

PENGARUH PEMANFAATAN ABU FIBER LIMBAH KELAPA SAWIT SEBAGAI FILLER PADA CAMPURAN ASPALT CONCRETE WEARING COURSE (AC – WC)

Alparo Misba Putra¹⁾, Okma Yendri²⁾, Addy Sumarsono³⁾

Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik

Jln.Simpang Air Satan Desa Muara Beliti BaruKecamatan Muara Beliti Kabupaten Musi Rawas

Sum-sel

Email : alparoputra6@gmail.com

Email okmayendri@gmail.com

Email : addysumarsono93@gmail.com

ABSTRAK

Karena ketersediaan tandan kosong serat (fiber) atau tandan buah kosong (TBK) yang ada di beberapa Kecamatan Musi Rawas Utara salah satunya di PT. Dendi Marker cukup melimpah yaitu per 11 Februari 2024 sebanyak 577.467 kg sehingga perlu pengolahan supaya tidak menimbulkan masalah lingkungan seperti pencemaran udara seperti mengeluarkan bau menyengat ketika tandan buah kosong basah atau lembab. Tujuan dari penelitian ini yaitu Mengetahui karakteristik campuran AC – WC dan agregat setelah dicampurkan dengan limbah abu fiber kelapa sawit sebagai bahan pengisi (filler) dan Mengetahui Kadar aspal optimum pada campuran campuran AC – WC dengan bahan pengisi filler abufiber kelapa sawit. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimental terhadap jumlah sampel yang akan diuji untuk mencari kadar aspal optimum (KAO) dengan bahan tambah abu fiber limbah kelapa sawit. Untuk penggunaan abu fiber berdampak meningkatnya nilai VFB pada variasi 1,5% dan 2,00%. Nilai VFB sudah memenuhi persyaratan minimal 65%. Penggunaan abu fiber juga mengakibatkan nilai stabilitas Marshall meningkat dari KAO pada variasi 0,50%, 1,00%, 1,50% dan 2,00%. Penggunaan abu fiber limbah kelapa sawit juga mengakibatkan nilai stabilitas Marshall meningkat dari KAO pada variasi 0%; 0,50%; 1,00%; 1,50% dan 2,00%. Sedangkan pada nilaikelelahan (flow) cenderung memiliki nilai kenaikan nilai flow sudah memenuhi persyaratan minimal 2 mm. Sedangkan Nilai kelenturan (MQ) nilai pada variasi campuran abu fiber limbah kelapa sawit 0,50%, menurun dari KAO dan pada angka variasi 1,00%, 1,50% dan 2,00% ada peningkatan cukup signifikan. Kadar aspal optimum (KAO) sebesar 5,70%. penggunaan abu fiber limbah kelapa sawit terhadap campuran aspal beton lapis AC-WC menggunakan kadar aspal optimum (KAO) 5,70%dengan masing-masing variasi campuran abu fiber 0,50% 1,00%, 1,50% dan 2,00% dari total berat campuran aspal beton lapis AC-WC, Hasil pengujian Rancangan Campuran Laston Asphalt Concrete - Wearing course.

Kata Kunci : Asphalt Concrete – Wearing Course (AC – WC) abu fiber limbah kelapa sawit, Kadar Aspal Optimum (KAO)

