BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Perkerasan jalan merupakan lapisan yang dibuat oleh manusia, untuk di jadikan prasarana transportasi agar dapat mempermudah kendaraan melintas dengan aman dan nyaman. Lapisan perkerasan jalan berada pada permukaan tanah dan langsung bersentuhan dengan ban roda kendaraan, Lapisan ini terbuat dari campuran antara agregat batuan keras dan bahan pengikat seperti aspal semen ataupun tanah liat.

Campuran Aspal Panas *(Hot Mix Asphalt)* sebagai bahan konstruksi jalan sudah lama dikenal dan digunakan dalam konstruksi jalan seperti perkerasan aspal, penggunaannya di Indonesia semakin meningkat dari tahun ke tahun. Isu yang muncul saat ini pada pembangunan jalan di Indonesia adalah kurangnya pasokan *filler*, bahan *filler* yang umum digunakan yaitu abu batu dan semen portland yang persediaannya sudah terbatas. Salah satu bahan pengisi yang dapat digunakan dalam campuran aspal adalah *Fly ash* dan Abu sekam padi.

Filler merupakan salah satu bahan yang berfungsi sebagai pengisi rongga-rongga dari suatu campuran beraspal, disamping itu filler juga berfungsi sebagai media untuk mengisi rongga dalam campuran beraspal agar memenuhi void yang digunakan.

Fly ash apabila dibuang secara terbuka dapat mengakibatkan pencemaran karena abu terbang mengandung beberapa elemen beracun seperti arsenik,vanadium, antimony, boron dan chronium.Maka salah satu cara agar material hasil produksi samping tersebut tidak mengkontaminasi lingkungan adalah dengan menggunakan material tersebut sebagai bahan pengganti sebagai filler.

Abu Sekam Padi material pozzolan yang halus hasil dari sisa pembakaran sekam padi. Sekam padi merupakan pelindung terluar dari padi yang memiliki kandungan utamanya adalah silika. Abu sekam padi di hasilkan melalui proses pembakaran sekam padi pada suhu 700-900 derajat celcius. Selama proses pembakaran, Sekam padi akan terekomposisi dan melepaskan unsur unsur kimia yang terkandung di dalam nya.

Sesuai dengan uraian di atas , maka judul penelitian ini adalah, "**PEMANFAATAN *FLY ASH* DAN ABU SEKAM PADI SEBAGAI SUBSTITUSI FILLER PADA CAMPURAN AC-WC**".Tiga kadar *fly ash* dan abu sekam padi yang berbeda digunakan dalam penelitian ini, dengan peresentase yang digunakan adalah 0%, 1%, dan 2% terhadap berat *filler*

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah di atas, maka dirumuskan permasalahan penelitian sebagai berikut:

1. Bagaimana pengaruh *Fly ash* dan abu sekam padi sebagai pengganti *filler* pada campuran AC-WC ?
2. Berapa besar pengaruh penambahan *fly ash* dan abu sekam padi dengan variasi 0%, 1%, 2% terhadap nilai uji marshall ?

C. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini yaitu :

1. Untuk mengetahui pengaruh *Fly ash* dan abu sekam padi sebagai pengganti filler pada campuran AC-WC.
2. Untuk mengetahui berapa besar pengaruh penambahan *fly ash* dan abu sekam padi dengan variasi 0%, 1%, 2% terhadap nilai uji marshall

D. Batasan Masalah

Agar penulisan ini dapat terarah dan sesuai dengan tujuan, maka diperlukan pembatasan masalah, yaitu sebagai berikut :

1. Pengujian hanya dilakukan di Laboratorium Aspal Universitas Muhammadiyah Parepare.
2. Standar yang di gunakan didasarkan pada Spesifikasi Umum Bina Marga Tahun 2018 (Revisi 2).

E. Manfaat Penelitian

Adapun manfaat penelitian yang dilakukan penulisan pada tugas akhir ini yaitu:

1. Mengetahui apakah *fly ash* dan abu sekam padi dapat digunakan sebagai pengganti *filler* pada campuran perkerasan beton aspal secara optimal seperti *filler* abu batu.
2. Menambah variasi jenis *filler* yang dapat digunakan pada pembuatan campuran beton aspal yang optimal.
3. Dapat lebih mengefektifkan limbah *fly ash* dan abu sekam padi serta dapatmeningkatkan nilai guna dari limbah *fly ash* dan abu sekam padi itu sendiri.

