

Meningkatkan Nilai Rongga Stabilitas Dan Flow Campuran Aspal HRS-WC Dengan Memanfaatkan Sekam Padi

¹Hermansyah

²Bambang Wansa Putra

³Opan Wawan Widiansyah

¹Dosen dan Universitas teknologi Sumbawa (Hermansyah111090@gmail.com dan 085205301643) ²Mahasiswa dan Universitas Teknologi Sumbawa (bambangwansaputra157@gmail.com dan 082340477787) ³Mahasiswa dan Lembaga Universitas Teknologi Sumbawa (opanwwidiansyah@gmail.com dan 085903720871)

ABSTRAK

Perkerasan lentur adalah salah satu perkerasan yang paling umum digunakan di jalan raya. Salah satu jenis perkerasan lentur adalah HRS-WC. Banyaknya rehabilitasi jalan yang umumnya menggunakan perkerasan HRS-WC, namun kekuatan HRS-WC tidak cukup untuk menahan beban, sehingga dilakukan penelitian untuk meningkatkan kekuatan menahan beban dengan menambahkan abu sekam padi. Campuran HRS-WC memiliki karakteristik marshall sebagaimana diatur dalam Spesifikasi Umum 2018 revisi 2 dengan nilai VIM minimum 3,0% dan maksimum 5,0%, VMA dengan nilai minimum 17%, nilai VFWA 68%, Stabilitas Marshall dengan nilai minimum 600 kg, Flow dengan nilai minimum 3 mm, MQ dengan nilai minimum 250 kg/mm, dan Stabilitas Marshall dengan nilai minimum 90%. Pembuatan sampel normal dengan taksiran kadar aspal yang digunakan adalah 6,0%, 6,5%, 7,0%, 7,5%, dan 8,0%, setelah dilakukan pengujian kelima variasi aspal normal didapatkan hasil bahwa sampel dengan aspal 8,0% memenuhi nilai standar sesuai spesifikasi umum 2018 revisi 2. Setelah KAO, selanjutnya pembuatan sampel abu sekam padi dengan variasi 0,2%, 0,4%, 0,6%, 0,8%, 1,0%, 1,2%, dan 1,4% menggunakan kadar aspal 8,0%. Dari hasil pengujian pada variasi keseluruhan abu sekam, diketahui bahwa penambahan abu sekam mempengaruhi nilai karakteristik marshall dan dikatakan belum memenuhi spesifikasi umum 2018 revisi 2.

Kata Kunci: HRS-WC, KAO, Marshall, Abu Sekam Padi

ABSTRACT

Flexible pavement is one of the most commonly used pavements on highways. One type of flexible pavement is HRS-WC. There is a lot of road rehabilitation which generally uses HRS-WC pavement, but the strength of HRS-WC is not enough to withstand the load, so research is carried out to increase the strength to withstand the load by adding rice husk ash. The HRS-WC mixture has marshall characteristics as stipulated in the General Specification 2018 revision 2 with a minimum VIM value of 3.0 % and a maximum of 5.0 %, VMA with a minimum value of 17%, VFWA value of 68%, Marshall Stability with a minimum value of 600 kg, Flow with a minimum value of 3 mm, MQ with a minimum value of 250 kg/mm, and Marshall Stability with a minimum value of 90%. Making a normal sample with the estimated asphalt content used is 6.0%, 6.5%, 7.0%, 7.5%, and 8.0%, after testing the five variations of normal asphalt, the results show that the

sample with asphalt 8.0% meets the standard value according to general specifications 2018 revision 2. After KAO, then the making of rice husk ash samples with variations of 0.2%, 0.4%, 0.6%, 0.8%, 1.0%, 1.2 %, and 1.4% using 8.0% asphalt content. From the test results on the overall variation of rice husk ash, it is known that the addition of rice husk ash affects the value of the marshall characteristics and is said to not meet the general specifications 2018 revision 2.

Keywords: HRS-WC, KAO, Marshall, Rice Husk Ash

PENDAHULUAN

Dikarenakan cuaca di daerah Sumbawa yang cukup ekstrim dan menyebabkan banyak terjadi kerusakan pada perkerasan jalan raya terutama perkerasan permukaan, maraknya rehabilitasi jalan yang dilakukan di daerah sumbawa dengan menggunakan campuran HRS-WC maka dari itu untuk meningkatkan kualitas dari campuran HRS-WC dilakukan pengujian dengan melakukan eksperimen terhadap campuran HRS-WC yang bertujuan untuk meningkatkan kualitas dari perkerasan agar lebih baik sehingga bisa bertahan lama dalam keadaan cuaca ekstrim. Kerusakan jalan yang disebabkan oleh cuaca ekstrim di daerah sumbawa ini dapat dihindarkan dengan cara melakukan eksperimen terhadapat bahan pengisi/filler dalam karakteristik marshall.

