

Penggunaan limbah alam abu sekam padi sebagai bahan tambah *filler* dalam beton aspal campuran AC-BC

Sukamta Hadi Mulyono^{1*}, Muhamad Abdul Hadi¹, Giri Widhiatmoko¹

¹Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta, Indonesia

Article Info

Available online

Keywords:

Abu Sekam Padi
Bahan Tambah
AC-BC

Corresponding Author:

Sukamta Hadi Mulyono
911002132@uii.ac.id

Abstract

The development of infrastructure facilities in the present is increasingly rapid. This increase directly impacts the development of transportation, especially land transportation. In the development of land transportation, this requires sustainable road infrastructure which will require a lot of material as road material. To overcome the above problems, it is necessary to find alternative materials so that they can be utilized, available natural resources, one of which is rice husk ash waste in Kapanewon Godean, Sleman Regency, rice husk ash waste so that it can be used to meet these needs, research is needed so that it can be useful properly. Rice husk ash waste will be used as a filler in asphalt concrete AC-BC mixtures. As the main component in the AC-BC mixture is the largest portion of the aggregate which amounts to almost 93 to 95% of the unit weight, and the remaining amount of asphalt weight as a binder. The AC-BC mixture is usually used for the surface layer (wear layer) whose gradation is used continuous gradation that meets the specifications of Bina Marga 2010 Revision 2. This study aims; to determine the portion (%) of rice husk ash waste as a filler additive, and to find out the results of the study using, marshal test characteristics, so that the optimal asphalt content (KAO) will be produced. From the results of Job Mix Design (JMD) which will be carried out to produce Stability Value Flow, VMA; VFWA, VITM and optimum asphalt content (KAO). then from the KAO, samples are made which are added with rice husk ash waste with portions of 0%, 1%, 2%, 3%, 4%, 5% and 6%,

Copyright © 2024 Universitas Islam Indonesia
All rights reserved

Latar Belakang

Sejak perkembangan pembangunan di beberapa bidang, khususnya pembangunan jalan saat ini semakin meningkat. Peningkatan ini secara langsung membawa dampak pada perkembangan dibidang transportasi, khususnya transpotasi darat. Dalam pembangunan transportasi darat ini membutuhkan prasarana jalan berkelanjutan akan membutuhkan material sebagai bahan jalan yang cukup banyak. Material tersebut semakin lama bisa berkurang akibat banyaknya penggunaan, untuk menganatipikasi masalah tersebut perlu dibutuhkan alternatif penggunaan jenis

material yang bisa digunakan untuk perkerasan jalan, oleh sebab itu diperlukan adanya penelitian atau percobaan agar bisa menyelesaikan masalah tersebut diatas sekaligus bisa memberikan alternatif sumber daya alam yang tersedia bisa secara optimal untuk mewujudkan kebutuhan tersebut, yang bisa digunakan untuk perkerasan Jalan.

Alternatif sumber daya alam tersebut adalah limbah alam abu sekam padi, Limbah alam abu sekam padi, banyak kita jumpai di daerah Kapanewon Godean, sebab didaerah tersebut ada home indrustri pembuatan genteng, dan batu bata merah, dari industri tersebut menghasilkan limbah yaitu abu sekam padi. Limbah tersebut selama ini belum

dimanfaatkan secara optimum oleh masyarakat sekitar Kapanewon Godean, oleh sebab itu perlu diadakan penelitian pemanfaatan limbah alam abu sekam padi tersebut, sebagai material perkerasan jalan khususnya sebagai pengganti *filler*, untuk perkerasan jalan campuran AC-BC

Limbah alam abu sekam padi selama ini baru digunakan untuk tanaman yang dipot yang dicampur dengan tanah, dan lain-lain. Adapun limbah alam abu sekam padi dari hasil pembakaran bata merah dan pembakaran genteng, belum banyak digunakan sebab berbutir halus dan berwarna keabu-abuan.