F. Sistematika Penulisan

Adapun sistematika penulisan di atur dalam pedoman penulisan skripsi FakultasTeknik Universitas Muhammadiyah Parepare sebagai berikut

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini berisi latar belakang masalah, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, dan sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini berisi tentang.teori-teori yang menyangkut dengan penelitian ini dan digunakan sebagai landasan serta hasil tinjauan pustaka dari penelitian-penelitian sebelumnya yang bersifat relevan.

BAB III METODE PENELITIAN

Bab ini berisi tentang jenis penelitian, lokasi dan waktu penelitian , bahan dan alat, prosedur penelitian, teknik pengumpulan data, teknik analisis data, dan diagram alir.

BAB VI HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini membahas secara keseluruhan tentang hasil penelitian yang dilakukan.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini berisi kesimpulan dari pokok permasalahn yang telah diteliti, serta saran yang memuat masukan-masukan dari penulis yang terkait dengan penelitian.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Kajian Teori

1. Asphalt Concrete – Wearing Course (AC – WC)

AC-WC adalah lapisan aspal beton (laston) yang berperan sebagai lapis aus pada struktur perkerasan jalan ketebalan minimum adalah 4 cm (Akbar, 2012). Lapisan AC-WC merupakan lapisan yang kedap air, tahan cuaca dan mempunyai kekesatan lapisan tersebut menyerap.

Beban lalu lintas dan mendistribusikannya ke lapisan di bawahnya berupa beban kendaraan (gaya vertikal), rem (gaya horizontal) dan getaran roda kendaraan (Mashuri dkk, 2013). Karena sifat distribusi beban, beban yang diterima oleh setiap lapisan berbeda dan semakin berkurang lapisan ini disebut lapisan permukaan karena lapisan ini harus mampu menerima segala macam beban yang bekerja. Oleh karena itu, lapisan permukaan memiliki fungsi sebagai berikut:

a. Lapisan perkerasan yang menopang beban roda harus memiliki stabilitas yang tinggi untuk menahan tekanan roda selama masa pelayanannya.
b. Lapis kedap air, sehingga air hujan yang jatuh diatasnya tidak menembus lapisan di bawahnya dan melemahkan lapisan tersebut.
c. Lapis aus, yaitu lapisan yang secara langsung menerima gesekan akibat gaya pengereman kendaraan sehingga rentan menjadi aus.
d. Lapisan yang mendistribusikan beban ke lapisan yang lebih bawah untuk mendukung lapisan lain.

Untuk mencapai fungsi diatas, lapisan permukaan biasanya terbuat dari material dan pengikat yang menciptakan lapisan anti air dengan stabilitas yang tinggi. Ketentuan campuran AC-WC dapat dilihat pada tabel 2.1.

Tabel 2. 1 Sifat-Sifat Campuran AC-WC (Sumber: Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Divisi 6 revisi 2)

Sifat-Sifat Campuran	Laston			
	Lapis Aus		Lapis Antara	Pondasi
Jumlah tumnukan perbidang		75		112
Rasio partikel lolos ayakan 0,075 mm dengan kadar aspal efektif	Min	0,6		
	Maks	1,2		
Rongga dalam campuran (%)	Min	3,0		
	Maks	5,0		
Rongga Tirisi Aspal (%)	Min	65	65	65
Rongga dalam agregat (VMA) (%)	Min	15	14	13
Stabilitas Marshall (kg)	Min	800		1800
Pelelehan (mm)	Min	2		3
	Maks	4		6
Stabilitas Marshall sisa (%) setelah perendaman selama 24 jam, 60°C	Min	90		
Rongga dalam campuran (%) pada kepadatan membal (refusal)	Min	2		

2. Material Penyusun Asphal Concrete Wearing Course (AC – WC)

Pada dasarnya bahan penyusun perkerasan lentur adalah agregat, aspal dan bahan pengisi *(filler)* bahan-bahan tersebut harus memenuhi kriteria standar yang ditentukan. Hal ini untuk menghindari kesalahan konstruksi yang disebabkan oleh bahan penyusun perkerasan, persyaratan material penyusun AC-WC dapat dilihat pada uraian berikut.

a. Agregat

Agregat merupakan bentukan kerak yang keras dan padat dari formasi kulit bumi, ASTM mendefinisikan agregat sebagai bahan yang terdiri dari mineral padat dalam bentuk massa yang besar atau fragmen. Agregat merupakan komponen utama struktur perkerasan jalan, dengan persentase berat 90-95% atau persentase volume 75-85% sifat agregat dan hasil pencampuran agregat dengan bahan lain dapat digunakan untuk menentukan kualitas perkerasan jalan (Sukirman, 2006).