ABSTRACT

Due to the availability of empty fruit bunches (fiber) or empty fruit bunches (TBK) in several North Musi Rawas Districts, one of which is at PT. Dendi Marker is quite abundant, namely as of 11 February 2024, it was 577,467 kg, so it needs processing so that it doesn't cause environmental problems such as air pollution, such as emitting a strong odor when empty fruit bunches are wet or damp. The aim of this research is to determine the characteristics of the AC - WC mixture and aggregate after mixing it with palm fiber ash waste as a filler and to determine the optimum asphalt content in the AC - WC mixture with palm fiber ash filler. The method used in this research is an experimental method for the number of samples that will be tested to find the optimum asphalt content (KAO) with the addition of palm oil waste fiber ash. The use of fiber ash has an impact on increasing the VFB value with variations of 1.5% and 2.00%. The VFB value meets the minimum requirements of 65%. The use of fiber ash also resulted in an increase in the Marshall stability value of KAO at variations of 0.50%, 1.00%, 1.50% and 2.00%. The use of palm oil waste fiber ash also resulted in an increase in the Marshall stability value of KAO at the 0% variation; 0.50%; 1.00%; 1.50% and 2.00%. Meanwhile, the melting value (flow) tends to have an increase in the flow value that meets . minimum requirements of 2 mm. Meanwhile, the flexibility value (MQ) value for variations in the palm oil waste fiber ash mixture was 0.50%, decreased from KAO and at variations of 1.00%, 1.50% and 2.00% there was a significant increase. The optimum asphalt content (KAO) is 5.70%. The use of palm oil waste fiber ash in the AC-WC coated asphalt concrete mixture uses an optimum asphalt content (KAO) of 5.70% with each fiber ash mixture variation of 0.50%, 1.00%, 1.50% and 2.00. % of the total weight of the AC-WC coated asphalt concrete mixture, Laston Asphalt Concrete Mix Design test results – Wearing course.

Keywords: Asphalt Concrete – Wearing Course (AC – WC) palm oil waste fiber ash, Optimum Asphalt Content

I. PENDAHULUAN

Salah satu kendala yang sering dihadapi dalam pembuatan jalan khususnya mendapatkan agregat dan memenuhi persyaratan sehingga perlu bahan alternatif lain sebagai bahan pengganti agregat dan filler guna memenuhi kebutuhan tersebut. Bahan alternatif tersebut diupayakan dapat meningkatkan produk aspal beton yang kuat, stabil, tahan terhadap suhu dan beban kendaraan juga ramah lingkungan. Karena ketersediaan tandan kosong serat (fiber) atau tandan buah kosong (TBK) yang adadibeberapa Kecamatan Musi Rawas Utara salah satunya di PT. Dendi Marker cukup melimpah yaitu per 11 febuari 2024 sebanyak 577.467 kg sehingga perlu pengolahan supaya tidak menimbulkan masalah lingkungan seperti pencemaran udara seperti mengeluarkan bau menyengat ketika tandan buah kosong basah atau lembab. Berdasarkan latar belakang diatas, maka peneliti tertarik untuk memanfaatkan abu fiber kelapa sawit sebagai bahan pengganti filler abu batu dalam perkerasan *Asphalt Concrete – Wearing Course (AC – WC)*. Oleh karena itu, dengan menggunakan abu fiber kelapa sawit diharapkan akan menghasilkan campuran agregat kasar, agregat halus, aspal, dan filler yang baik. Berdasarkan keterangan diatas peneliti ingin mengembangkan dan mengadakan penelitian yang berjudul “Pengaruh Pemanfaatan Abu Fiber Limbah Kelapa Sawit Sebagai Filler Pada Campuran *Asphalt Concrete – Wearing Course (AC – WC)*”

II. LANDASAN TEORI Konstruksi Perkerasan Lentur

Menurut Dinas Pekerjaan Umum dan Penataan Ruang (2014), Perkerasan lentur (*flexible pavement*) adalah perkerasan yang umumnya menggunakan bahan campuran beraspal sebagai lapis permukaan serta bahan berbutir sebagai lapisan di bawahnya. Sehingga lapisan perkerasan tersebut mempunyai fleksibilitas atau kelenturan yang dapat menciptakan kenyamanan kendaraan dalam melintas diatasnya. Perlu dilakuan kajian yang lebih intensif dalam penerapannya dan harus juga memperhitungkan secara ekonomis, sesuai dengan kondisi setempat, tingkat keperluan, kemampuan pelaksanaan dan syarat teknis lainnya, sehingga konstruksi jalan yang direncanakan itu adalah yang optimal. Menurut Dinas Pekerjaan Umum dan Penataan Ruang (2014) struktur perkerasan lentur atau aspal terdiri atas :