Bahan pengisi (filler) yang umum digunakan pada campuran beraspal panas adalah abu batu, abu kapur atau semen. Bahan pengisi yang digunakan pada campuran beraspal panas harus memiliki sifat pozzolan atau dapat meningkatkan daya ikat antar agregatnya serta memiliki ukuran partikel yang kecil atau berbetuk abu yang lolos pada saringan no.200 sehingga dapat mengisi rongga antar agregat dengan maksimal. Pozzolan merupakan bahan yang mengandung senyawa silika atau alumina, yang mana bahan pozzolan ini tidak memiliki sifat mengikat seperti semen tetapi dalam bentuk yang halus dan di campurkan dengan air maka senyawa-senyawa tersebut akan bereaksi dengan senyawa hidroksida pada suhu normal sehingga membentuk senyawa kalsium hidrat yang bersifat mengikat. Bahan yang mengandung pozzolan cukup mudah di jumpai di lingkungan sekitar khususnya daerah Sumbawa, bahan yang memiliki kandungan silika salah – satunya adalah abu sekam padi. Sumbawa merupakan salah satu daerah dengan mayoritas penduduk bekerja sebagai petani. Salah satu bahan pozzolan yang terdapat di daerah sumbawa adalah sekam padi yang di hasilkan dari proses penggilingan padi yang menjadi limbah. Abu sekam padi biasanya didapatkan dari hasil pembakaran limbah sekam padi, sehingga memiliki partikel serta berat jenis yang kecil. Di daerah Sumbawa, abu sekam padi merupakan limbah yang belum bisa di manfaatkan dengan baik oleh masyarakat. Dari berbagai informasi dan penelitian yang sudah di lakukan abu sekam padi adalah salah satu bahan yang mengandung silika yang sangat tinggi. Silika yang terkandung pada abu sekam padi adalah sebanyak 15-20% (Bakri, 2009). Pada umumnya silika digunakan pada campuran semen *portland* untuk menambah kekuatan pada semen. Penggunaan limbah abu sekam padi pada campuran beraspal panas dapat mengurangi limbah pertanian serta meminimalisir penggunaan biaya pada produksi campuran beraspal panas. Maka dari itu, kali ini abu sekam padi dimanfaatkan sebagai tambahan bahan pengisi (*filler*) pada campuran beraspal panas karena abu sekam padi mengandung kadar silika 15%-20% sehingga

sehingga dapat di jadikan bahan pengisi (*filler*) dan diharapkan dapat meningkatkan karakteristik *Marshall* yaitu kerapatan dan daya ikat pada campuran aspal beton.

TINJAUAN PUSTAKA

Berdasarkan bahan pengikat konstruksi perkerasan jalan dibagi menjadi perkerasan lentur dan perkerasan kaku. Perkerasan lentur lebih sering digunakan dibanding perkerasan yang lain karena bahan pengikat berupa aspal yang dapat bertahan 15 – 40 tahun dan lebih nyaman bagi pengendara karena dapat mengurangi guncangan. Perkerasan lentur (*flexible pavement*) merupakan perkerasan yang menggunakan aspal sebagai bahan pengikat, sifat lapisan perkerasannya menopang serta menyebarkan beban kendaraan yang melintas sampai ke tanah dasar. Perkerasan lentur umumnya digunakan pada lalu lintas ringan yang memiliki beban kecil sebab, beban kendaraan berat serta kondisi cuaca sangat berpengaruh pada strukturnya.

Perkerasan lentur memiliki beberapa macam campuran, yaitu Stone Matrix Asfalt – Tipis, Stone Matrix Asfalt – Halus, Stone Matrix Asfalt – Kasar, Lataston dan Laston. *Hot Rollet Sheet* (Lataston). HRS yaitu campuran perkerasan permukaan dengan symbol HRS-WC tersusun dari campuran aspal keras, agregat dengan gradasi timpang, dan bahan pengisi (*filler*). HRS-WC merupakan campuran lapisan aspal beton menggunakan gradasi senjang dengan kandungan agregat kasar, agregat halus dan memiliki kandungan aspal yang tinggi

METODE PENELITIAN

Tahapan awal penelitian dengan mengkaji data pustaka yang bertujuan mengetahui teori-teori dasar yang berhubungan dengan judul yang penulis angkat sehingga mendapat pemahaman yang lebih luas. Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah metode kuantitatif dengan menggunakan alat Marshall sebagai alat pengujian. Metode pengujian marshall adalah metode untuk mengukur ketahanan (*stabilitas*) terhadap kelelahan (*flow*) dari campuran beraspal.. Penelitian dilakukan pada laboratorium P.T Niat Karya yang berlokasi di desa Utan, Kabupaten Sumbawa, Provinsi Nusa Tenggara Barat dan laboratorium P.T. Bunga Raya Lestari, Kabupaten Sumbawa, Provinsi Nusa Tenggara Barat. Tahapan pengujian yang dilakukan adalah sebagai berikut.

Alat dan bahan penelitian

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah timbangan dengan ketelitian 0.1 gram, saringan agregat, *Asphalt Compactor, mold, breking head, providing ring* beserta *Dial*, thermometer, wajan, spatula, kompor, *waterbath*, dan mesin uji marshall. Bahan-bahan yang digunakan adaah aspal, pasir, agregat 1/2, agregat 3/4, kapur, dan abu sekam padi.

Pengujian Bahan

Pada penelitian ini pengujian bahan yang dilakukan adalah analisis saringan, berat jenis dan penyerapan serta keasuan agregat. Setelah diperoleh sifat fisis agregat yang memenuhi standar selanjutnya bisa dilakkan pembuatan benda uji.