1) Pengujian Berat Jenis Dan Penyerapan Agregat Kasar

Berat jenis kering *bulk specific grafity* adalah perbandingan antara benda agregat kering dan berat air yang isinya sama denga nisi agregat dalam keadaan jenuh pada saat tertentu. Berat isi permukaan (kering SSD) yaitu perbandingan antara berat agregat kering permukaan jenuh dengan berat isi suling yang beratnya sama dengan berat agregat dalam keadaan jenuh pada suhu tertentu.

Penyerapan adalah presentase berat air yang diserap pori-pori terhadap agregat kering, besar penyerapan ini tergantung porositas yaitu berupa berupa volume pori-pori yang dapat menyerap air.

Berat jenis kering $= \frac{D}{B-C}$ ..... (1)

Berat jenis SSD $= \frac{B}{B-C}$ ..... (2)

Berat jenis semu $= \frac{D}{D-C}$ ..... (3)

Penyerapan $= \frac{D}{D-C}$ ..... (4)

Dimana :

B = berat benda uji SSD (gr)

C = berat benda uji dalam air (gr)

D = berat benda uji kering oven (gr)

2) Analisa Saringan Agregat Kasar

Analisa saringan adalah suatu analisis untuk mengetahui distribusi ukuran agregat kasaukuran agregat kasar dengan menggunakan ukuran-ukuran saringan standar tertentu yang ditunjukkan dengan lubang saringan (mm) dan untuk mengetahui kecocokannya untuk produsksi. Selain itu juga untuk persentase agregat kasar dalam campuran. Adapun modulus yang diisyaratkan untuk agregat kasar yaitu 5,5 - 8,5.

3) Pengujian Abrasi

Keausan adalah perbandingan antara berat bahan aus dengan lewat saringan No. 12 terhadap berat semula dalam persen. Dalam pengujian keausan agregat menggunakan mesin *Los Angeles*. Mesin ini terdiri dari silinder baja tertutup pada kedua sisinya dengan diameter 71 cm Panjang dalam 50 cm. Silinder tertumpu pada dua poros pendek yang tak menerus dan berputar pada poros mendatar. Silinder berlubang untuk memasukkan benda uji. Penutup lubang terpasang rapat sehingga permukaan dalam silinder tidak terganggu. Dibagian dalam sekunder terdapat bilah baja melintang penuh setinggi 8,9 cm.

$$\text{Keausan} = \frac{A-B}{A} \times 100\% \quad \cdots\cdots (5)$$

Dimana :

A = berat benda uji semula (gr)

B = berat benda uji setelah abrasi (gr)

4) Berat Jenis Dan Penyerapan Agregat Halus

Berat jenis kering adalah perbandingan antara berat kering dan berat air yang isinya sama denga nisi agregat dalam keadaan jenuh pada suhu tertentu. Berat jenis permukaan (kering SSD) yaitu perbandingan antara berat agregat kering permukaan jenuh dengan berat airnya yang beratnya sama dengan isi agregat dalam keadaan jenuh pada suhu tertentu. Berat jenis semu yaitu perbandingan antara berat agregat kering oven dengan berat air yang dikandung oleh agregat halus dalam keadaan JPK pada suhu tertentu. Penyerapan adalah presentase berat air yang diserap pori-pori terhadap berat agregat kering.

Berat jenis kering $= \frac{E}{(B+D-C)}$ ..... (6)

Berat jenis kering permukaan (SSD) $= \frac{B}{(D+B-C)}$ ..... (7)

Berat jenis semu $= \frac{E}{(E+D+C)}$ ..... (8)

Daya serap air $= \frac{B-E}{E} \times 100\%$ ..... (9)

Dimana :

B = Berat benda uji SSD (JPK) (gr)

C = Berat benda uji + piknometer + air (gr)

D = Berat piknometer + air (gr)

E = Berat benda uji kering oven (gr)s

5) Analisa Saringan Agregat Halus

Analisa saringan adalah suatu analisis untuk mengetahui distribusi ukuran agregat halus, dengan menggunakan ukuran-ukuran saringan standar tertentu

yang ditunjukkan dengan lubang saringan (mm). dengan ini dapat pula menilai apakah agregat halus yang akan digunakan tersebut cocok untuk produksi aspal. Agregat diklasifikasikan menurut ukuran butirnya, yang meliputi agregat kasar (agregat tertahan pada saringan No. 4), agregat halus (agregat lolos saringan No. 4 dan tertahan saringan No. 200) dan bahan pengisi atau filler (agregat lolos saringan No. 200). Ketentuan dalam penggunaan agregat dapat dilihat pada tabel 2.2, 2.3 dan 2.4.