Gambar 1. Limbah Alam Sekam Padi dari pembakaran Genteng dan Bata Merah di Kapanewon Godean Kab. Sleman, DIY



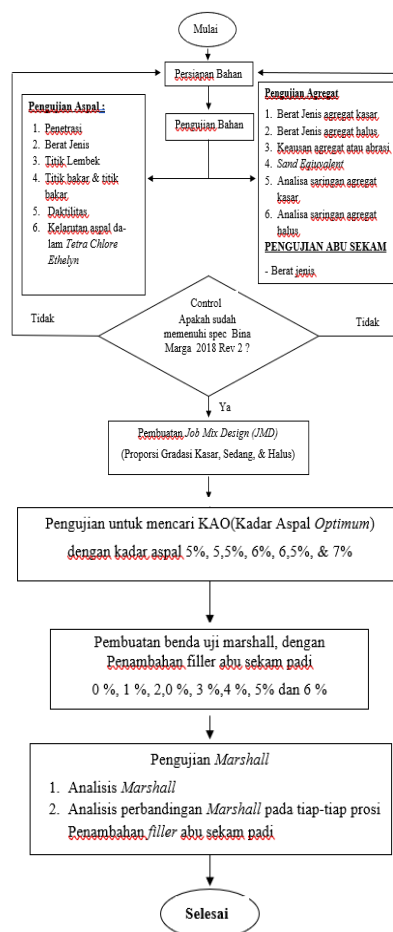
Gambar 2. Abu Sekam Padi

Dari Gambar 1 dan 2 dapat dilihat bisa dilihat proses pembakaran batu bata merah, dan limbah abu sekam padinya, berbutiran halus, dan berwarna keabu-abuan.

Oleh karena limbah alam abu sekam padi, sebagai bahan tambah filier perlu dilakukan penelitian untuk mengetahui apakah kualitas limbah alam abu sekam padi bisa dipakai untuk bahan perkerasan jalan dengan campuran AC-BC. Dengan pertimbangan diatas, maka perlu dicoba untuk penelitian tentang penggunaan limbah alam abu sekam padi sebagai bahan tambah *filler* agregat halus dalam campuran beton aspal AC-BC.

Metode Pengujian Penelitian

Metode penelitian menggunakan bagan alir dibawah ini.



Gambar 3. Bagan Alir

Setelah dilakukan pengujian gradasi (Analisa saringan agregat kasar dan halus) didapatkan data seperti pada Tabel 1 , 2 dan 3 berikut ini.

Tabel 1. Analisis Saringan Agregat Kasar (*Coarse Aggregate*)

Sieve		Berat (gram)		Persen (%)		Sieve		Berat (gram)		Persen (%)	
Inchi	mm	Tertahan	Σ Tertahan	Tertan	Lolos	Inchi	mm	Tertahan	Σ Tertahan	Tertan	Lolos
1	25,0	0,00	0,00	0,00	100,0	1,00	25,0	0,00	0,00	0,00	100,0
3/4	19,0	116,63	116,63	7,59	92,41	3/4	19,0	117,38	117,38	7,60	92,40
1/2	12,5	705,29	821,92	53,47	46,53	1/2	12,7	706,04	823,42	53,28	46,72
3/8	9,50	545,81	1.367,72	88,98	11,02	3/8	9,50	546,56	1.369,97	88,65	11,35
# 4	4,75	135,48	1.503,20	97,79	2,21	# 4	4,75	136,23	1.506,20	97,46	2,54
# 8	2,38	20,78	1.523,98	99,14	0,86	# 8	2,38	21,53	1.527,73	98,86	1,14
# 16	1,19	5,90	1.529,88	99,53	0,47	# 16	1,19	6,65	1.534,38	99,29	0,71
# 30	0,59	1,60	1.531,48	99,63	0,37	# 30	0,59	2,35	1.536,73	99,44	0,56
# 50	0,30	0,74	1.532,21	99,68	0,32	# 50	0,30	1,49	1.538,21	99,53	0,47
# 100	0,15	1,04	1.533,25	99,75	0,25	# 100	0,15	1,79	1.540,00	99,65	0,35
# 200	0,07	1,88	1.535,12	99,87	0,13	# 200	0,07	2,63	1.542,62	99,82	0,18
Pan	0	2,04	1.537,16	100,00	0,00	Pan	0	2,79	1.545,41	100,00	0,00

Tabel 2. Analisis Saringan Agregat Kasar (*Medium Aggregate*)