1. Lapis Tanah Dasar (*Sub Grade*)
2. Lapis Pondasi Bawah (*Sub Base Course*)
3. Lapis Pondasi (*Base Course*)
4. Lapis Permukaan (*Surface Course*)

Aspal

Aspal merupakan material yang umum digunakan sebagai bahan pengikat pada perkerasan jalan, oleh karena itu seringkali bitumen disebut juga sebagai aspal. Selain itu, aspal juga berfungsi untuk mengisi rongga antara butir agregat dan pori-pori agregat itu sendiri. Aspal bersifat termoplastis yaitu mencair jika dipanaskan dan membeku lagi ketika suhu turun. Sifat ini digunakan dalam proses konstruksi perkerasan jalan. Banyaknya kadar aspal dalam campuran perkerasan berkisar antara 4 - 10% berdasarkan berat campuran, atau 10 - 15% berdasarkan volume campuran (Sukirman, 2016). Aspal merupakan material perekat berwarna hitam atau coklat tua dengan unsur utama bitumen. Semua bitumen diperoleh dengan distilasi mekanis atau alami dari minyak mentah (*crude*). Aspal dapat diperoleh dialam ataupun merupakan residu dari penyulingan minyak bumi.

Tabel 3.1 Persyaratan Untuk Aspal Keras Penetrasi 60/70

No	Jenis Pengujian	Metode Pengujian	Persyaratan
1.	Penetrasi pada 25°C (0,1 mm)	SNI 2456:2011	60-70
2.	Temperatur yang menghasilkan Geser Dinamis(°C)	SNI 06-6442-2000	-
3.	Viskositas Kinematis 135°C (cSt)	ASTM D2170-10	≥300
4.	Titik Lember (°C)	SNI 2434:2011	≥48
5.	Daktilitas pada 25°C (cm)	SNI 2434:2011	≥100
6.	Titik Nyala (°C)	SNI 2434:2011	≥232
7.	Kelarutan Dalam <i>trichloroethylene</i>	AASHTO T44-14	≥99
8.	Berat Jenis	SNI 2434:2011	≥1,0
9.	Stabilotas Penyimpanan : Perbedaan Titik Lembek (°C)	ASTM D 5976-00 Part6.1 dan SNI 2434:2011	-
10.	Kadar Parafin Lilin (%)	SNI 03-3639-2002	≥2

Agregat

Menurut Sukirman (2016), agregat merupakan komponen utama dari struktur perkerasan jalan, yaitu 90-95% agregat berdasarkan persentase berat, atau 75-85% agregat berdasarkan persentase volume. Dengan demikian kualitas perkerasan jalan ditentukan dari sifat agregat dan hasil campuran agregat dengan material lain.

1. Agregat Kasar adalah agregat yang tertahan pada saringan No. 4 (4,75 mm).

Agregat Halus adalah agregat yang terdiri dari pasir atau hasil dari pengayakan batu pecah dan terdiri dari bahan yang lolos saringan No.4 (4,75mm). Pasir alam dapat digunakan dalam campuran AC sampai suatu batas yang tidak melampaui 15% terhadap berat total campuran, agregat halus harus merupakan bahan yang bersih, keras dan bebas lempung (Bina Marga, 2018). Fungsi utama agregat halus adalah untuk memberikan stabilitas serta mengurangi deformasi dari campuran.

