putri & Ritonga, 2021). HRS terdiri dari dua jenis lapisan: HRS Lapis Aus (HRS-Wearing Course, HRS-WC) dan HRS Pondasi (HRS-Base), yang didesain untuk menangani volume lalu lintas dari ringan hingga berat (Budi et al., 2017). HRS-WC berfungsi sebagai lapisan penutup yang mencegah masuknya air dari permukaan ke dalam konstruksi perkerasan di bawahnya, sehingga dapat mempertahankan kekuatan dan masa layanan konstruksi jalan. Lapisan ini, juga dikenal sebagai Lataston, menggunakan campuran agregat dengan ukuran maksimum 19 mm (Hermanus et al., 2015). Stabilitas dan kualitas perkerasan sangat dipengaruhi oleh jenis dan kualitas agregat yang digunakan.

Di Provinsi Nusa Tenggara Timur, khususnya di Kabupaten Timor Tengah Utara (TTU) dan Kabupaten Kupang, terdapat beberapa sumber agregat yang potensial untuk digunakan dalam campuran *Hot Rolled Sheet-Wearing Course* (HRS-WC). Dua di antaranya adalah material yang berasal dari Sungai Inbate di Desa Inbate, Kecamatan Bikomi Nilulat, Kabupaten TTU dan Sungai Bijaesahan di Desa Tuapanaf, Kecamatan Takari, Kabupaten Kupang. Meskipun Sungai Inbate dan Sungai Bijaesahan berada di kabupaten yang berbeda, keduanya berada di wilayah geografis yang sama, yaitu Provinsi Nusa Tenggara Timur. Kondisi geologi, iklim, dan lingkungan di wilayah ini mungkin memiliki kesamaan yang memungkinkan agregat dari kedua sungai tersebut memiliki karakteristik yang dapat dibandingkan. Pemilihan sumber material yang tepat sangat penting dalam memastikan kualitas dan performa jalan yang dibangun. Karakteristik Marshall adalah salah satu parameter utama yang digunakan untuk menilai kualitas campuran aspal panas (HRS-WC). Parameter ini meliputi stabilitas, kelelahan (*flow*), rongga udara dalam agregat (*Voids in Material Aggregate - VMA*), rongga udara dalam campuran (*Voids In Mix - VIM*), rongga terisi aspal (*Voids Filled Bitumen - VFA*), kepadatan (*density*), dan Marshall *Quetient* (MQ) (Makin et al., 2023).

Tujuan utama dari penelitian ini adalah untuk membandingkan nilai karakteristik Marshall dari campuran *Hot Rolled Sheet-Wearing Course* (HRS-WC) menggunakan material agregat dari dua sumber yang berbeda, yaitu Sungai Inbate dan Sungai Bijaesahan. Perbandingan ini penting untuk mengevaluasi apakah ada perbedaan signifikan dalam kualitas material yang bisa mempengaruhi performa jalan. Selain itu, penelitian ini juga memiliki tujuan praktis untuk menentukan sumber agregat yang lebih optimal dan efisien untuk digunakan dalam proyek-proyek

pembangunan jalan di wilayah tersebut. Dengan mengetahui kelebihan dan kekurangan dari masing-masing sumber material, pihak-pihak yang terlibat dalam pembangunan infrastruktur dapat membuat keputusan yang lebih baik dalam hal pemilihan material, yang pada akhirnya dapat meningkatkan kualitas dan umur teknis jalan yang dibangun. Dengan demikian, penelitian ini tidak hanya bermanfaat dalam konteks ilmiah tetapi juga memberikan kontribusi nyata dalam upaya pengembangan infrastruktur yang lebih berkualitas dan berkelanjutan di Provinsi Nusa Tenggara Timur.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan nilai karakteristik Marshall pada campuran *Hot Rolled Sheet-Wearing Course* (HRS-WC) yang menggunakan material dari Sungai Inbate (*Latitude: -9.458565°*, *Longitude: 124.376382°*) dan Sungai Bijaesahan (*Latitude: -9.903830°*, *Longitude: 124.048834°*). Adapun lokasi pengambilan sampel material seperti yang ditunjukkan pada gambar di bawah ini:



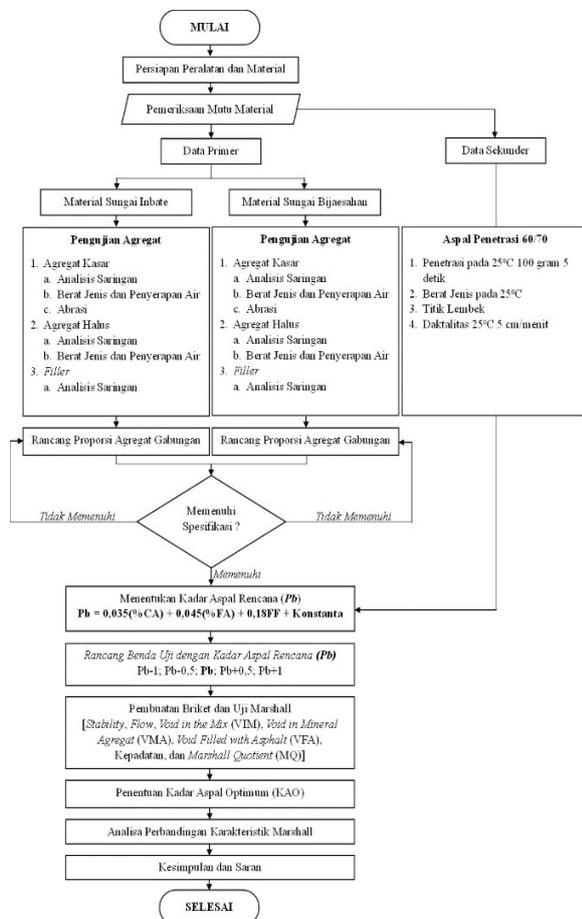
Gambar 1. Lokasi pengambilan sampel material sungai Inbate