Sieve		Berat (gram)		Persen (%)		Sieve		Berat (gram)		Persen (%)	
Inchi	mm	Tertahan	Σ Tertahan	Tertan	Lolos	Inchi	mm	Tertahan	Σ Tertahan	Tertan	Lolos
1	25,0	0	0,00	0,00	100,00	1,00	25,0	0,00	0,00	0,00	100,00
3/4	19,0	0	0,00	0,00	100,00	3/4	19,0	0,00	0,00	0,00	100,00
1/2	12,5	0,00	0,00	0,00	100,00	1/2	12,7	0,57	0,57	0,03	99,97
3/8	9,50	183,56	183,56	10,24	89,76	3/8	9,50	184,13	184,70	10,27	89,73
# 4	4,75	927,48	1.111,04	61,95	38,05	# 4	4,75	928,05	1.112,75	61,85	38,15
# 8	2,38	548,52	1.659,56	92,54	7,46	# 8	2,38	549,09	1.661,84	92,37	7,63
# 16	1,19	67,8	1.727,36	96,32	3,68	# 16	1,19	68,37	1.730,21	96,17	3,83
# 30	0,59	15,825	1.743,19	97,20	2,80	# 30	0,59	16,40	1.746,61	97,08	2,92
# 50	0,30	10,14	1.753,33	97,76	2,24	# 50	0,30	10,71	1.757,32	97,68	2,32
# 100	0,15	12,645	1.765,97	98,47	1,53	# 100	0,15	13,22	1.770,53	98,41	1,59
# 200	0,07	15,915	1.781,89	99,36	0,64	# 200	0,07	16,49	1.787,02	99,33	0,67
Pan	0	11,55	1.793,44	100,00	0,00	Pan	0	12,12	1.799,14	100,00	0,00

Tabel 3. Analisis Saringan Agregat Halus (*Fine Aggregate*)

Sieve		Berat (gram)		Persen (%)		Sieve		Berat (gram)		Persen (%)	
Inchi	mm	Tertahan	Σ Tertahan	Tertan	Lolos	Inchi	mm	Tertahan	Σ Tertahan	Tertan	Lolos
1	25,0	0	0,00	0,00	100,00	1,00	25,0	0,00	0,00	0,00	100,00
3/4	19,0	0	0,00	0,00	100,00	3/4	19,0	0,00	0,00	0,00	100,00
1/2	12,5	0,00	0,00	0,00	100,00	1/2	12,7	0,57	0,57	0,03	99,97
3/8	9,50	183,56	183,56	10,24	89,76	3/8	9,50	184,13	184,70	10,27	89,73
# 4	4,75	927,48	1.111,04	61,95	38,05	# 4	4,75	928,05	1.112,75	61,85	38,15
# 8	2,38	548,52	1.659,56	92,54	7,46	# 8	2,38	549,09	1.661,84	92,37	7,63
# 16	1,19	67,8	1.727,36	96,32	3,68	# 16	1,19	68,37	1.730,21	96,17	3,83
# 30	0,59	15,825	1.743,19	97,20	2,80	# 30	0,59	16,40	1.746,61	97,08	2,92
# 50	0,30	10,14	1.753,33	97,76	2,24	# 50	0,30	10,71	1.757,32	97,68	2,32
# 100	0,15	12,645	1.765,97	98,47	1,53	# 100	0,15	13,22	1.770,53	98,41	1,59
# 200	0,07	15,915	1.781,89	99,36	0,64	# 200	0,07	16,49	1.787,02	99,33	0,67
Pan	0	11,55	1.793,44	100,00	0,00	Pan	0	12,12	1.799,14	100,00	0,00

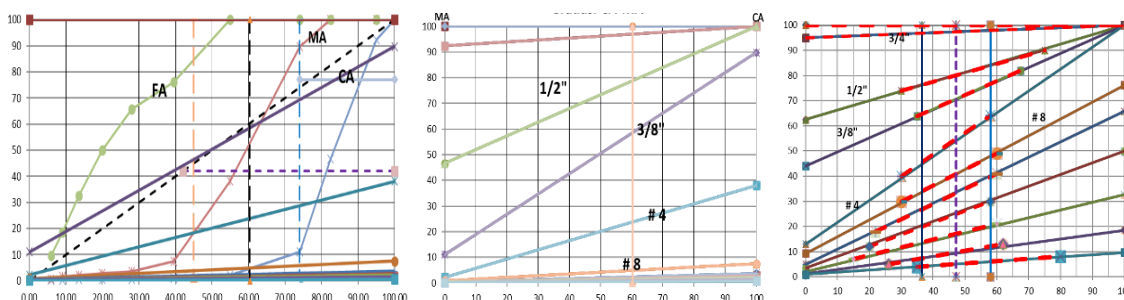
Cara membuat Job Mix Design (JMD)

Data hasil pengujian analisa saringan agregat kasar, agregat sedang, dan agregat halus pada Tabel 1,2 dan 3 menjadi dasar membuat JMD.