Bahan Pengisi (Filler)

Menurut Hardiyatmo (2007), bahan pengisi (filler) merupakan material berbutir halus yang lolos saringan No.200 (0,075 mm). Adapun jenis-jenis bahan pengisi (filler) adalah sebagai berikut :

1. Debu batu ialah debu dari batuan contohnya marmer, semen Portland, bubuk alami dan buatan lainnya.
2. *Loess* adalah material berpori halus yang diendapkan oleh angin. Partikelnya lebih kecil daripada pasir tetapi lebih besar dari tanah.
3. *Flayash* atau dempul buatan diperoleh dari pembakaran batu bara. Biasanya 80% melewati 200.
4. Abu Fiber kelapa sawit merupakan abu hasil pembakaran fiber kelapa sawit yang lolos saringan No. 200.

Asphalt Concrete – Wearing Course (AC – WC)

Aspal beton atau asphalt concrete adalah campuran dari agregat bergradasi menerus dengan bahan bitumen. Kekuatan utama aspal beton ada pada keadaan butir agregat yang saling mengunci dan sedikit pada pasir/filler/bitumen sebagai mortar. Aspal beton untuk jenis perkerasan jalan terdiri dari campuran agregat dan aspal, dengan atau tanpa bahan tambahan (filler).

1. Gradasi agregat

Ukuran butir agregat dapat diperoleh melalui pemeriksaan analisa saringan. Distribusi ini dibedakan menjadi 3 macam, yaitu:

- a. gradasi menerus (*Continuous Graded*)
- b. Gradasi interstisial
- c. Kelas Tunggal (*Single Grade*)

2. Berat jenis dan penyerapan agregat (*SPGR and absorption*)

Berat jenis terdiri dari 4 macam, yaitu

- a. Berat jenis curah (*bulk specific gravity*)
- b. Berat jenis permukaan jenuh (*SSD specific gravity*)
- c. Berat jenis semu (*apparent specific gravity*)
 - a. Berat jenis efektif

3. Abrasi (*Los Angeles*)

Prinsip pengujian los angeles adalah pengukuran perontokan agregat dari gradasi standar akibat kombinasi abrasi, tekanan, dan penggilasan di dalam drum baja.

Berikut perhitungan abrasi los angeles:

$$\text{Nilai keausan los angeles} = \frac{A-B}{A} \times 100\% \dots\dots\dots (3.9)$$

Keterangan :

A = Berat Sampel semula (gr)

B = Berat sampel yang tertahan/lebih besar dari 1,7 (gr)

4. Pengujian *Marshall Test*

Karakteristik aspal campuran panas dapat diukur dengan menggunakan karakteristik Marshall yang diwakili oleh nilai-nilai berikut :

1. Rongga Udara (air voids)

- a. Rongga udara dalam campuran (V_a) dan V_I

$$VIM = 100 - 100 \times \frac{G_{mb}}{G_{mm}} \dots\dots\dots (3.10)$$

Keterangan:

VIM = Void in the mix (persen rongga dalam campuran) G_{mb}

= Berat jenis bulk dari campuran

Gmm = Berat jenis teoritis maksimal dari campuran padat tanpa rongga udara.

- b. Rongga udara antar mineral agregat (Void in the Mineral Agregat/ VMA)

$$VMA = 100 - [(100 - Pb)X \frac{G_{mb}}{G_{sb}}] \dots \dots \dots (3.11)$$

Keterangan:

VMA = Void in the Mineral Agregat Rongga udara antar mineral agregat

Gmb = Berat jenis bulk dari campuran

Gsb = Berat jenis bulk total agregat dalam gr/cc

- c. Rongga udara yang terisi aspal (Voids Filled with Asphalt/ VFA)

$$VFA = 100 X \frac{(VMA - VIM)}{V_{ma}} \dots \dots \dots (3.12)$$

Keterangan:

VEA = Voids Filled with Asphalt (rongga udara yang terisi aspal)

VMA = Void in the Mineral Agregat (rongga udara antar mineral agregat)

VIM = Void in the mix (persen rongga dalam campuran)