Gambar 2. Lokasi pengambilan sampel material sungai Bijaesahan

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Pengujian dan Bina Teknik Dinas Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Provinsi Nusa Tenggara Timur (NTT). Material yang diambil meliputi agregat kasar berupa batu pecah $\frac{3}{4}$ inch, agregat sedang berupa batu pecah $\frac{1}{2}$ inch, dan

agregat halus berupa abu batu dan pasir. Setiap jenis material diuji terlebih dahulu untuk menentukan karakteristik fisik dan mekanisnya, meliputi pengujian analisis saringan, berat jenis dan penyerapan air, serta abrasi. Tahapan prosedur pelaksanaan yang akan dilakukan dalam penelitian ini tergambar dalam diagram alir penelitian di bawah ini.



Gambar 3. Diagram alir penelitian

Setelah karakteristik material diketahui, dilakukan pembuatan campuran HRS-WC dengan variasi kadar aspal sesuai spesifikasi Bina Marga Tahun 2018 Revisi 2. Tahapan ini meliputi penimbangan material agregat dan aspal, pencampuran material sesuai dengan proporsi yang ditentukan, serta pencetakan dan pemadatan sampel menggunakan alat Marshall. Sampel yang telah dipadatkan diuji menggunakan metode Marshall untuk mendapatkan parameter-parameter seperti stabilitas, kelelahan (*flow*), rongga udara dalam agregat (*Voids in Material Aggregate - VMA*), rongga udara dalam campuran (*Voids In Mix - VIM*), rongga terisi aspal (*Voids Filled Bitumen - VFA*), kepadatan (*density*), dan Marshall *Quetient* (MQ). Hasil pengujian Marshall dari kedua jenis material dibandingkan untuk menentukan

perbedaan karakteristik antara campuran HRS-WC yang menggunakan material dari Sungai Inbate dan Sungai Bijaesahan.

Analisis data dilakukan dengan membandingkan nilai parameter Marshall terhadap spesifikasi yang ditetapkan oleh Bina Marga Tahun 2018 Revisi 2. Berdasarkan hasil analisis data, ditarik kesimpulan mengenai kualitas dan kesesuaian material dari kedua sumber untuk digunakan dalam campuran HRS-WC. Rekomendasi diberikan berdasarkan temuan penelitian untuk penggunaan material yang lebih optimal dalam proyek perkerasan jalan di Provinsi Nusa Tenggara Timur.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pemeriksaan laboratorium di Laboratorium Pengujian Dinas PU Provinsi NTT menunjukkan bahwa agregat kasar batu pecah $\frac{3}{4}$ inch dan batu pecah $\frac{1}{2}$ inch telah diuji sesuai dengan standar SNI 03-1968-1990, SNI 03-1969-1990, dan SNI 03-2417-1991, sedangkan agregat halus berupa abu batu dan pasir diuji sesuai SNI 03-1968-1990 dan SNI 03-1970-1990. Bahan pengisi atau *filler* berupa semen juga telah diuji sesuai dengan SNI 03-1968-1990 dan SNI 15-2531-1991. Dokumentasi pengujian seperti yang ditunjukkan pada gambar dibawah ini :