JMD (*Job Mix Design*), ini agregat halusnya lebih banyak dibandingkan dengan agregat kasar, sebab agregat halus berguna untuk mengisi rongga-rongga antar agregat. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat Tabel 4 dan 5.

Langkah berikutnya adalah mencari komposisi persentase masing-masing agregat kasar (*Coarse Agregate*), agregat sedang (*Medium Agregate*), dan agregat halus (*Filler Agregat*), harus memenuhi spesifikasi AC-BC

dengan cara *trial and error* yaitu dicoba-coba, sehingga hasil campurannya masuk didalam memenuhi spesifikasi AC-BC, terbaca pada Gambar 4 berikut ini.



Gambar 4. Grafik Penentuan Porsi Agregat

Dari Gambar 4 sudah didapat porsi masing-masing agregat kasar (CA) sebesar 20,92%, agregat sedang sebesar 31,83 %, dan agregat

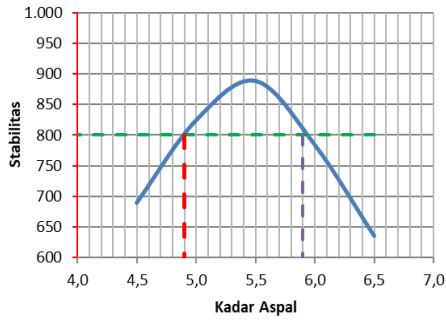
halus sebesar 47,25 yang dapat dilihat pada Tabel 4 dan 5 berikut ini

Tabel 4. Perhitungan Porsi Masing – Masing Agregat Kasar dan Agregat Halus

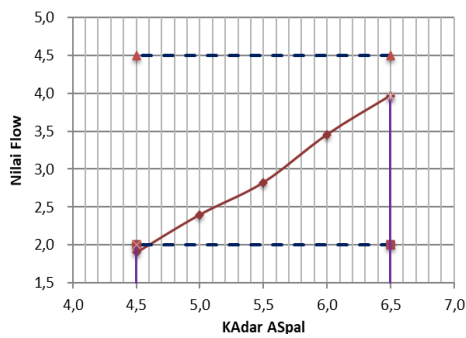
Sieve	1	3/4	1/2	3/8	# 4	# 8	# 16	# 30	# 50	# 100	# 200
CA-1	100,0	92,409	46,624	11,188	2,374	1,001	0,594	0,466	0,394	0,303	0,157
0,2092	20,92	19,332	9,754	2,340	0,497	0,209	0,124	0,097	0,082	0,063	0,033
MA	100,0	100,00	99,98	89,749	38,100	7,548	3,758	2,861	2,280	1,561	0,659
0,3183	31,83	31,830	31,82	28,567	12,127	2,403	1,196	0,911	0,726	0,497	0,210
FA	100,0	100,00	100,00	100,00	100,00	76,151	65,761	49,951	32,618	18,585	9,684
0,4725	47,25	47,250	47,250	47,250	47,250	35,981	31,072	23,602	15,412	8,782	4,576
1,00	100,00	98,41	88,83	78,16	59,87	38,59	32,39	24,61	16,22	9,34	4,82
Spec Ats	100,00	100,00	90,00	82,00	64,00	49,00	38,00	28,00	20,00	13,00	8,00
Spec Bwh	100,00	90,00	75,00	66,00	46,00	30,00	18,00	12,00	7,00	5,00	4,00
Kontrol	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok

Tabel 5. Komposisi Berat Masing – Masing Agregat dan Aspal

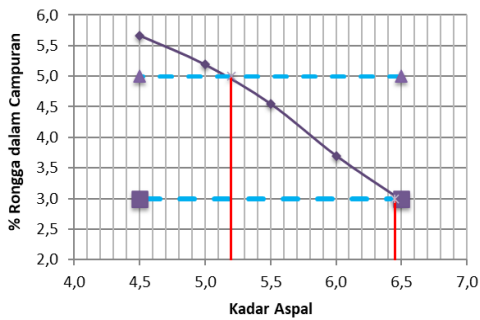
Berat Agregat (gr)	1146,00	1140,00	1134,00	1128,00	1122,00
Aspal %	4,5	5	5,5	6	6,5
Berat aspal (gr)	54	60	66	72	78
CA (%)	20,92	239,74	238,49	237,23	235,98
MA (%)	31,83	364,77	362,86	360,95	359,04
FA (%)	47,25	541,49	538,65	535,82	532,98
Berat Agregat CA,MA,FA, Sand	1146,00	1140,00	1134,00	1128,00	1122,00
Total Campuran	1200,00	1200,00	1200,00	1200,00	1200,00