2. Stabilitas dan Flow

Nilai stabilitas diperoleh berdasarkan nilai yang ditunjukkan oleh jarum di dial stabilitas pada alat test Marshall, kemudian dikonversikan pada tabel kalibrasi sesuai proving ring yang digunakan. Dalam penelitian ini digunakan proving ring dengan kekuatan 10.000 lbf (5.000 kgf). Selanjutnya nilai stabilitas tersebut harus disesuaikan dengan angka koreksi akibat dari tebal benda uji. Untuk nilai Flow ditunjukkan oleh angka pada jarum dial flow, satuan pada dialnya sudah sesuai dalam satuan mm (milimeter), sehingga tidak diperlukan lagi konversi angka dan kalibrasi jarum dial flow.

3. Marshall Quotient dan Indeks Stabilitas Sisa (ISS)

- a. Marshall quotient (MQ)

$$MQ = \frac{MS}{MF} \dots \dots \dots (3.13)$$

Keterangan:

MQ = Marshall quotient

MS = Stabilitas marshall

MF = Marshall flow (kelelehan)

- b. Indeks stabilitas sisa marshall (ISS)

$$ISS = \left(\frac{MSI}{MSS} \right) X 100 \dots \dots \dots (3.14)$$

Keterangan:

ISS = Indeks stabilitas sisa

MSI = Stabilitas marshall kondisi setengah direndam selama 24 jam dengansuhu

60°C

MSS = Stabilitas marshall kondisi standar

I. METODELOGI PENELITIAN Umum

Metode penelitian merupakan cara ilmiah dalam mencari dan mendapatkan data, serta memiliki kaitan dengan prosedur dalam melakukan penelitian dan teknis penelitian. Penulisan penelitian ini menggunakan metode kuantitatif, dimana cara (metode) pengumpulan data, analisa data, dan interpretasi hasil analisa untuk mengambil keputusan dan kesimpulan. Spesifikasi acuan dalam penelitian ini adalah menggunakan spesifikasi standar yang ditetapkan oleh Spesifikasi Umum 2018 Untuk Pekerjaan Konstruksi Jalan Dan Jembatan (Revisi 1) Divisi 6 Perkerasan Aspal, sehingga data yang digunakan adalah data kuantitatif yang berbentuk angka atau data yang diangkakan.

Tahapan Penelitian

Adapun tahapan penelitian yang saya lakukan adalah empat variasi penambahan Abu FiberKelapa Sawit, yaitu terdiri atas :

1. 0% penambahan filler terhadap KAO
2. 0,50% penambahan filler terhadap KAO
3. 1,00% penambahan filler terhadap KAO

4. 1,50% penambahan filler terhadap KAO
5. 2,00% penambahan filler terhadap KAO
6. Sebelum menentukan persentase penambahan Abu Fiber Kelapa Sawit , kami melakukan pembuatan sampel dengan kadar aspal masing-masing 4,5%; 5%; 5,5%; 6% dan 6,5% terhadap berat campuran dengan melakukan 2 kali pengulangan pada setiap variasi. Hal tersebut bertujuan untuk mendapatkan Kadar Aspal Optimum (KAO), Setelah diketahui KAO, maka dapat dihitung penambahan Abu Fiber Kelapa Sawit

II. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian Aspal Propertis ditambah Limbah Kelapa Sawit

5.1 Hasil pengujian sifat fisik aspal

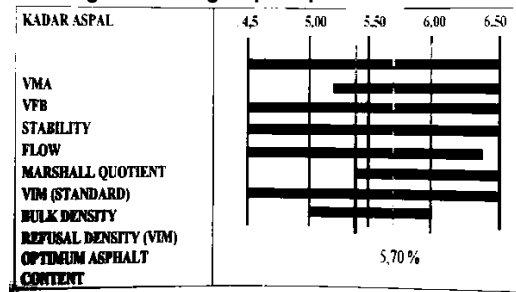
Pengujian Agregat Kasar dan Agregat Halus