Gambar 4. Pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat kasar



Gambar 5. Pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat halus

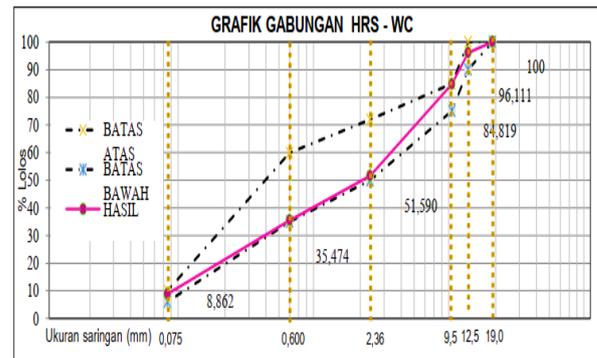


Gambar 6. Pengujian analisa saringan

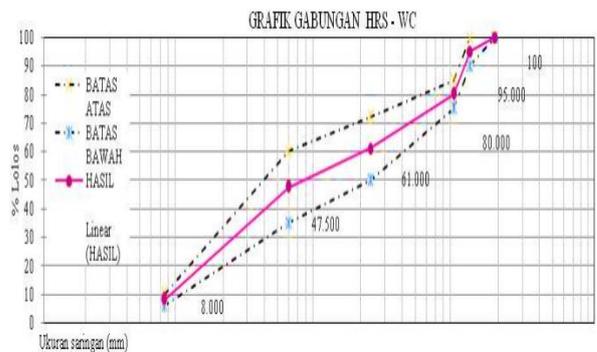


Gambar 7. Pengujian abrasi

Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan, semua material tersebut berhasil memenuhi uji saringan, memiliki berat jenis yang sesuai, penyerapan air di bawah batas maksimum, serta nilai abrasi yang masih dalam toleransi untuk digunakan dalam pembuatan campuran *Hot Rolled Sheet-Wearing Course* (HRS-WC). Langkah berikutnya adalah menentukan proporsi agregat gabungan. Tujuan dari menentukan komposisi agregat gabungan adalah untuk mengidentifikasi proporsi relatif dari setiap fraksi agregat dalam campuran sehingga kadar aspal yang diperlukan, yang sering disebut kadar aspal rencana (P_b), dapat diperkirakan (Dewi et al., 2021). Dalam menentukan komposisi campuran HRS-WC, perhitungan sering dilakukan dengan metode uji coba (*trial and error*). Melalui pendekatan ini, kita mencari proporsi ideal dari setiap jenis agregat yang dibutuhkan dalam campuran HRS-WC untuk mencapai hasil pencampuran yang optimal (Khamid & Izazi, 2019). Gradasi atau distribusi ukuran agregat dalam campuran diuji dan direpresentasikan dalam bentuk kurva gradasi, yang menunjukkan hubungan antara persentase material yang lolos saringan dengan ukuran saringan yang berada di posisi tengah antara nilai batas atas dan batas bawah, seperti yang diilustrasikan dalam **Gambar 8** dan **Gambar 9**.



Gambar 8. Amplop Gradasi Gabungan Material Sungai Inbate
(sumber: analisa data, 2024)



Gambar 9. Amplop Gradasi Gabungan Material Sungai Bijaesahan
(sumber: analisa data, 2024)

Setelah menetapkan komposisi gradasi agregat gabungan, langkah berikutnya adalah merencanakan kadar aspal rencana (P_b). Kadar aspal dalam campuran aspal beton adalah jumlah aspal yang efektif melapisi dan mengisi pori-pori butiran agregat. Aspal yang digunakan adalah aspal keras/padat dengan penetrasi 60/70. Adapun data sekunder hasil pengujian aspal yang diperoleh dari Laboratorium Pengujian Dinas PU Provinsi NTT meliputi penetrasi 69.70 mm, berat jenis aspal 1.04, daktilitas 140 cm, dan titik lembek 58°C. Perhitungan kadar aspal rencana dilakukan setelah mendapatkan distribusi ukuran agregat dari masing-masing fraksi yang memenuhi standar Spesifikasi Bina Marga 2018 Revisi 2 (Makin et al., 2023).

Analisis gradasi agregat dari material Sungai Inbate menunjukkan persentase lolos saringan agregat kasar (CA) sebesar 48.41%, agregat halus (FA) sebesar 42.73%, dan *filler* (FF) sebesar 8.86%, menggunakan konstanta (K) 2.00 untuk lataston. Sebaliknya, material Sungai Bijaesahan memiliki persentase lolos saringan agregat kasar 39.00%, agregat halus 53.00%, dan *filler* 8.00%, juga dengan konstanta (K) 2.00 untuk lataston.

Berdasarkan analisis tersebut, kadar aspal rencana (P_b) yang direkomendasikan adalah 7.21% untuk material Sungai Inbate dan 7.19% untuk material

Sungai Bijaesahan. Untuk konsistensi, kedua nilai tersebut dibulatkan menjadi 7.00%. Berdasarkan perhitungan, variasi kadar aspal yang akan diuji untuk material Sungai Inbate dan Sungai Bijaesahan adalah 6.0%, 6.5%, 7.0%, 7.5%, dan 8.0%. Setiap variasi kadar aspal akan diuji dengan dua sampel untuk pengujian Marshall, guna menentukan karakteristik terbaik dari campuran tersebut. Adapun dokumentasi kegiatan rancang proporsi campuran agregat, pemadatan, dan *marshall test* seperti yang ditunjukkan pada gambar di bawah ini.



Gambar 10. Rancang proporsi campuran agregat



Gambar 11. Pemadatan



Gambar 12. Marshall Test

Berikut ini adalah hasil *Marshall test* untuk material sungai Inbate dan material sungai Bijaesahan untuk campuran Lataston HRS-WC:

Tabel 1. Hasil Pengujian Marshall Material Sungai Inbate

Kadar Aspal	Parameter Marshall						
	Stabilitas (Min. 600)	Flow	VIM (3-5)	VMA (Min. 17)	VFA (Min. 68)	Kepadatan	MQ (Min. 250)
6.0%	774.30	3.40	6.50	17.61	63.08	2.24	227.58
6.5%	931.80	3.88	5.61	17.85	68.57	2.25	252.16
7.0%	1359.50	5.37	3.48	17.03	79.58	2.28	253.61
7.5%	1048.90	4.32	2.26	17.00	86.73	2.29	254.41
8.0%	805.80	4.78	1.31	17.22	92.41	2.30	168.75

(sumber: analisa data, 2024)