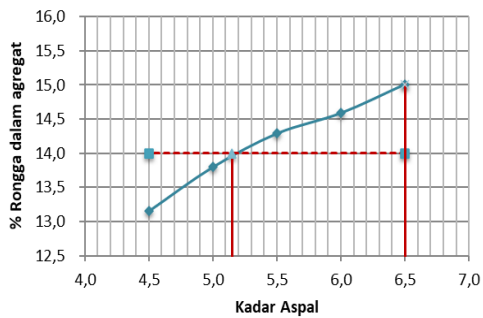
Gambar 5. Hubungan Kadar Aspal dan Stabilitas



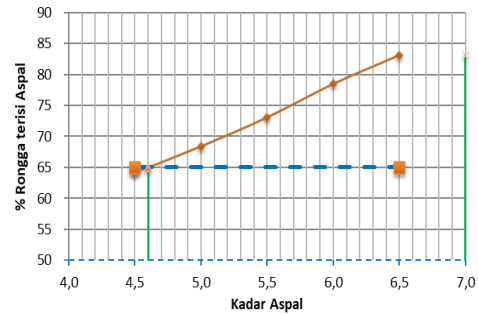
Gambar 6. Hubungan Kadar Aspal dan Flow



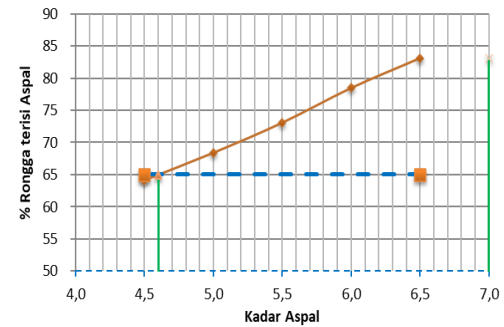
Gambar 7. Hubungan Kadar Aspal dan VFA



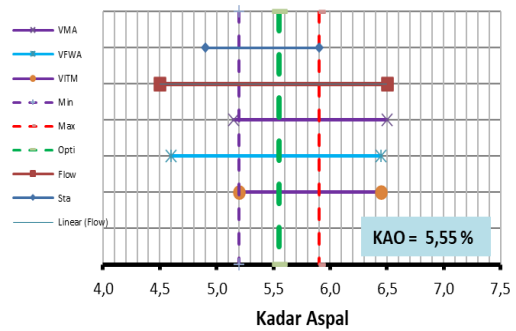
Gambar 8. Hubungan Kadar Aspal dan VTM



Gambar 9. Hubungan Kadar Aspal dan VMA



Gambar 10. Hubungan Kadar Aspal dan VFWA



Gambar 11. Grafik Penentuan Kadar Aspal Optimum

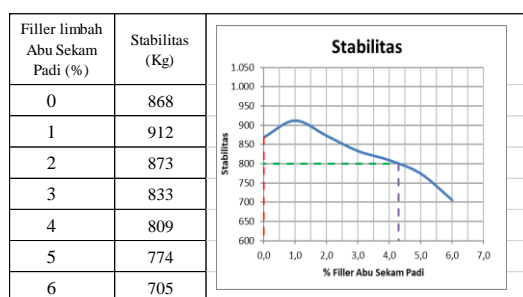
Dari hasil pengujian *Marshal test* mendapatkan Kadar Aspal Optimum (KAO) sebesar 5,55 %. Langkah selanjutnya membuat sampel dengan menambahkan limbah abu sekam padi dengan variasi 0 %, 1%, 2%, 3% , 4%, 5% , dan 6%, dengan KAO 5,55 %, dengan hasil dibawah ini. Komposisi berat masing-masing agregat, *filler* abu sekam padi, dan aspal

Tabel 6. Komposisi Berat Masing – Masing Agregat, *Filler* Abu Sekam Padi, dan Aspal