Tabel 5.11 Hasil pengujian material agregat kasar dan agregat halus

No.	Jenis pemeriksaan	satuan	Hasil pemeriksaan	Spesifikasi
1	Abrasi	%	23,59	<25 <40
2	Soudness			
	Sodium	%	6,34	<12
	Magnesium	%	8,85	<18
3	Kotoran organik	%	No.1	<3
4	Nilai setara pasir	%	87,01	>65
5	Partikel pipih	%	8,18	<10
6	Partikel lonjong	%	6,81	<10
7	Material lolos saringan no.200	%	1,78	<2
8	Plastisitas indeks	%	Non plastis	<6
9	Liquid limit	%	Non plastis	<25

Rancangan Campuran/ Design Mix Formula (DMF)

5.20 Diagram Batang Aspal Optimum



Dapat dilihat pada hasil pembacaan grafik regresi hubungan antara kadar aspal dan karakteristik campuran aspal pada pengujian Marshall benda uji diatas, diperoleh kesimpulan bahwa kadar aspal optimum (KAO) sebesar 5,70%. Dengan demikian untuk meneliti pengaruh penggunaan abu fiber limbah kelapa sawit terhadap campuran aspal beton lapis AC-WC menggunakan kadar aspal optimum (KAO) 5,70% dengan masing-masing variasi campuran abu fiber limbah kelapa sawit 0,50%; 1,00% dan 1,50% dari total berat campuran aspal beton lapis AC-WC, Hasil pengujian Rancangan Campuran Laston Asphalt Concrete - Wearing course.

Rancangan Campuran (AC-WC) KAO Terhadap Limbah Kelapa Sawit

5.21 Proporsi campuran kadar abu fiber 0 %

NO	MATERIAL BIN	SATUAN	PROSENTASE	KAP. BATCH	JUMLAH	KOMULATIF
1	HOT BIN - I	Kg	47,00%	941,3	536	536
2	HOT BIN - II	Kg	27,00%	941,3	308	845
3	HOT BIN - III	Kg	26,00%	941,3	297	1141
4	ABU LIMBAH SAWIT	Kg	0,00%	941,3	0	1141
5	Aspal	Kg		1000,0	59	1200
6	Bahan Aditif	kg	0,00%		0	
Jumlah Per Batch					1200	

Tabel. 5.22 Proporsi campuran kadar abu fiber 0,5 %

NO	MATERIAL BIN	SATUAN	PROSENTASE	KAP. BATCH	JUMLAH	KOMULATIF
1	HOT BIN - I	Kg	46,50%	941,3	531	531
2	HOT BIN - II	Kg	27,00%	941,3	308	839
3	HOT BIN - III	Kg	26,00%	941,3	297	1136
4	ABU LIMBAH SAWIT	Kg	0,50%	941,3	6	1141
5	Aspal	Kg	5,70%	1000,0	59	1200
6	Bahan Aditif	kg	0,00%		0	
Jumlah Per Batch					1200	

Tabel. 5.23 Proporsi campuran kadar abu fiber 1,0 %

NO	MATERIAL BIN	SATUAN	PROSENTASE	KAP. BATCH	JUMLAH	KOMULATIF
1	HOT BIN - I	Kg	46,00%	941	525	525
2	HOT BIN - II	Kg	27,00%	941	308	833
3	HOT BIN - III	Kg	26,00%	941	297	1130
4	ABU LIMBAH SAWIT	Kg	1,00%	941	11	1141
5	Aspal	Kg	5,70%	1000	59	1200
6	Bahan Aditif	kg	0,00%		0	
Jumlah Per Batch					1200	