Pembuatan Benda Uji

Sebelum pembuatan benda uji dilakukan perhitungan perkiraan Kadar Aspal Optimum (KAO), perhitungan ini ditujukan untuk mengetahui kadar aspal yang akan digunakan dalam campuran benda uji HRS-WC. Benda uji dibuat dengan minimal ketebalan 3 cm, pertama dilakukan pembuatan benda uji dalam keadaan normal tanpa tambahan abu sekam padi, kemudian dilakukan pengujian marshal untuk mengetahui karakteristik marshal pada benda dalam keadaan normal. Setelah karakteristik marshal benda uji normal didapatkan selanjutnya pembuatan benda uji dengan penambahan abu sekam padi dengan variasi penambahan abu sekam padi adalah 0.2%, 0.4%, 0.6%, 0.8%, 1.0%, 1.2%, 1.4% terhadap total berat campuran. Setelah semua benda uji selesai dibuat dan dilakukan perendaman 24 jam, kemudian dilakukan pengujian marshal pada benda uji dengan penambahan abu sekam padi. Setelah semua nilai karakteristik marshal benda uji variasi abu sekam padi didapat, kemudian membandingkan hasil marshal benda uji normal dengan benda uji yang ditambahkan abu sekam padi

Pengujian Marshall

Benda uji yang sudah dibuat kemudian ditimbang dan di rendam 24 jam dalam keadaan jenuh. Rendam benda uji dalam *waterbath* berisi air dengan suhu 60C selama 30-40 menit, kemudian uji benda uji dengan alat uji marshal untuk mengetahui nilai stabilitas dan *flow*, masukan semua data yang diperoleh kedalam formulir marshal.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Uji Material

Proporsi agregat yang digunakan untuk campuran aspal HRS-WC pada penelitian ini sesuai dengan yang telah diatur dalam spesifikasi umum 2018 revisi 2. Agregat yang digunakan dalam campuran HRS-WC merupakan agregat gradasi senjang dengan ukuran agregat adalah 3/4, 1/2, dan pasir. Hasil dari pengujian gradasi agregat lebih detailnya bisa dilihat pada tabel berikut:

Tabel 1 Nilai Gradasi Gabungan

Uraian	Ukuran Saringan						
	1"	3/4"	1/2"	3/8"	# 8	# 30	# 200
Inc	1"	3/4"	1/2"	3/8"	# 8	# 30	# 200
Mm	25.4	19	12.7	9.5	2.36	0.6	0.075
Data Gradasi							
	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
<i>Filler</i>	0	0	0	0	0	0	0
	100.0	100.0	100.0	100.0			
Pasir	0	0	0	0	96.86	84.34	7.27
	100.0	100.0	100.0				
Batu 1/2"	0	0	0	73.85	3.12	2.76	1.99
	100.0	100.0					
Batu 3/4"	0	0	41.52	3.48	0.12	0.07	0.02
					50.02		
Kombinasi Agregat					5		
<i>Filler</i>	2%	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
Hot Bin I Abu Batu +							
Psr	49%	49.00	49.00	49.00	49.00	47.46	41.32
						3.56	

Hot Bin II Batu 1/2"	27%	27.00	27.00	27.00	19.94	0.84	0.75	0.54
Hot Bin III Batu 3/4"	22%	22.00	22.00	9.13	0.77	0.03	0.02	0.00
	100	100.0	100.0					
Total Campuran	%	0	0	87.13	71.70	50.33	44.09	6.10
spec.gradasi senjang HRS WC								
Max		100	100	100	88	62	45	10
Min		100	100	87	55	50	20	6
GRADASI IDEAL		100.0	100.0	93.5	71.5	56.0	32.5	8.0

Pada **Tabel 1** gradasi gabungan agregat didapatkan persentase agregat yang lolos pada saringan N0.8 adalah 50.33% dan yang tertahan sebesar 47.67%, sehingga didapatkan mix design dengan persentase agregat 3/4 22%, agregat 1/2 27%, pasir 49% dan *filler* 2%. Persentase kombinasi agregat HRS -WC harus sesuai dengan ketentuan spesifikasi umum 2018 revisi 2. Hasil gradasi telah mendapatkan proporsi agregat yang akan digunakan dalam campuran, kemudian dimasukkan ke dalam rumus untuk mendapatkan nilai kadar aspal optimum seperti rumus berikut:

$$Pb = (0,035 \times (CA\%)) + (0,045 \times (FA\%)) + (0,18 \times FF) + K$$

Keterangan:

CA = Coarse Aggregate (Agregat Kasar) % tertahan saringan no 8

FA = Fine Aggregate (Agregat halus) % lolos saringan No. 8

FF = Presentase filler tambahan (abu kapur)

K = Untuk Lataston 2-3

Berikut perkiraan kadar aspal optimum:

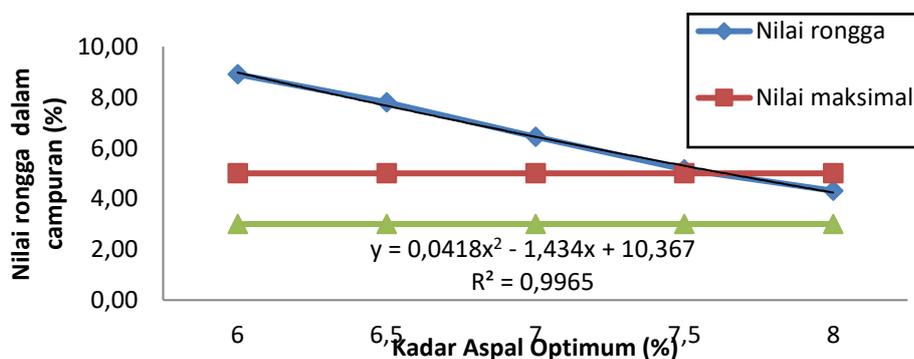
$$Pb = (0,035 \times (49,98\%)) + (0,045 \times (48,02\%)) + (0,18 \times 2.00) + 2.5$$

$$= 6,77\%$$

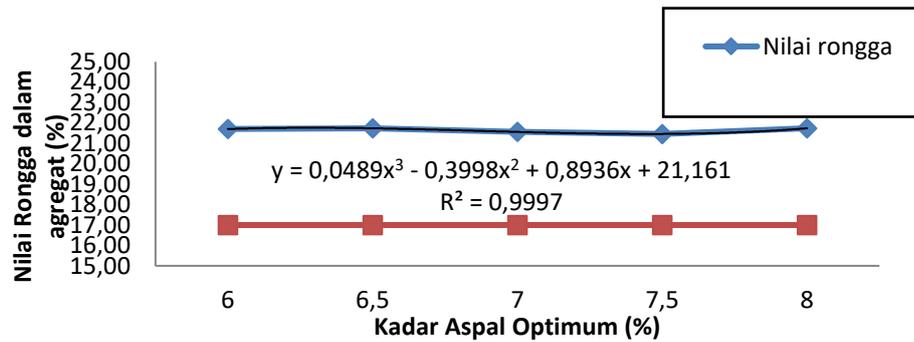
Perkiraan Kadar Aspal Optimum (KAO) yang didapatkan dari rumus adalah 6,77%. Nilai perkiraan ini dibulatkan menjadi 7% dan dibuatkan 2 perkiraan di bawah dan di atas 7% dengan selisih 0,5%. Perkiraan kadar aspal optimum yang digunakan dalam pembuatan benda uji dalam keadaan normal adalah 6.0%, 6.5%, 7.0%, 7.5% dan 8.0%. Setiap variasi kadar aspal akan dibuatkan 3 buah benda uji yang akan diuji nilai rongga dan nilai marshallnya.

Hasil Uji Marshal

Setelah tahapan pembuatan dan pengujian benda uji normal dan benda uji dengan tambahan abu sekam padi hasil yang didapatkan disajikan dalam bentuk grafik yang bisa dilihat sebagai berikut.

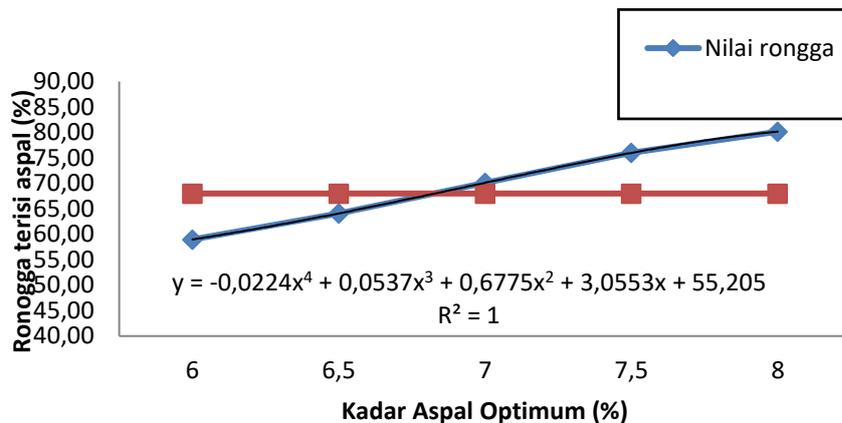


Gambar 1 Hubungan nilai KAO dengan Rongga Dalam Campuran
Pada **Gambar 1** menampilkan hasil dari perhitungan nilai rongga dalam campuran dengan variasi kadar aspal, dari ke lima variasi kadar aspal didapatkan nilai rongga dalam campuran yang memenuhi standar Spesifikasi Umum 2018 revisi 2 yaitu pada kadar aspal 8.0% dengan nilai rongga dalam campuran 4.31%.