Berat Agregat (gr)	1134,4	1134,4	1134,4	1134,4	1134,4	1134,4	1134,4	
Aspal %	5,55	5,55	5,55	5,55	5,55	5,55	5,55	
Berat aspal (gr)	66,60	66,60	66,60	66,60	66,60	66,60	66,60	
CA (%)	20,92	237,11	237,11	237,11	237,11	237,11	236,86	
MA (%)	31,83	360,76	360,76	360,76	360,76	360,76	360,38	
FA (%)	47,25	535,53	535,53	535,53	535,53	535,53	534,96	
Filler Abu Sekam (%)	0,00	0,00	1,00	2,00	3,00	4,00	5,00	6,00
Berat Filler Abu sekam	0,00	12,00	24,00	36,00	48,00	60,00	72,00	
Total Campuran	1200,00	1212,00	1224,00	1236,00	1248,00	1260,00	1272,00	

Dari hasil pengujian *Marshall tes* pada Gambar 5-10 didapat 5 (lima) karakteristik dengan kadar aspal dan kadar limbah abu sekam padi yang berbeda. Variasi kadar kadar limbah abu sekam padi yang berbeda, masing-masing benda uji dibuat 3 sampel, untuk mendapatkan kadar limbah abu sekam padi optimum (KLASPO).

Hasil dan Pembahasan



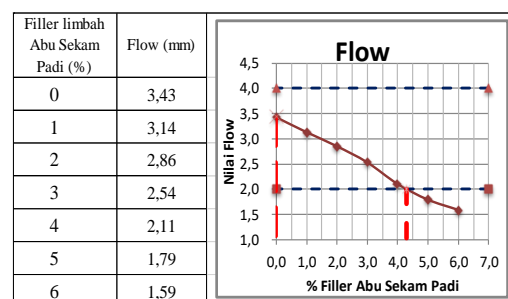
Gambar 12. Hubungan Kadar *Filler* Abu Sekam Padi dan Stabilitas

Stabilitas adalah kemampuan perkerasan aspal untuk menahan depormasi akibat beban lalu lintas di atasnya tanpa menyebabkan perubahan bentuk seperti alur, gelombang atau *bleeding*. Stabilitas pada pengujian *Marshall* adalah kemampuan suatu campuran untuk menerima beban sampai terjadi keruntuhan yang dinyatakan dalam satuan kilogram (kg). Nilai stabilitas tergantung pada gradasi agregat, bentuk permukaan agregat, kualitas aspal, serta kepadatan campuran beton aspal.

Nilai stabilitas menunjukkan besarnya kemampuan menahan beban berbanding lurus dengan naiknya kadar aspal sampai batas tertentu (batas optimum) dan turun

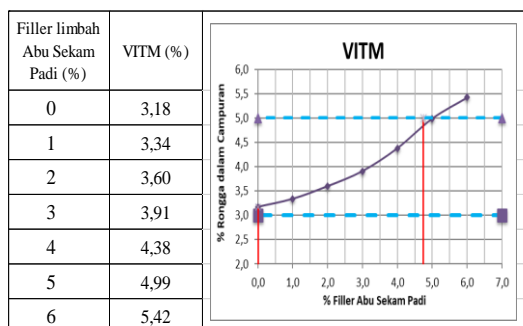
setelah melampaui batas optimum, hal ini terjadi sebab aspal sebagai bahan pengikat antara agregat, dan berfungsi sebagai pelicin setelah melewati batas optimum.

Dari hasil penelitian pada Gambar 12 menunjukkan bahwa semakin banyaknya penambahan limbah *filler* abu sekam padi nilai stabilitas mengalami penurunan, pada kadar limbah *filler* abu sekam padi sebanyak 4,3 %, yang masih memenuhi pesyaratan spesifikasi Bina Marga 2010 Revisi III, nilai stabilitas yang disyaratkan adalah minimal 800 kg, Sedangkan hasil pengujian *Marshall* nilai stabilitasnya minimum 705 kg, dan nilai stabilitas maksimum 868 kg.



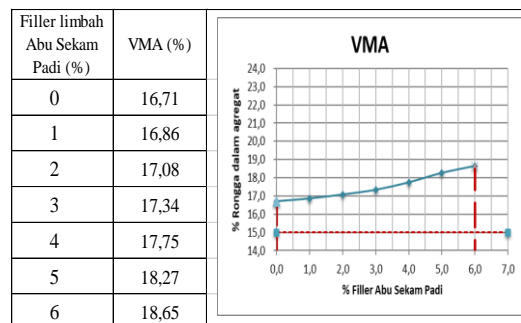
Gambar 13. Hubungan Kadar *Filler* Abu Sekam Padi dan *Flow*