Tabel 2. Hasil Pengujian Marshall Material Sungai Bijaesahan

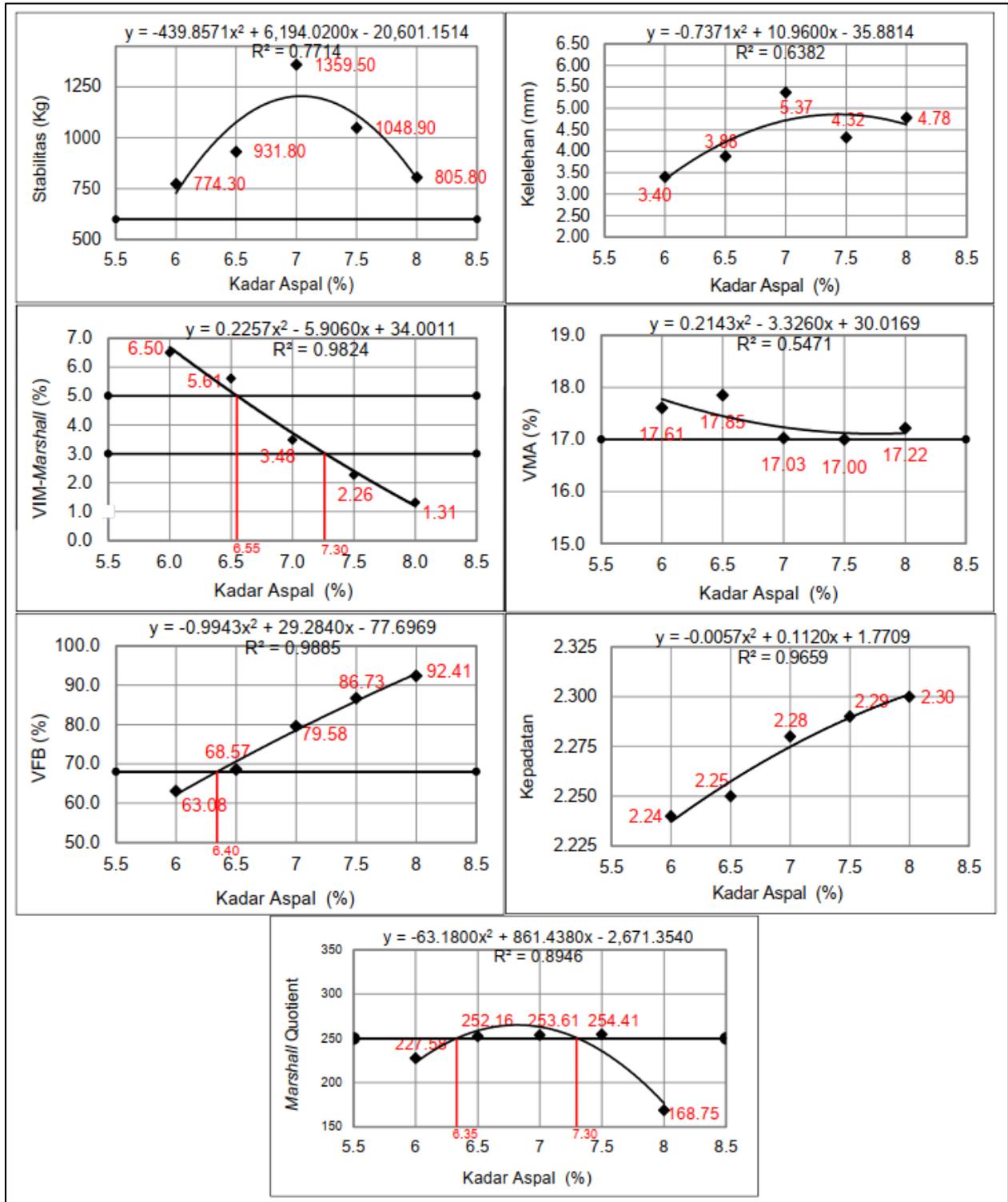
Kadar Aspal	Parameter Marshall						
	Stabilitas (Min. 600)	Flow	VIM (3-5)	VMA (Min. 17)	VFA (Min. 68)	Kepadatan	MQ (Min. 250)
6.0%	742.75	3.40	7.50	19.30	61.14	2.23	218.82
6.5%	846.29	3.33	6.06	19.05	68.20	2.25	255.80
7.0%	1035.35	3.43	4.74	18.93	74.97	2.26	302.21
7.5%	859.79	3.55	4.01	19.31	79.26	2.26	242.33
8.0%	756.26	3.75	2.94	19.42	84.86	2.27	201.74

(sumber: analisa data, 2024)