Tabel. 5.24 Proporsi campuran kadar abu fiber 1,5 %

NO	MATERIAL BIN	SATUAN	PROSENTASE	KAP. BATCH	JUMLAH	KOMULATIF
1	HOT BIN - I	Kg	45,50%	941	519	519
2	HOT BIN - II	Kg	27,00%	941	308	827
3	HOT BIN - III	Kg	26,00%	941	297	1124
4	ABU LIMBAH SAWIT	Kg	1,50%	941	17	1141
5	Aspal	Kg	5,70%	1000	59	1200
6	Bahan Aditif	kg	0,00%		0	
Jumlah Per Batch					1200	

Tabel. 5.25 Proporsi campuran kadar abu fiber 2,0 %

NO	MATERIAL BIN	SATUAN	PROSENTASE	KAP. BATCH	JUMLAH	KOMULATIF
1	HOT BIN - I	Kg	45,00%	941	514	514
2	HOT BIN - II	Kg	27,00%	941	308	822
3	HOT BIN - III	Kg	26,00%	941	297	1118
4	ABU LIMBAH SAWIT	Kg	2,00%	941	23	1141
5	Aspal	Kg	5,70%	1000	59	1200
6	Bahan Aditif	kg	0,00%		0	
Jumlah Per Batch					1200	

Hasil Pengujian Campuran (AC-WC) KAO Terhadap Abu Fiber Limbah Kelapa Sawit Tabel 5.25 karakteristik marshall KAO dengan penambah abu fiber

Berdasarkan pembacaan tabel di atas, nilai VIM sesuai dengan persyaratan Spesifikasi Bina Marga 2018 minimal 3% - 5% yaitu pada penggunaan semua variasi abu fiber limbah kelapa sawit 0,50%, 1,00%, 1,50% dan 2,00%. Adanya penggunaan abu fiber limbah kelapa sawit dapat mengakibatkan nilai VIM meningkat dari nilai yang disyaratkan. Namun untuk nilai VMA semua variasi memenuhi persyaratan minimal 15%. Untuk penggunaan abu fiber limbah kelapa sawit berdampak menurunkan nilai VFB. Nilai VFB berdasarkan tabel di atas sudah memenuhi persyaratan minimal 65%. Penggunaan abu fiber limbah kelapa sawit juga mengakibatkan nilai stabilitas Marshall meningkat dari KAO pada variasi 0%; 0,50%; 1,00%; 1,50% dan 2,00%. Sedangkan pada nilai kelelahan (flow) cenderung memiliki nilai kenaikan nilai flow sudah memenuhi persyaratan minimal 2 mm. Sedangkan Nilai kelenturan (MQ) nilai pada variasi campuran abu fiber limbah kelapa sawit 0,50%, menurun dari KAO dan pada angka variasi 1,00%, 1,50% dan 2,00% ada peningkatan cukup signifikan.

III. KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

- a. Dari hasil pengujian sampel abu fiber limbah kelapa dengan variasi benda uji 0,50%; 1,00%, 1,50% dan 2,00% didapatkan nilai MQ yaitu :
 1. Abu fiber 0,5% : 249,98 kg/mm
 2. Abu fiber 1,00% : 266,18 kg/mm
 3. Abu fiber 1,5% : 308,04 kg/mm
 4. Abu fiber 2,00% : 310,80 kg/mmDari pengujian marshall yang telah dilakukan dapat dilihat bahwa pada variasi benda uji abu fiber 1,00%, 1,5% dan 2,00% mendapatkan hasil yang tinggi dan memenuhi syarat spesifikasi Bina Marga 2018. Dengan demikian abu fiber limbah kelapa sawit digunakan sebagai filler pembuatan aspal dan dapat mengurangi pencemaran lingkungan akibat limbah tandan buah kosong kelapa sawit.
- b. Kadar aspal optimum (KAO) sebesar 5,70%. penggunaan abu fiber limbah kelapa sawit terhadap campuran aspal beton lapis AC- WC menggunakan kadar aspal optimum (KAO) 5,70% dengan masing masing variasi campuran abu fiber limbah kelapa sawit 0,50%; 1,00%, 1,50% dan 2,00% dari total berat campuran aspal beton lapis AC-WC, Hasil pengujian Rancangan Campuran Laston Asphalt Concrete - Wearing course.