Tabel 2. 2 Ketentuan Bahan Pengisi (Filler) (Sumber: Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Divisi 6 revisi 2)

Jenis Pengujian	Metoda Pengujian	Nilai
Lolos saringan no. 200 (0,075 mm)	SNI ASTM C136:2012	≤75%

Tabel 2. 3 Ketentuan Agregat Halus (Sumber: Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Divisi 6 revisi 2)

Pengujian	Metoda Pengujian	Nilai
Nilai setara pasir	SNI 03-4428-1997	Min.50%
Uji Kadar Rongga Tanpa Pemadatan	SNI 03-6877-2002	Min. 45
Gumpalan lempung dan butir-butir mudah pecah dalam agregat	SNI 03-4141-1996	Maks. 1%
Agregat lolos ayakan No.200	SNI ASTM C117:2012	Maks. 10%

Tabel 2. 4 Ketentuan Agregat Kasar (Sumber: Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Divisi 6 revisi 2)

Pengujian			Metode Pengujian	Nilai
Kekekalan bentuk agregat terhadap larutan		Natrium sulfat	SNI 3407:2008	Maks. 12 %
		magnesium sulfat		Maks. 18 %
Abrasi dengan mesin Los Angeles	Campuran AC Modifikasi dan SMA	100 putaran	SNI 2417:2008	Maks. 6 %
		500 putaran		Maks. 30 %
	Semua jenis campuran beraspal bergradasi lainnya	100 putaran		Maks. 8 %
		500 putaran		Maks. 40 %
Kelekatan agregat terhadap aspal			SNI 2539:2011	Min. 95%
Butir pecah pada Agregat Kasar		SMA	SNI 7619:2012	100/90 *)
		Lainnya		95/90 **)
Partikel Pipih dan Lonjong		SMA	SNI 8287:2016 Perbandingan 1 : 5	Maks. 5%
		Lainnya		Maks. 10%
Material lolos Ayakan No.200			SNI ASTM C117:2012	Maks. 1%

Catatan :

*) 100/90 menunjukkan bahwa 100% agregat kasar mempunyai muka bidang pecah satu atau lebih dan 90% agregat kasar mempunyai muka bidang pecah dua atau lebih

**) 95/90 menunjukkan bahwa 95% agregat kasar mempunyai muka bidang pecah satu atau lebih dan 90% agregat kasar mempunyai muka bidang pecah dua atau lebih

b. Aspal

Aspal adalah suatu material berwarna coklat tua atau hitam yang berbentuk padat, ketika dipanaskan sampai suhu tertentu aspal dapat mencair atau lunak sehingga dapat saling mengunci partikel agregat saat membuat aspal beton. Aspal pada perkerasan jalan berfungsi sebagai pengikat antar butir agregat agar terbentuk material padat yang dapat meningkatkan kekuatan dan ketahanan campuran untuk mendukung beban kendaraan.

Tabel 2. 5 Spesifikasi untuk Aspal Keras (Sumber: Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Divisi 6 revisi 2)

No	Jenis Pengujian	Metoda Pengujian	Tipe I Aspal Pen. 60-70
1	Penetrasi pada 25ºC (0,1 mm)	SNI 2456 : 2011	60-70
2	Viskositas kinematis 135ºC (cSt)	ASTM D2170-10	≥300
3	Titik lembek (ºC)	SNI 2434:2011	≥48
4	Daktilitas pada 25ºC (cm)	SNI 2432:2011	≥100
5	Titik nyala (ºC)	SNI 2433:2011	≥232
6	Berat jenis	SNI 2441:2011	≥1,0
Pengujian Residu Hasil TFOT (SNI 07-2440-1991)			
7	Berat yang hilang (%)	SNI 06-2441-1991	≤0,8
8	Penetrasi pada 25ºC (% semula)	SNI 2456-2011	≥54
9	Daktilitas pada 25ºC (cm)	SNI 2432:2011	≥50

Menurut Sukirman (1999), aspal pada konstruksi perkerasan jalan berfungsi sebagai berikut:

1) Bahan pengikat yang membentuk ikatan yang kuat antara aspal dan agregat dan antara aspal dengan bahan pengikat itu sendiri.
2) Bahan pengisi, yaitu mengisi rongga-rongga antara butiran agregat dan pori-pori yang ada pada agregat itu sendiri.

c. Bahan Pengisi (Filler)

Filler adalah bagian agregat yang digunakan dalam campuran aspal beton. Pengertian filler itu sendiri yaitu fraksi agregat halus yang berfungsi sebagai butir pengisi dalam pembuatan aspal beton yang lolos saringan no. 200 (0,074 mm). Filler ini sendiri bisa berupa debu batu, debu dolomit, atau bahan lain yang dapat memenuhi syarat-syaratnya, dan harus dalam keadaan kering (kadar air maximum 1%).