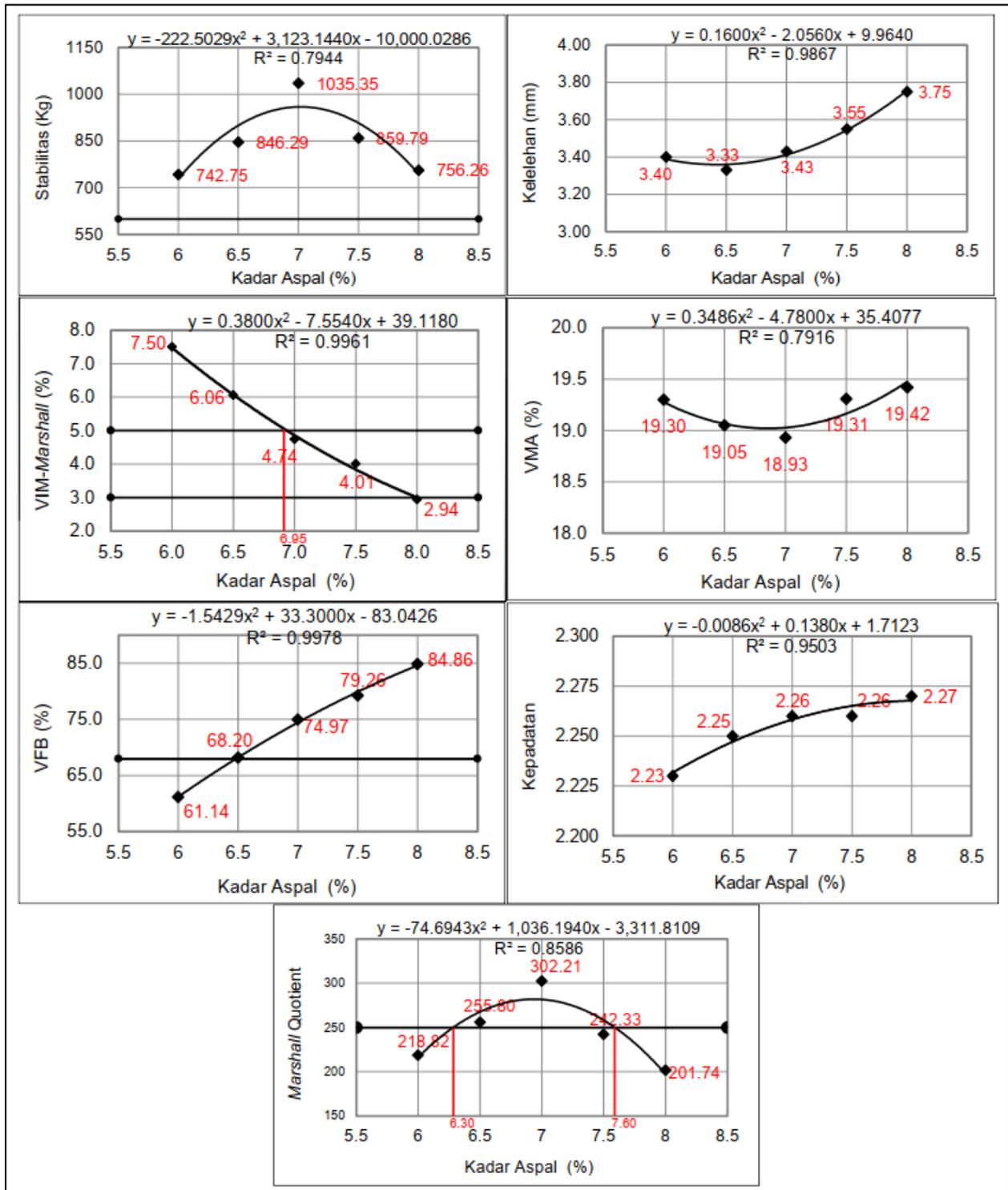
Setelah dilakukan pengujian Marshall dengan material dari Sungai Inbate dan sungai Bijaesahan, hasilnya diilustrasikan dalam bentuk grafik yang menunjukkan hubungan antara kadar aspal rencana dan parameter Marshall seperti yang ditunjukkan pada Gambar 13 dan Gambar 14. Dari grafik ini, kadar aspal optimum (KAO) dapat ditentukan.

Penentuan KAO dilakukan dengan membuat diagram batang seperti yang ditunjukkan pada Gambar 15 dan Gambar 16 berdasarkan nilai hasil pengujian parameter Marshall yang memenuhi persyaratan dan spesifikasi Bina Marga Tahun 2018 Revisi 2. Diagram batang ini membantu mengidentifikasi kadar aspal yang

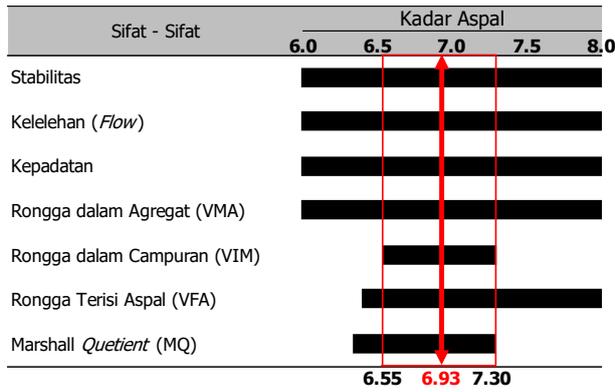
memberikan hasil terbaik sesuai dengan standar yang telah ditetapkan.



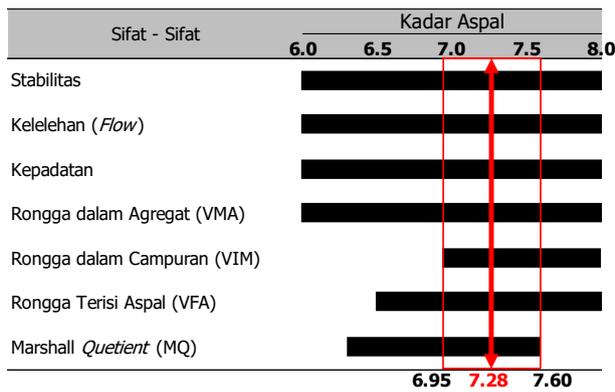
Gambar 13. Grafik Hubungan Kadar Aspal Rencana terhadap Parameter Marshall Menggunakan Material Sungai Inbate
(sumber: analisa data, 2024)



Gambar 14. Grafik Hubungan Kadar Aspal Rencana terhadap Parameter Marshall Menggunakan Material Sungai Bijaesahan
 (sumber: analisa data, 2024)