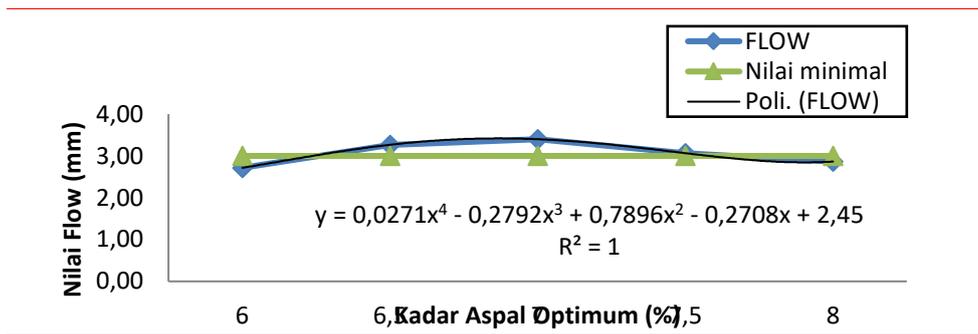
Gambar 2 Hubungan nilai KAO dengan Rongga Dalam Agregat

Gambar 2 menyajikan hasil nilai rongga dalam agregat dari menjelaskan bahwa semua kadar aspal dinyatakan memenuhi standar atau melampaui nilai minimum. Nilai minimal nilai rongga dalam agregat pada penelitian ini ditetapkan dalam spesifikasi pada angka 17 %.



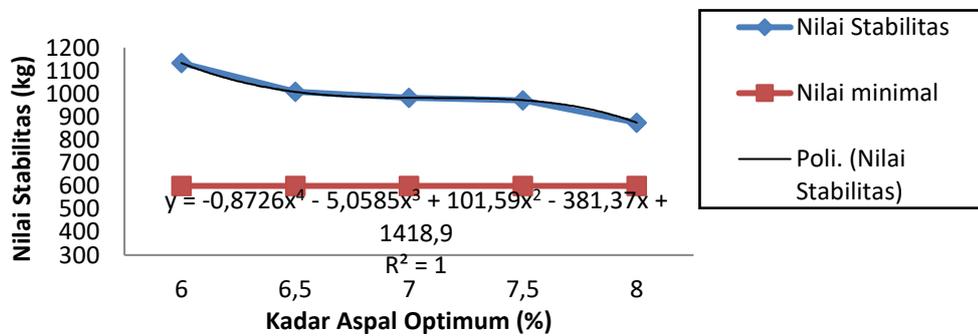
Gambar 3 nilai rongga terisi aspal

Pada **Gambar 3** nilai rongga terisi aspal pada kadar aspal 7.0%, 7.5% , dan 8.0% dinyatakan memenuhi standar sedangkan pada kadar aspal 6.0%, dan 6.5% dinyatakan tidak memenuhi nilai standar rongga terisi aspal yang ditetapkan dalam spesifikasi



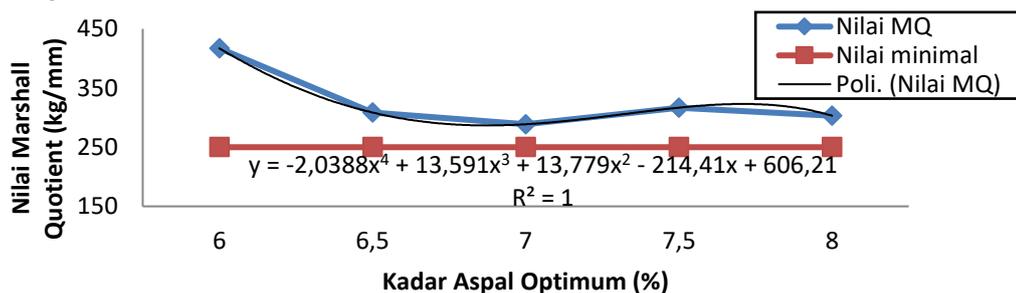
Gambar 4 Hubungan Nilai KAO dengan Nilai Flow

Pada **Gambar 4** hubungan nilai KAO dengan nilai flow bahwa pada kadar aspal 6.0% dan 8.0% dinyatakan memenuhi standar nilai maksimum sedangkan pada kadar aspal lainnya dinyatakan tidak memenuhi standar dikarenakan melebihi standar nilai maksimum.



Gambar 5 Hubungan Nilai KAO dengan Nilai Stabilitas

Pada **Gambar 5** hubungan nilai KAO dengan nilai Stabilitas Marshall menjelaskan dari kelima variasi kadar aspal memenuhi standar nilai minimal stabilitas marshall yang diatur dalam Spesifikasi dengan nilai 600 kg. Dari beberapa nilai stabilitas diatas dapat ditarik kesimpulan bahwa semakin tinggi aspal yang digunakan maka semakin rendah nilai stabilitas marshall yang didapatkan.



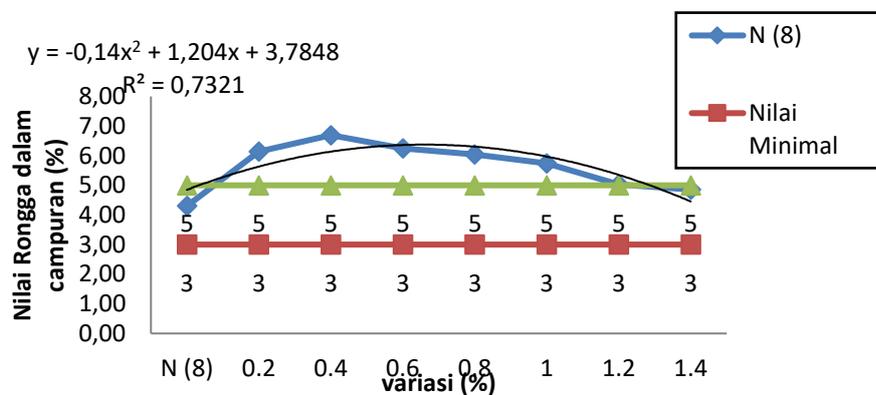
Gambar 6 Hubungan Nilai KAO dengan Nilai MQ

Nilai MQ pada **Gambar 6** didapat dari perbandingan nilai stblitas dan flow. MQ memiliki nilai stndar minimal sebesar 250kg/mm. Dari semua variasi kadar aspal di dapatkan nilai flow di atas nilai standar minimal, dan nilai MQ tertinggi terdapat pada kadar aspal 6.0% dengan nilai sebesar 417kg/mm.