Penambahan *filler* pada perkerasan lentur dapat mengakibatkan perkerasan tersebut berkurangnya kadar pori. Partikel *filler* menempati rongga antar partikel-partikel yang lebih besar, sehingga ruang antar partikelnya menjadi berkurang. Jumlah *filler* dalam campuran aspal beton harus sesuai kadarnya, kalau kebanyakan pengisi campuran akan sangat kaku dan mudah retak, sebaliknya kalau kekurangan bahan pengisi campuran bisa menjadi sangat fleksibel dan mudah berubah bentuk oleh roda kendaraan mengakibatkan jalan bergelombang.

3. Abu Terbang *(fly ash)*

Abu terbang *(fly ash)* merupakan sisa dari hasil pembakaran batu bara pada pembangkit listrik. Abu terbang mempunyai titik lebur sekitar 1300 °C dan mempunyai kerapatan massa (densitas), antara 2.0 – 2.5 g/cm^3. Abu terbang adalah salah satu residu yang dihasilkan dalam pembakaran dan terdiri dari partikel-partikel halus. Abu yang tidak naik disebut *bottom ash*.

Dalam dunia industri, abu terbang biasanya mengacu pada abu yang dihasilkan selama pembakaran batu bara. Abu terbang umumnya ditangkap oleh pengendap elektrostatik atau peralatan filtrasi partikel lain sebelum gas buang mencapai cerobong asap batu bara pembangkit listrik, dan bersama-sama dengan *bottom ash* dikeluarkan dari bagian bawah tungku dalam hal ini bersama-sama dikenal sebagai abu batu bara. Tergantung pada sumber dan tampilan batu bara yang dibakar, komponen abu terbang bervariasi, tetapi semua abu terbang termasuk sejumlah besar silikon dioksida (SiO_2) (baik amorf dan kristal) dan kalsium oksida (CaO), kedua bahan endemik yang di banyak terdapat dalam lapisan batuan batu bara.

Di masa lalu, abu terbang pada umumnya dilepaskan ke atmosfer, tetapi sekarang disyaratkan harus ditangkap sebelum dirilis. Di Amerika Serikat, abu terbang umumnya disimpan di pembangkit listrik batu bara atau ditempatkan di tempat pembuangan sampah. Sekitar 43% didaur ulang, sering digunakan untuk melengkapi semen dalam produksi beton.

Dalam beberapa kasus, seperti pembakaran limbah padat untuk menciptakan listrik (fasilitas "*resource recovery*" atau konversi limbah-ke-energi), abu terbang dapat mengandung kontaminan dari *bottom ash* berkadar tinggi serta pencampuran abu terbang dan *bottom ash* bersama-sama membawa tingkat proporsional kontaminan dalam jangkauan untuk memenuhi syarat sebagai limbah tidak berbahaya dalam keadaan tertentu, sedangkan bila tidak dicampur, abu terbang akan berada dalam jangkauan untuk memenuhi syarat sebagai limbah berbahaya.

4. Abu Sekam Padi

Abu Sekam Padi adalah Limbah dari hasil pengolahan padi yang umumnya dibakar untuk mengurangi volumenya. Abu Sekam Padi yang akan digunakan sebagai filler harus memenuhi persyaratan tertentu,yaitu:

a. Bersih dari kotoran, seperti pasir, tanah, dan batang padi.

b. Tidak mengandung bahan-bahan yang dapat merusak campuran aspal.

Sekam padi yang digunakan dapat dikumpulkan dari pabrik penggilingan padi atau dari petani. Sekam padi yang telah dikumpulkan kemudian di bersihkan dari kotoran dan dikeringkan. Pemanggangan sekam padi, Sekam padi yang telah dibersihkan kemudian dipanggang dalam tungku

pemanggangan. Pemanggangan dilakukan pada suhu 600-800 derajat celcius selama 2-3 jam. Pemanganggan bertujuan untuk mengubah padi menjadi abu sekam padi. Abu sekam padi yang telah di panggang kemudian diayak untuk memisahkan abu sekam padi yang berukuran besar tidak dapat digunakan sebagai filler karena dapat menghambat penetrasi aspal. Abu sekam padi yang telah di ayak kemudian disimpan di tempat yang kering dan tertutup. Abu sekam padi dapat disimpan dalam jangka waktu lama tampa mengalami perubahan kualitas. Abu sekam padi dapat digunakan sebagai *filler* pada jenis bahan bangunan, seperti beton, aspal, dan mortar. Pengunaan abu sekam padi sebagai filler dapat mengurangi pengunaan bahan baku konvensional dan meningkatkan nilai ekonomis dari limbah sekam padi.