Gambar 15. Nilai Kadar Aspal Optimum (KAO) Material Sungai Inbate (sumber: analisa data, 2024)



Gambar 16. Nilai Kadar Aspal Optimum (KAO) Material Sungai Bijaesahan (sumber: analisa data, 2024)

Pada **Gambar 15**, terlihat bahwa kadar aspal yang memenuhi ketujuh sifat campuran berada dalam rentang 6.55% hingga 7.30%, dengan Kadar Aspal Optimum (KAO) untuk campuran beraspal panas menggunakan material Sungai Inbate sebesar 6.93%. Sementara itu, pada **Gambar 16**, terlihat bahwa kadar aspal yang memenuhi ketujuh sifat campuran berada dalam rentang 6.95% hingga 7.60%, dengan KAO untuk campuran beraspal panas menggunakan material Sungai Bijaesahan sebesar 7.28%. Berdasarkan hasil KAO tersebut, dapat disimpulkan bahwa KAO untuk material Sungai Bijaesahan lebih tinggi dibandingkan dengan material Sungai Inbate.

Langkah berikutnya adalah menganalisis perbandingan karakteristik Marshall antara material Sungai Inbate dan material Sungai Bijaesahan. Analisis ini mencakup parameter-parameter seperti stabilitas, kelelehan (*flow*), rongga udara dalam agregat (*Voids in Material Aggregate - VMA*), rongga udara dalam campuran (*Voids In Mix - VIM*), rongga terisi aspal (*Voids Filled Bitumen - VFA*), kepadatan (*density*), dan Marshall *Quotient* (MQ). Perbandingan ini didasarkan pada Kadar Aspal Optimum yang telah diperoleh dari hasil pengujian, sebagaimana ditunjukkan pada **Tabel 3** berikut ini.

Tabel 3. Perbandingan Nilai Karakteristik Marshall antara Material Sungai Inbate dan Material Sungai Bijaesahan

No	Karakteristik Campuran	Persamaan Regresi Non-Linear		Hasil		Perbandingan atau Selisih
		Material Sungai Inbate	Material Sungai Bijaesahan	Material Sungai Inbate	Material Sungai Bijaesahan	
KAO = 6.93 % (Menggunakan KAO Material Sungai Inbate)						
1.	Stabilitas	$y = -439.8571x^2 + 6,194.0200x - 20,601.1514$	$y = -222.5029x^2 + 3,123.1440x - 10,000.0286$	1199.31	957.68	241.63 kg
2.	Kelelehan	$y = -0.7371x^2 + 10.9600x - 35.8814$	$y = 0.1600x^2 - 2.0560x + 9.9640$	4.67	3.40	1.27 mm
3.	VIM	$y = 0.2257x^2 - 5.9060x + 34.0011$	$y = 0.3800x^2 - 7.5540x + 39.1180$	3.91	5.02	1.11 %
4.	VMA	$y = 0.2143x^2 - 3.3260x + 30.0169$	$y = 0.3486x^2 - 4.7800x + 35.4077$	17.26	19.02	1.76 %
5.	VFA	$y = -0.9943x^2 + 29.2840x - 77.6969$	$y = -1.5429x^2 + 33.3000x - 83.0426$	77.49	73.63	3.86 %
6.	Kepadatan	$y = -0.0057x^2 + 0.1120x + 1.7709$	$y = -0.0086x^2 + 0.1380x + 1.7123$	2.27	2.26	0.02 kg/cm ³
7.	Marshall Quotient (MQ)	$y = -63.1800x^2 + 861.4380x - 2,671.3540$	$y = -74.6943x^2 + 1,036.1940x - 3,311.8109$	264.20	281.83	17.63 kg/mm
KAO = 7.28 % (Menggunakan KAO Material Sungai Bijaesahan)						
1.	Stabilitas	$y = -439.8571x^2 + 6,194.0200x - 20,601.1514$	$y = -222.5029x^2 + 3,123.1440x - 10,000.0286$	1179.59	944.16	235.43 kg
2.	Kelelehan	$y = -0.7371x^2 + 10.9600x - 35.8814$	$y = 0.1600x^2 - 2.0560x + 9.9640$	4.84	3.48	1.37 mm

3.	VIM	$y = 0.2257x^2 - 5.9060x + 34.0011$	$y = 0.3800x^2 - 7.5540x + 39.1180$	2.97	4.26	1.30 %
4.	VMA	$y = 0.2143x^2 - 3.3260x + 30.0169$	$y = 0.3486x^2 - 4.7800x + 35.4077$	17.16	19.08	1.92 %
5.	VFA	$y = -0.9943x^2 + 29.2840x - 77.6969$	$y = -1.5429x^2 + 33.3000x - 83.0426$	82.79	77.61	5.18 %
6.	Kepadatan	$y = -0.0057x^2 + 0.1120x + 1.7709$	$y = -0.0086x^2 + 0.1380x + 1.7123$	2.28	2.26	0.02 kg/cm ³
7.	Marshall Quotient (MQ)	$y = -63.1800x^2 + 861.4380x - 2,671.3540$	$y = -74.6943x^2 + 1,036.1940x - 3,311.8109$	251.48	273.00	21.53 kg/mm

(sumber: analisa data, 2024)