Dari hasil pengujian dan olahan data, dapat di tarik kesimpulan kadar aspal yang sesuai spesifikasi umum 2018 revisi 2 dengan nilai rongga dalam campuran 4.31%, rongga dalam agregat 21.74%, rongga terisi aspal 80.16%, stabilitas

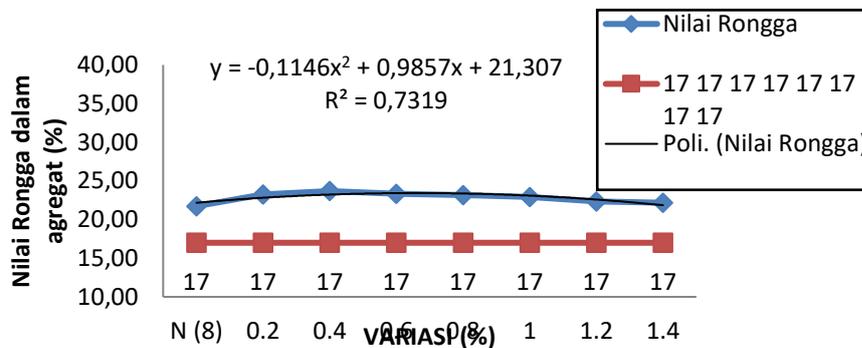
marshall 874 kg, marshall quotient 303 kg/mm, pelelehan 2.88 mm dan marshall sisa 92.29. Dari beberapa nilai pengujian mengambil kadar aspal 8.0% yang dijadikan sebagai KAO.

Setelah menemukan KAO selanjutnya melakukan pembuatan benda uji variasi abu sekam dengan kadar 0.2%, 0.4%, 0.6%, 0.8%, 1%, 1.2% dan 1.4%. Persentase abu sekam padi yang digunakan dalam campuran merupakan persentase dari berat total campuran yang digunakan. Setelah dilakukan pembuatan campuran aspal HRS-WC dengan tambahan variasi abu sekam padi. Pada setiap sampel yang telah dibuat pada setiap variasinya dilakukan pengujian untuk mendapatkan nilai Rongga, Stabilitas dan nilai Flow pada benda uji. Beberapa nilai karakteristik marshall dapat di lihat pada gambar grafik sebagai berikut:



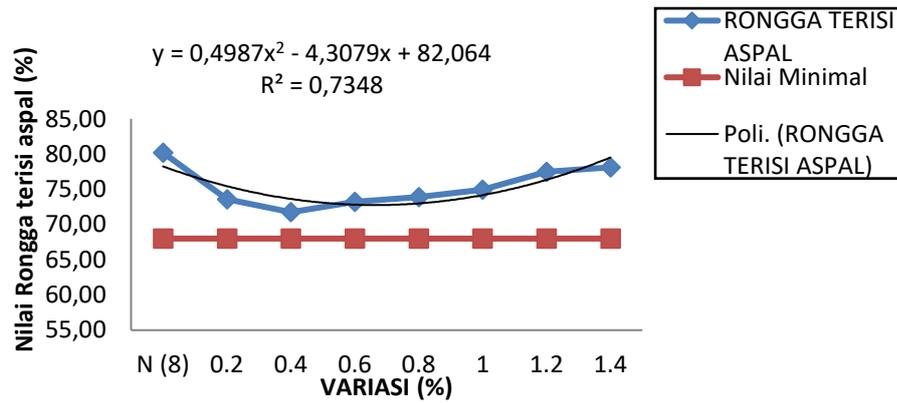
Gambar 7 Hubungan variasi dengan rongga dalam campuran

Pada **Gambar 7** hubungan variasi dengan rongga dalam campuran menjelaskan bahwa setiap penambahan abu sekam padi maka nilai rongga dalam campuran yang di dapatkan akan semakin rendah.