Flow ialah ketahanan dari lapis beton aspal dalam menerima beban berulang tanpa terjadinya kelelahan berupa retak dan alur, hal ini tercapai jika digunakan kadar aspal yang optimum. Beton aspal yang mempunyai nilai *flow* rendah, beton aspal bersifat kaku dan elisitas, sedangkan bila nilai *flow*nya tinggi beton aspal akan bersifat mudah berubah bentuknya (*bleeding*) dalam spesifikasi Bina Marga 2010 Revisi III, nilai *flow* yang disyaratkan adalah 2 – 4 mm. Dari hasil penelitian pada Gambar 13 menunjukkan bahwa nilai *flow* yang memenuhi spesifikasi Bina Marga 2018 Revisi III, pada limbah abu sekam padi adalah 0 - 4,3 %, sedangkan hasil penelitiannya *marshall* nilai *flow* minium 1,59 mm, dan nilai *flow* maksimum 3,43 mm.



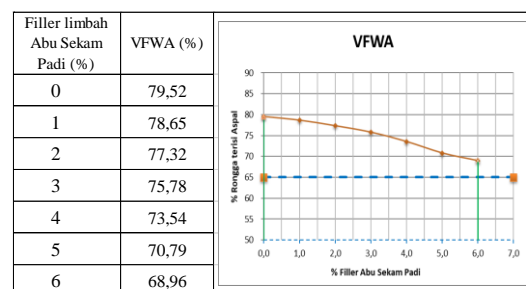
Gambar 14. Hubungan Kadar *Filler* Abu Sekam Padi dan *VITM*

Rongga udara dalam campuran adalah banyaknya pori diantara butir-butir agregat yang diselimuti aspal, atau jumlah rongga udara dalam beton aspal. Bentuk agregat dan nilai penyerapan, agregat akan mempengaruhi pada nilai rongga udara dalam campuran. Semakin banyak kadar aspal dalam campuran nilai rongga udara dalam campuran akan semakin kecil. Nilai rongga udara dalam campuran (*VITM*) dinyatakan dalam prosentase, nilai rongga udara dalam campuran (*VITM*). dalam Spesifikasi Bina Marga 2018 Revisi III, disyaratkan adalah minimal 3 %, dan maksimal 5 %. Sedangkan nilai hasil penelitian pada Gambar 14 adalah kadar *filler* abu sekam padi 0 – 4,9 % dengan hasil minimum 3,18 % dan maksimum 3,42 %.



Gambar 15. Hubungan Kadar *Filler* Abu Sekam Padi dan *VMA*

VMA adalah banyaknya pori diantara butir-butir agregat di dalam campuran beton aspal padat, dinyatakan dalam persentase (%). *VMA* dan *VITM* merupakan indikator durabilitas. Dalam spesifikasi Bina Marga 2018 Revisi III, nilai *VMA* (*Void in the Mineral Agregate*) yang disyaratkan adalah minimal 15 %. Sedang hasil penelitian pada Gambar 15 adalah *VMA* minimal 16,71 % dan *VMA* makimal 18,65 %.

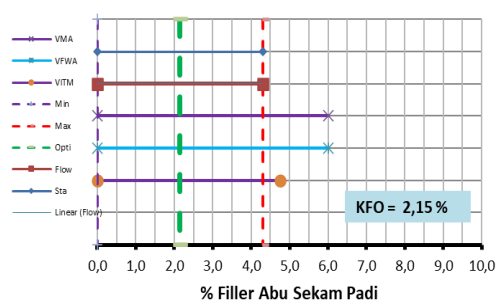


Gambar 16. Hubungan Kadar *Filler* Abu Sekam Padi dan *VFWA*

VFWA (*Void Filled With Asphalt*) adalah jumlah rongga yang terisi aspal yang dinyatakan dalam persentase aspal terhadap rongga. Nilai *VFWA* berpengaruh pada kekedapan campuran terhadap air dan udara yang akan mempengaruhi keawetan campuran beton aspal. Nilai *VFWA* yang terlalu rendah menunjukkan campuran tersebut mempunyai banyak rongga yang tidak terisi aspal, hal ini akan campuran bersifat porous akan menyebabkan air dan udara mudah masuk dalam campuran akan mengakibatkan oksidasi aspal sehingga akan mempengaruhi keawetan suatu campuran. Sebaliknya semakin tinggi nilai *VFWA* menunjukkan banyak rongga yang terisi aspal

sehingga campuran tersebut kedap terhadap air dan udara.