5. Pemeriksaan Marshall

Pemeriksaan *Marshall* pada perkerasan jalan meliputi pengukuran ketahanan (stabilitas) dan kelelehan *(flow)* dari suatu campuran aspal.

a. Ketahanan (stabilitas) merupakan suatu kemampuan campuran aspal dalam menerima beban sampai terjadi kelelehan plastis yang dinyatakan dalam kilogram.
b. Kelelehan *(flow)* merupakan suatu keadaan perubahan bentuk suatu campuran aspal akibat diberi suatu beban sampai batas runtuh yang dinyatakan dalam satuan mm.

Pemeriksaan Marshall bertujuan untuk mendapatkan suatu campuran aspal yang memenuhi ketentuan-ketentuan yang telah ditetapkan di dalam kriteria perencanaan perkerasan jalan.

6. Parameter Marshall

Berdasarkan Spesifikasi Umum Bina Marga tahun 2018 revisi 2, parameter *Marshall* yang ditinjau pada penelitian ini yaitu :

a. Stabilitas

   Stabilitas merupakan kemampuan campuran aspal menerima beban tanpa terjadi perubahan bentuk. Pada campuran aspal AC-WC memiliki standar nilai stabilitas yaitu 800 kg.

b. Kelelehan

   Kelelehan merupakan perubahan bentuk campuran aspal setelah mengalami pembebanan. Pada campuran aspal AC-WC memiliki standar nilai kelelehan (flow) yaitu minimum 2 mm dan maksimum 4 mm.

c. Rongga dalam Campuran (VIM)

   VIM *(Void in Mix)* yaitu rongga yang terletak diantara agregat didalam campuran yang telah dipadatkan. VIM dinyatakan dalam (%) terhadap volume total campuran. Campuran Aspal Beton ACWC memiliki persyaratan untuk nilai VIM minimum yaitu 3 % dan maksimum 5%.

d. Rongga antar Mineral Agregat (VMA)

   VMA *(Void in Mineral Aggregate)* merupakan rongga yang terletak diantara agregat didalam campuran yang telah dipadatkan dalam satuan persen (%) terhadap total volume campuran. Pada campuran aspal AC-WC memiliki standar nilai VMA yaitu minimum 15%.

e. Rongga Terisi Aspal (VFA atau VFB)

VFA *(Void Filled with Asphalt)* atau *VFB (Void Filled with Bitumen)* merupakan rongga yang dapat diselimuti atau terisi aspal dalam campuran yang telah dipadatkan dalam satuan persen (%) terhadap total volume campuran. Pada aspal AC-WC memiliki standar nilai VFA yaitu minimum 65%.

f. *Marshall Quotient* (MQ)

Marshall Quotient (MQ) merupakan perbandingan stabilitas terhadap kelelehan dalam satuan Kg/mm. Pada campuran aspal ACWC memiliki standar nilai MQ 250 Kg/mm.

B. Penelitian Terdahulu

1. Delli Noviarti Rachman, Susi Riwayanti, Dona Rodeeflyn Sirait, Muhammad Arfan (2022) Peneliti ingin mengembangkan mengenai pemanfaatan *fly ash* sisa pembakaran batu bara yang selama ini terbuang agar dapat menjadi bahan yang bermanfaat dengan harga terjangkau, Penulis sudah melakukan semua pengujian berdasarkan spesifikasi yang digunakan dan penulisan juga mencantumkan hasil penelitian. Pada hasil penelitian ini pengujian nilai presentase optium dengan penambah abu sisa pembakaran batu bara sebagai *filler* dari PLTU Tanjung Enim pada campuran aspal AC-WC didapat pada campuran 2% yang terbaik dan masuk sesuai dengan spesifikasi Teknis Jala Bebas Hambatan dan Jalan Tol 2020 dan Berdasarkan hasil pengujian di laboratorium di dapatkan nilai stabilitas sebesar 1240,253 kg, Nilai VIM (*Void In Mix)* sebesar 4,233%, VMA (*Void In Mineral Aggregat)* sebasar 16,139%, Nilai VFB (*Void Filled Bitumen)* sebesar 73,782% Nilai Flow (Kelelehan) sebesar 3,63 mm dan *Marshall Quotient* di peroleh sebesar 329,280 kg/mm.
2. Said Jalalul Akbar, Wesli (2012) meneliti tentang “Stabilitas Lapis Aspal Beton AC-WC Menggunakan Abu Sekam Padi” tujuan penelitian ini ingin mengetahui seberapa besar perbedaan nilai perameter marshall antara abu batu dan abu sekam padi sebagai pengganti *filler* pada campuran aspal panas AC-WC. Dari hasil pengujian yang telah dilakukan kenaikan nilai *Density*, Stabilitas, *flow* dan *Marshall Quotient* Secara merata (optimum) terjadi pada

campuran yang menggunakan abu sekam padi 6%. Sedangkan pada campuran abu sekam padi 8% terjadi penurunan nilai stabilitas.