Berdasarkan data hasil penelitian pada kadar aspal optimum 6.93% menunjukkan bahwa material dari Sungai Inbate memiliki stabilitas sebesar 1199.31 kg, lebih tinggi dibandingkan dengan material dari Sungai Bijaesahan yang memiliki stabilitas sebesar 957.68 kg, dengan selisih 241.63 kg. Selain itu, kelelahan material dari Sungai Inbate adalah 4.67 mm, sedangkan material dari Sungai Bijaesahan 3.40 mm, menunjukkan selisih 1.27 mm. VIM pada material Sungai Inbate adalah 3.91%, lebih rendah dibandingkan dengan material dari Sungai Bijaesahan yang sebesar 5.02%, dengan selisih 1.11%. VMA pada material Sungai Inbate adalah 17.26%, sementara material dari Sungai Bijaesahan memiliki nilai 19.02%, dengan selisih 1.76%. VFA pada material Sungai Inbate adalah 77.49%, lebih tinggi dibandingkan dengan material dari Sungai Bijaesahan yang sebesar 73.63%, dengan selisih 3.86%. Kepadatan material dari kedua sungai hampir sama, dengan material Sungai Inbate sebesar 2.27 kg/cm³ dan material Sungai Bijaesahan sebesar 2.26 kg/cm³, dengan selisih hanya 0.02 kg/cm³. Marshall Quotient pada material Sungai Inbate adalah 264.20 kg/mm, sedangkan pada material Sungai Bijaesahan sebesar 281.83 kg/mm, dengan selisih 17.63 kg/mm.

Pada kadar aspal optimum 7.28%, material dari Sungai Inbate memiliki stabilitas sebesar 1179.59 kg, lebih tinggi dibandingkan dengan material dari Sungai Bijaesahan yang memiliki stabilitas sebesar 944.16 kg, dengan selisih 235.43 kg. Kelelahan material dari Sungai Inbate adalah 4.84 mm, sedangkan material dari Sungai Bijaesahan 3.48 mm, menunjukkan selisih 1.37 mm. VIM pada material Sungai Inbate adalah 2.97%, lebih rendah dibandingkan dengan material dari Sungai Bijaesahan yang sebesar 4.26%, dengan selisih 1.30%. VMA pada material Sungai Inbate adalah 17.16%, sementara material dari Sungai Bijaesahan memiliki nilai 19.08%, dengan selisih 1.92%. VFA pada material Sungai Inbate adalah

82.79%, lebih tinggi dibandingkan dengan material dari Sungai Bijaesahan yang sebesar 77.61%, dengan selisih 5.18%. Kepadatan material dari kedua sungai hampir sama, dengan material Sungai Inbate sebesar 2.28 kg/cm³ dan material Sungai Bijaesahan sebesar 2.26 kg/cm³, dengan selisih hanya 0.02 kg/cm³. Marshall Quotient pada material Sungai Inbate adalah 251.48 kg/mm, sedangkan pada material Sungai Bijaesahan sebesar 273.00 kg/mm, dengan selisih 21.53 kg/mm.

Secara keseluruhan, material dari Sungai Inbate menunjukkan performa yang lebih baik dalam hal stabilitas, kelelahan, VIM, dan VMA, yang mengindikasikan kestabilan dan fleksibilitas yang lebih tinggi. Sebaliknya, material dari Sungai Bijaesahan memiliki Marshall Quotient yang lebih tinggi, menunjukkan kekakuan yang lebih besar.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian karakteristik Marshall pada campuran *Hot Rolled Sheet-Wearing Course* (HRS-WC) menggunakan material dari Sungai Inbate dan Sungai Bijaesahan, dapat disimpulkan bahwa material dari Sungai Inbate menunjukkan performa yang lebih baik dalam beberapa aspek dibandingkan material dari Sungai Bijaesahan. Pada kadar aspal optimum 6.93% dan 7.28%, material dari Sungai Inbate memiliki nilai stabilitas yang lebih tinggi (1199.31 kg dan 1179.59 kg) dibandingkan dengan material dari Sungai Bijaesahan (957.68 kg dan 944.16 kg). Kelelahan material dari Sungai Inbate juga lebih tinggi, menunjukkan fleksibilitas yang lebih baik. VIM dan VMA dari material Sungai Inbate lebih rendah, yang berarti kepadatan campurannya lebih baik. VFA dari Sungai Inbate juga lebih tinggi, menunjukkan material tersebut mampu menahan lebih banyak aspal. Sementara itu, Marshall Quotient dari Sungai Bijaesahan lebih tinggi, menunjukkan kekakuan yang lebih besar. Meskipun kedua