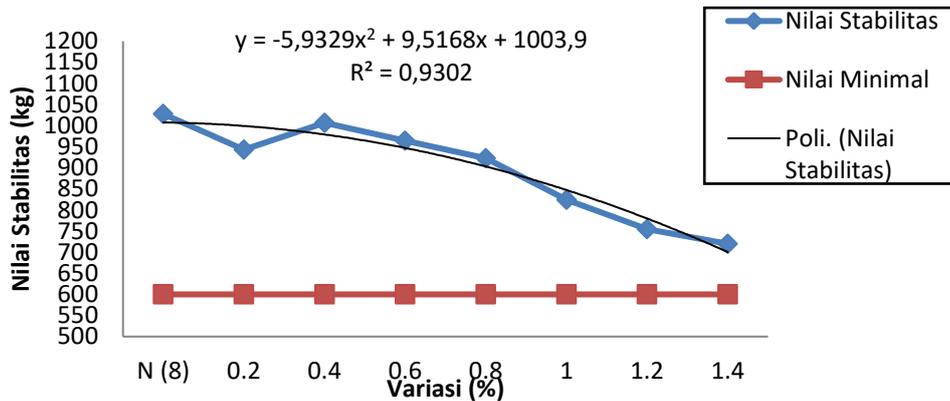
Gambar 8 Hubungan Variasi dengan Rongga Dalam Agregat

Pada **Gambar 8**, Hubungan variasi dengan nilai rongga dalam agregat menjelaskan bahwa semakin tinggi kadar abu sekam yang digunakan maka semakin rendah nilai rongga dalam agregat yang didapatkan.



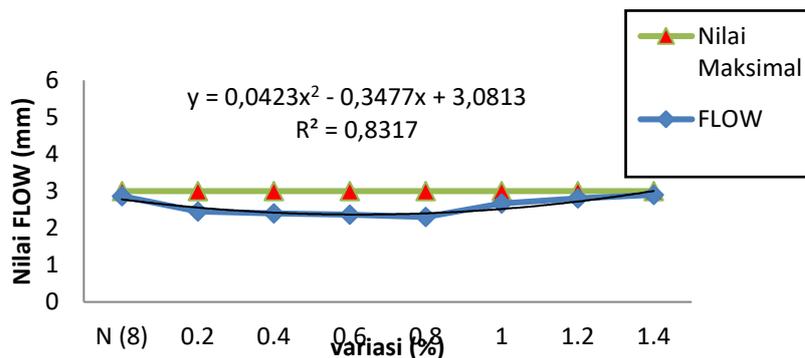
Gambar 9 Hubungan variasi dengan rongga terisi aspal

Pada Gambar 9 hubungan nilai rongga terisi aspal menjelaskan bahwa semakin tinggi kadar abu sekam yang digunakan maka semakin tinggi nilai rongga terisi aspal yang didapatkan.



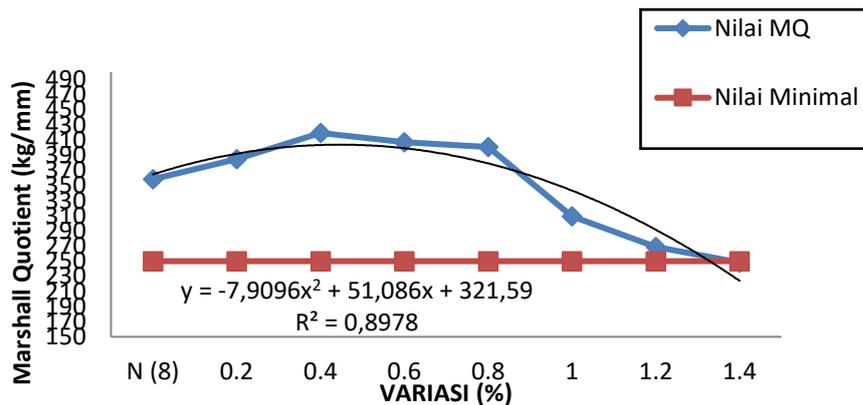
Gambar 10 Hubungan variasi dengan stabilitas

Pada Gambar 10 hubungan variasi dengan nilai stabilitas, menjelaskan bahwa semakin tinggi kadar abu sekam yang digunakan maka semakin rendah nilai stabilitas yang didapatkan.



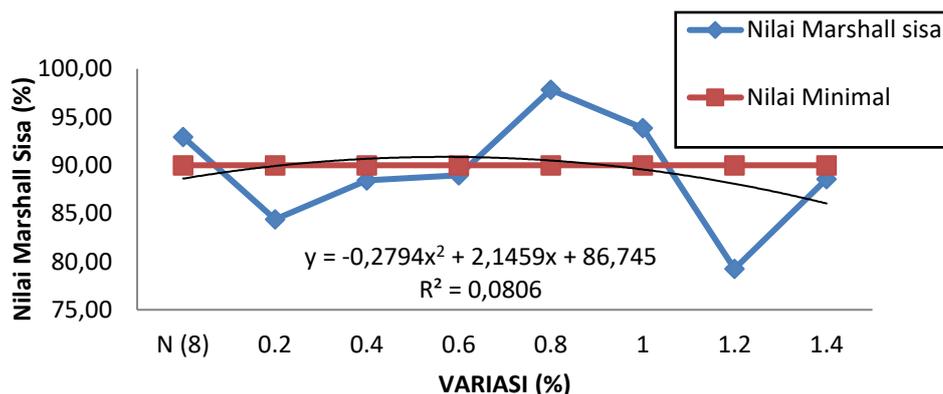
Gambar 11 Hubungan Variasi dengan Flow

Pada gambar 11 dari keseluruhan nilai flow disetiap variasi abu sekam padi dapat dikatakan memenuhi spesifikasi umum 2018 revisi 2. Dari nilai flow pada gambar 11 dapat di tarik kesimpulan bahwa nilai flow terendah terdapat pada variasi 0.8% dan nilai tertinggi terdapat pada variasi 1.4%.