Dalam spesifikasi Bina Marga 2010 Revisi III, nilai *VFWA* yang disyaratkan adalah minimal 65 %, sedangkan hasil penelitiannya adalah *VFWA* mengalami penurunan akibat penambahan limbah *filler* abu sekam padi, hal ini disebabkan adanya penambahan *filler* abu sekam padi yang mengisi rongga-rongga tersebut, hasil penelitian tanpa limbah *filler* abu sekam padi Nilai *VFWA* 79,52 %, sedangkan penambahan limbah *filler* abu sekam padi pada kadar 6 % Nilai *VFWA* 68,96 %.



Gambar 17. Grafik Penentuan KLSAP-O

Proses penentuan Kadar Limbah Abu Sekam Padi Optimum (KLSAP-O) yaitu suatu campuran beton aspal yang terdiri dari agregat gabungan dengan komposisi sama dengan *Job Mix Design*, dicampur dengan aspal dan ditambah limbah abu sekam padi yang kadarnya berbeda yang harus memenuhi karakteristik *Marshal test*, yaitu : *Stability*, *Flow*, *VITM* (Rongga udara dalam Udara), *VMA*, *VFWA*, yang masing-masing karakteristik mempunyai batas minimum dan maksimum. Untuk menghitung kadar Limbah Abu Sekam Padi Optimum (KLASPO) adalah dari hasil *Marshal* didapat nilai kadar kadar Limbah Abu Sekam Padi minimum dan maksimum, dari hasil tersebut dijumlahkan hasilnya di bagi dua.

Kesimpulan

Setelah melakukan penelitian Penggunaan Limbah Abu Sekam Padi, di Laboratorium Jalan Raya FTSP UII, sebagai bahan tambahan dalam campuran *Asphalt*

Concrete-Binder Course (AC-BC) memiliki beberapa kesimpulan antar lain :

Porsi komposisi campuran AC-BC :

Agregat Kasar (CA)	= 20,92 %
Agregat Sedang (MA)	= 31,83 %
Agregat Halus (FA)	= 47,25 %
Aspal sebesar	= 5,65 %
Limbah Abu Sekam Padi	= 2,15 %.

Setelah dilakukan penelitian penggunaan limbah abu sekam padi sebagai bahan tambah *filler*, dari variasi 0 – 6 %, yang memenuhi karakteristik *Marshal test* adalah antar 0 – 4,3 % artinya penambahan *filler* limbah abu sekam padi paling banyak 4,3 % dari total campuran *Asphalt Concrete - Binder Course (AC-BC)*, sehingga *filler* limbah abu sekam padi optimumnya adalah 2,15 %.

Daftar Pustaka

- Abdurrozak, M.R., & Azanna, D.O., 2017, Pengaruh Penambahan Abu Sekam Padi terhadap Kapasitas Dukung Pondasi Dangkal pada Tanah Gambut, Jurnal Teknisia, Volume XXII No.1, UII, Yogyakarta.
- Alfian Malik, Annual Civil Engineering Seminar 2015, Pekan Baru ISBN : 978-979-792-636-6, Pengaruh penggunaan agregat pasir alam terhadap kinerja lapisan permukaan *Asphalt Treated Base (ATB)* properties
- Bina Marga, (1987), Petunjuk Pelaksanaan Lapis Aspal Beton (LASTON). Yayasan Penerbit PU, Jakarta.
- Kementerian Pekerjaan Umum, Direktorat Jendral Bina Marga, Spesifikasi Bina Marga tahun 2010 Revisi II tahun 2012, DPU RI.
- Nugroho, T. (2022). *Manfaat Abu Sekam Padi dalam Campuran Aspal Beton*. *Jurnal Teknik Sipil*, [Online]. Available: <https://journal.example.com/nugroho-abu-sekam>
- SNI 03-1974-1990, (1990). *Spesifikasi Agregat untuk Campuran Aspal Beton*. Badan Standardisasi Nasional

Subarkah. (2015), Modul Kuliah Bahan Perkerasan Jalan (+ Pr). Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta.

Sukanto HM, Laporan penelitian Cara membuat Job Mix Design (JMF) beton aspal campuran AC-WC.

Sukirman, (1999) Perkerasan lentur Jalan Raya, Penerbit Nova, Bandung

Widhiarto, H., Andriawan, A.H., & Matulesy, A., 2015., Stabilisasi Tanah Lempung Ekspansif dengan Menggunakan Campuran Abu-Sekam dan Kapur, Jurnal Pengabdian LPPM Untag, Surabaya.