material memenuhi spesifikasi Bina Marga 2018 Revisi 2, material dari Sungai Inbate lebih unggul dalam stabilitas dan fleksibilitas.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Standardisasi Nasional. (1990). SNI 03-1968-1990 Metode Pengujian Tentang Analisis Saringan Agregat Halus dan Kasar. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
https://www.academia.edu/45603892/SNI_03_1968_1990_Analisa_Saringan_Agregat_Halus_dan_Kasar
- Badan Standardisasi Nasional. (1990). SNI 03-1969-1990 Metode Pengujian Tentang Berat Jenis dan Penyerapan Air. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
<https://imsippoliban.wordpress.com/wp-content/uploads/2016/03/sni-03-1969-1990-metode-pengujian-berat-jenis-dan-penyerapan-air-agregat-kasar.pdf>
- Badan Standardisasi Nasional. (1990). SNI 03-1970-2008 Metode Pengujian Tentang Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
https://imsippoliban.wordpress.com/wp-content/uploads/2016/03/19968_sni-1970_2008.pdf
- Badan Standardisasi Nasional. (1991). SNI 03-2417-1991 Metode Pengujian Keausan Agregat dengan Mesin Abrasi Los Angeles. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
<https://imsippoliban.wordpress.com/wp-content/uploads/2016/03/sni-03-2417-1991-metode-pengujian-keausan-agregat-dengan-mesin-abrasi-los-angeles.pdf>
- Badan Standardisasi Nasional. (1991). SNI 15-2531-1991 Metode Pengujian Berat Jenis Semen Portland. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
<https://www.scribd.com/doc/252696805/SNI-15-2531-1991-Pengujian-Berat-Jenis-Semen>
- Budi, A. F. S., Liem, F. N., & Alokabel, K. (2017). Studi Komparasi Pengaruh Variasi Penggunaan Nilai Konstanta Aspal Rencana terhadap Nilai Stabilitas pada Campuran Aspal Beton (HRS-WC) Terhadap Karakteristik Uji Marshall. *Juteks (Jurnal Teknik Sipil)*, 2(1), 54–63.
<https://doi.org/10.32511/juteks.v2i1.124>
- Darmawan, I., Soediro, R., & Purwanto, D. (2003). Pengaruh Penggunaan Serbuk Genteng Sebagai Filler Terhadap Kinerja Campuran HRS-WC. *PILAR*, 12(1), 17–24.
<http://eprints.undip.ac.id/4581/>
- Dewi, S. H., Mildawati, R., & Nurhakim, A. (2021). Perbandingan Dua Jenis Agregat Daerah yang Berbeda terhadap Karakteristik Marshall Pada Aspal Porus. *Sainstek*, 9(1), 47–54.
<https://ejournal.sttp-yds.ac.id/index.php/js/article/view/33>
- Direktorat Jenderal Bina Marga, 2018. "Spesifikasi Umum 2018 Untuk Pekerjaan Konstruksi Jalan Dan Jembatan Revisi 2", Jakarta.
https://kkjtj.pu.go.id/landing_page/pedoman-pemeriksaan-jembatan.pdf
- Hermanus, G., Kaseke, O. H., & Jansen, F. (2015). Kajian Perbedaan Kinerja Campuran Beraspal Panas Antara Jenis Lapis Tipis Aspal Beton-lapis Aus (Hrs-wc) Bergradasi Senjang Dengan Yang Bergradasi Semi Senjang. *Jurnal Sipil Statik*, 3(4).
<https://ejournal.unsrat.ac.id/index.php/jss/article/view/8207>
- Khamid, A., & Izazi, M. A. (2019). Pengaruh Genangan Air Hujan terhadap Kinerja Campuran Aspal Concere-Wearing Course (AC-WC). *Syntax Lit. J. Ilm. Indones*, 4(7), 1–14.
<https://core.ac.uk/reader/268472530>
- Makin, M. L. A. M., Kalogo, E., & Bela, K. R. (2023). Pengaruh Variasi Jumlah Tumbukan terhadap Nilai Marshall Hasil Pematatan pada Aspal HRS-WC secara Manual dan Elektrik. *Eternitas: Jurnal Teknik Sipil*, 2(2), 27–37.
<https://www.journal.unwira.ac.id/index.php/ETERNITAS/article/view/2444>
- Meilani, M., & Kurnia, R. (2019). Kajian Parameter Marshall Campuran Hangat Lataston (HRS-WC) Menggunakan Reclaimed Asphalt Pavement (RAP). *RekaRacana: Jurnal Teknik Sipil*, 5(4), 120.
<https://ejournal.itenas.ac.id/index.php/rekaracana/article/view/3397>
- Nahyo, N., Sudarno, S., & Setiadji, B. H. (2015). Durabilitas Campuran Hot Rolled Sheet-Wearing Course (HRS-WC) Akibat Rendaman Menerus dan Berkala Air Rob. *Jurnal Teknik Sipil Unaya*, 1(2), 141–154.
<https://www.neliti.com/id/publications/143191/durabilitas-campuran-hot-rolled-sheet-wearing-course-hrs-wc-akibat-rendaman-mene>
- Putri, W. N., & Ritonga, E. D. E. (2021). Pengaruh Suhu Pematatan Terhadap Stabilitas Campuran HRS-WC Dengan Filler Abu Sinabung. *Jurnal Teknik Sipil*, 2(01), 20–29.

<https://jim.teknokrat.ac.id/index.php/tekniksipil/article/view/792>
Standart Nasional Indonesia. (2003). RSNI M-01-2003, Metode Pengujian Campuran Beraspal Panas dengan Alat Marshall. *Badan Standarisasi Nasional, Jakarta*.
<https://imsippoliban.wordpress.com/wp-content/uploads/2016/03/rsni-m-01-2003-metode-pengujian-campuran-beraspal-panas-dengan-alat-marshall.pdf>

Weimintoro, W., Anggoro, N. D., & Aulia, R. (2021). Pengaruh Komposisi Agregat Terhadap Karakteristik Beton Aspal (AC-WC) Dengan Menggunakan Batuan Lokal Sungai Gung di Desa Danawarih Kecamatan Balapulang Kabupaten Tegal. *Jurnal Teknik Sipil & Teknologi Konstruksi*, 7(1), 15–26.
<http://jurnal.utu.ac.id/jtsipil/article/view/2546>