Saran

- a. Untuk penelitian selanjutnya perlu dilakukan penelitian lebih lanjut dengan menggunakan filler abu fiber limbah kelapa sawit dengan komposisi filler yang memiliki variasi misalnya menggunakan variasi filler 3,00%, 4,00%, 5,00%, 6,00% atau lebih
- b. Untuk penelitian selanjutnya, dapat dicoba menggunakan limbah kelapa sawit lainnya dan menambahkan pengujian terhadap campuran Laston lainnya

DAFTAR PUSTAKA

- Abdilah, N., & Abrar, A. (2020). Pengaruh Pemakaian Serat Tandan Kosong Kelapa Sawit pada Campuran Aspal Terhadap Stabilitas. *Siklus : Jurnal Teknik Sipil*, 6(2), 174–180. <https://doi.org/10.31849/siklus.v6i2.4869>
- Febijianto, I. (2010). *Pemanfaatan Potensi Gas Metana di Pabrik Kelapa Sawit Sei Silau, PTPN3, Sumatera Utara*. 11(3), 459–474.
- Haryanti, A., Norsamsi, N., Fanny Sholiha, P. S., & Putri, N. P. (2014). Studi Pemanfaatan Limbah Padat Kelapa Sawit. *Konversi*, 3(2), 20. <https://doi.org/10.20527/k.v3i2.161>
- Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat. (2018). *Spesifikasi Umum Pekerjaan Konstruksi Jalan dan Jembatan* (Issue September). Direktorat Jenderal Bina Marga.
- Laila, N., Dian Kurniasari, F., & Amin, A. (2022). *Pemanfaatan Abu Cangkang Sawit (ACS) Untuk Substitusi Filler Pada Lapisan Asphalt Concrete Wearing Course (AC-WC)*. 1(1), 1–10. <http://jurnal.abulyatama.ac.id/index.php/kandidat>
- Rahardjo, P. N. (2006). *Teknologi Pengelolaan Limbah Cair Yang Ideal Untuk Pabrik Kelapa Sawit*. *Jurnal Air Indonesia*, 2(1), 66–71. <https://doi.org/10.29122/jai.v2i1.2291>
- Sidik, R. R. (2022). *Pengaruh Pemanfaatan Abu Fiber Kelapa Sawit Sebagai Filler Terhadap Karakteristik Marshall Pada Campuran Asphalt Concrete-Binder Course (AC-WC)*.
- SNI 03-1970-1990. Metode Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus. Badan Standarisasi Nasional.
- SNI 03-1969-1990. Metode Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar. Badan Standarisasi Nasional.
- SNI 06-2440-1991. Metode Pengujian Kehilangan Berat Minyak dan Aspal Dengan Cara A. Badan Standarisasi Nasional.
- SNI 2433:2011. Cara Uji Titik Nyala dan Titik Bakar Dengan Alat Cleveland Open Cup. Badan Standarisasi Nasional.
- SNI ASTM C136-2012. Metode Uji Untuk Analisis Saringan Agregat Halus dan Agregat Kasar. Badan Standarisasi Nasional.
- Sukirman, S. (2016). *Beton Aspal Campuran Panas (Edisi Ketiga)*. Bandung: Institut Teknologi Nasional.
- Wardani, L., F. Mahdie, dan Y. S. Hadi, (2014). *Struktur dan Dimensi Serat Pelepah Kelapa sawit*. *Jurnal Hutan Tropis*. 2: 47-51.
- Zahrina, I. (2007). Pemanfaatan Abu Sabut dan Cangkang Sawit Sebagai Sumber Silika Pada Sintesis ZSM-5 Dari Zeolit Alam. *Jurnal Sains Dan*