Gambar 12 Hubungan Variasi dengan MQ

Pada **gambar 12** nilai MQ pada variasi 0.2% sampai variasi 1.2% dikatakan sesuai spesifikasi umum 2018 revisi 2, sedangkan pada variasi 1.4% dikatakan tidak memenuhi standar dikarenakan nilai MQ tidak melewati standar nilai minimal MQ. Dari keseluruhan nilai MQ pada gambar 12 dapat ditarik kesimpulan bahwa semakin tinggi kadar abu sekam padi maka semakin rendah nilai MQ yang didapatkan



Gambar 13 Hubungan Variasi dengan Marshall sisa

PENUTUP

Pada penelitian ini peneliti bereksperimen terhadap bahan pengisi yang menambahkan abu sekam padi dengan persentase 0.2%, 0.4%, 0.6%, 0.8%, 1%, 1.2%, dan 1.4%. Variasi kadar abu sekam padi sangat mempengaruhi nilai dari karakteristik marshall. Pada penambahan dari setiap kadar aspal semua nilai dari pengujian marshall mengalami perubahan drastis. Pada nilai VIM, VMA, VFA, Stabilitas, Marshall quotient, dan Marshall sisa untuk nilai dari variasi kadar abu sekam padi 1.4% masuk sesuai spesifikasi umum 2018 revisi 2 dibandingkan dengan variasi kadar abu sekam yang lainnya.

DAFTAR PUSTAKA

Abdullah, Z. Z., Wesli, W., & Akbar, S. J. (2017). Penggunaan Abu Batu Bara Sebagai Filler Pada Campuran Aspal Beton Ac-Bc. Teras Jurnal, 6(2), 121.

- Tenrisuki Tenriajeng, Andi. 2019. “Rekayasa Jalan Raya II.Pdf.” (REKAYASA JALAN (TSP – 214) PERENCANAAN CAMPURAN ASPAL (MIX DESIGN PRACTICE) UNIVERSITAS).
- Spesifikasi Umum Bina Marga 2018. (2020). *Spesifikasi Umum 2018 Untuk Pekerjaan Konstruksi Jalan dan Jembatan (Revisi 2)*. Oktober, 1036.
- SNI 03-1969-1990. (1990). Metode Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar. *Badan Standardisasi Nasional Indonesia*.
- Gazalie, R., Firdaus, M., & Hawinuti, R. (2017). Pengaruh Agregat Gabungan Terhadap Hasil Marshall Untuk HRS-WC Dan HRS-Base. *Jurnal Gradasi Teknik Sipil*, 1(2), 32.
- Purnomo, R. H. (2019). Design Hot Mix Formula Hrs – Wc. *Design Hot Mix Formula Hrs – Wc Dengan Menggunakan Gradasi Asphalt Institute Revisidahl,**, VOL 06, 01 , 33–37.
- Rosyidi, S. P. A., Marshall, K., Susanto, H. A., Indriyanti, E. W., Edison, B., Abdurrozak, M. R., & Mufti, D. N. (2017). Permeability Campuran Hot Rolled Sheet Wearing Course (Hrs-Wc) Dengan Filler Abu Sekam Padi Untuk Jalan. *Jurnal APTEK*, XXII(2),
- Hamzah, Rizky, A., & Kaseke, Oscar, H. (2016). “Pengaruh Variasi Kandungan Bahan Pengisi Terhadap Kriteria Marshall Pada Campuran Beraspal Panas Jenis Lapis Tipis Aspal Beton – Lapis Aus Gradasi Senjang.” *Jurnal Sipil Statik*,4(7),447–452.
- Nikodemus Tandung, Rachman, R., & Alpius. (2021). Kadar Aspal Optimum Laston Lapis Aus Menggunakan Abu Jerami Sebagai Pengganti Filler. *Paulus Civil Engineering Journal*, 3(4), 595–601.
- Ismadarni. Risman. Muh, K. (2013). Karakteritik Beton Aspal Lapis Pengikat (Ac-Bc) Yang. *Majalah Ilmiah Mektek*, 93–102.
- (Rahmawan, 2019)Rahmawan, I. I. (2019). Pengaruh Penambahan Karet Alam (Lateks) PADA Campuran Aspal HRS-WC Dengan Abu Terbang (Fly Ash) Sebagai Filler. *Narratives of Therapists’ Lives*, 138–139.
- fauzi Satyagraha. (2018). Pengaruh Penambahan Limbah Ban Dalam Bekas Kendaraan Dan Filler Limbah Karbit Pada Laston (Ac-Bc) Terhadap Karakteristik Marshall. *Pakistan Research Journal of Management Sciences*, 7(5), 1–106.
- SNI 06-2489-1991. (1991). METODE PENGUJIAN CAMPURAN ASPAL DENGAN ALAT MARSHALL. *Badan Standar Nasional Indonesia*.
- Sukirman, silvia. (2016). Beton Aspal Campuran Panas. Institut Teknologi Bandung. 1-167.
- Kementrian pekerjaan umum dan perumahan rakyat direktorat jenderal bina marga. (2017). MANUAL PERKERASAN JALAN (REVISI 2017) Nomor 02/M/BM/2017. Jakarta Selatan 1-234..