3. Ahmad Uwwes Al Qurny, Imam Hagni Puspito, Nuryani Tinumbia (2022) dengan judul penelitian "Pengaruh Penambahan Bahan Pengisi (Filler) Fly Ash Terhadap Campuran Aspal Beton Lapis Aus (Asphalt Concrete Wearing Course/Ac Wc)" Penelitian ini menitikberatkan pada penambahan bahan pengisi (filler) yang didapatkan dari hasil pembakaran batu bara (abu terbang) pada PLTU Suralaya, Merak - Banten yang ditambahkan pada campuran agregat. Abu terbang batu bara merupakan limbah B3 menurut BAPEDAL maka dari itu untuk menanganinya digunakanlah sebagai bahan penambah pada penelitian aspal. Penelitian ini diharapkan dapat mengurangi dampak dari limbah pembakaran batu bara terhadap lingkungan. Penambahan bahan pengisi berupa abu terbang diharapkan menambah daya tahan lapis beton aspal yang disebabkan oleh cuaca atau beban kendaraan yang melintas. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui seberapa besar nilai karakteristik Marshall pada campuran beton aspal dengan menggunakan filler abu terbang batu bara.
4. Agus Riyanto, Ramdhani Deva Prasetya (2020) "Pengaruh Kadar Filler Fly Ash Dalam Campuran Ac-Wc Dengan Pasir Pantai Takisung Sebagai Agregat Halus Ditinjau Dari Aspek Ketidakrataan Dan Properties Marshall" penelitian ini bertujuan menganalisis pengaruh kadar filler Fly Ash dengan pasir Pantai Takisung sebagai agregat halus dalam campuran terhadap aspek ketidakrataan dan Properties Marshall, sekaligus menganalisis kadar filler

optimum ditinjau dari aspek Properties Marshall. Langkah awal penelitian yaitu pengumpulan data (primer dan sekunder). Berdasarkan data, ditentukan proporsi setiap fraksi dalam campuran sesuai dengan variasi kadar filler. Selanjutnya pencarian KAO dengan agregat halus menggunakan Pasir Pantai Takisung dan dilanjutkan dengan membuat campuran dengan variasi kadar filler fly ash 0%, 3%, 4%, dan 5%. Sebelum sample direndam dan diuji Marshall maupun Volumetrik, sample diuji nilai ketidakrataan dengan menggunakan metode Sand Patch dan pendekatan berat. Hasil penelitian menunjukkan penggunaan pasir pantai sebagai agregat halus dengan filler fly ash dapat memperbaiki nilai ketidakrataan pada permukaan. Penambahan filler fly ash dapat memperbaiki nilai Properties Marshall campuran pasir pantai terutama aspek stabilitas dan MQ. Nilai ketidakrataan yang didapat sebagai berikut; sample pasir sungai = 3,82 m/km, sample pasir pantai = 3,49 m/km, sample kadar filler 3% = 2,63 m/km, kadar filler 4% = 2,54 m/km, kadar filler 5% = 2,59 m/km. Kadar filler optimum yang didapat yaitu 3,3%. Pada kadar filler tersebut didapat nilai Properties Marshall; Stabilitas = 1197,62 kg, flow = 2,32 mm, VFWA = 66,74 %, VMA = 15,01 %, VIM = 4,99 %, dan MQ = 517,02 kg/mm, yang kesemuanya masuk spesifikasi yang telah ditentukan.

5. Ihsanul Arifin, Adrian Fadhli, Sicilia Afriayani (2022) “Analisis Perbandingan Pemakain Filler Semen Dan Filler Limbah Abu Batu Bara Padacampuran Aspal Panas (Ac-Wc)” Dalam penelitian ini dilakukan untuk mengetahui apakahfillersemen dan filler limbah limbah abu batubara

memenuhi spesifikasi bina marga 2020. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kajian dan menganalisa dari perbandingan persentase rongga (VFB), rongga udara dalamcampuran(VIM),stabilitas,flow,marshall question.Perencanaan campuran dilakukan dua tahap pembuatan.Pembuatan benda uji tahap pertama dengan menggunakan filler semen,tahap kedua dengan menggunakan filler limbah abu batubara.Untuk bahan pengisitersebut masing masing dibuat 12 benda uji,dengan kadar aspal optimum 6%.Hasil uji marshal yang didapatkan nilai density pada penggunaan filler semen lebih tinggi dari filler limbah abu batubara.Untuk nilai VMA pada penggunaan filler semen lebih rendah dari filler limbah abu batubara. Untuk nilai VFB pada penggunaan filler semen lebih tinggi dari filler limbah abu batubara. Untuk nilai VIM pada penggunaan filler semen lebih rendah dari filler limbah abu batubara. Untuk nilai stabilitas pada penggunaan filler semen lebih tinggi dari filler limbah abu batubara. Untuk nilai flow dan MQ pada penggunaan filler semen lebih tinggi dari filler limbah abu batubara.Dengan ini pada penggunaan filler semen yang memenuhi spesifikasi bina marga 2020 pada pemakaian 1%,2%.Pada pemakai filler limbah abu batubara yang memenuhi spesifikasi pada pemakain 2%.

6. Putri Rahma Witri, Khadavi, Veronika (2022) dengan judul "Pengaruh Penambahan Abu Sekam Padi Sebagai Filler Pada Campuran Aspal Beton Ac-Wc" Penelitian ini bertujuan untuk menentukan kadar aspal optimum (KAO) dan untuk mengetahui pengaruh abu sekam padi sebagai bahan

pengisi (filler) pada campuran aspal terhadap nilai parameter Marshall. Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah dengan metode pengujian Marshall sesuai dengan spesifikasi Umum Bina Marga 2010 divisi 6 (Revisi 2). Berdasarkan hasil dari penelitian didapatkan Kadar Aspal Optimum sebesar 5,5% dan campuran AC-WC terbaik yang dapat digunakan dilapangan adalah campuran dengan variasi filler 75% abu sekam padi karena memiliki nilai stabilitas tertinggi dibandingkan dengan campuran lain. Dari hasil parameter marshall dapat disimpulkan bahwa dengan penggunaan kadar filler abu sekam padi seluruhnya telah memenuhi persyaratan spesifikasi Umum Bina Marga 2010 revisi 3 sehingga filler abu sekam padi ini dapat digunakan pada campuran aspal panas AC-WC.

7. Yogi Saputra Muhammad,Firdaus (2022) "Pengaruh Penggunaan Semen Pcc Dan Sekam Padi Sebagai Filler Dalam Campuran Aspal Ac-Wc Ditinjau Dari Durability Dan Flexibility" Aspal adalah campuran agregat bergradasi kontinu dari bahan bitumen. Kekuatan utama aspal beton adalah pada keadaan butiran agregat yang saling mengunci dan sedikit pasir/pengisi/bitumen sebagai mortar. PCC semen adalah jenis semen yang diperoleh dari penggilingan terak yang dikombinasikan dengan bahan anorganik dan gipsum. Sekam Padi memiliki sifat yang baik sebagai pengisi compactor karena memiliki sifat sementasi, butirannya yang kecil. esting dilakukan secara bertahap, Pengujian agregat meliputi pemeriksaan berat tipe, uji abrasi menggunakan mesin Los Angeles, pemasangan aspal, indeks perpipaan dan penyerapan air. Untuk pengujian aspal, termasuk Penetrasi,

Flash dan Fire Point, Flaking Point, Daktilitas dan Uji Berat Jenis. Metode yang digunakan sebagai tester mixing adalah metode Marshall. Ukuran nilai fleksibilitas dan daya tahan dalam campuran aspal AC-WC dipengaruhi oleh ukuran nilai Stability, Flow dan Marshall Quotient. Subtitute sekam padi memiliki dampak yang signifikan terhadap nilai stabilitas. Sekam padi tidak memiliki dampak signifikan terhadap nilai aliran. Sekam padi berpengaruh terhadap peningkatan nilai MQ sehingga berdampak tidak signifikan.

8. Resy Victoria, Ade Nurdin, M.Nuklirullah (2023) "Pengaruh Penggunaan Abu Sekam Padi Sebagai Bahan Pengganti Abu Batu Dalam Campuran Asphalt Concrete –Wearing Course(Ac-Wc) Terhadap Parameter Marshall" Dalam penelitian ini menggunakan abu sekam padi sebagai bahan pengganti abubatu dalam campuran AC-WC dengan variasi campuran abu sekam padi yaitu 5%, 10%, 15%, 50%, 75% dan 100%. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui seberapa besar pengaruh dan perbandingan penggunaan abu sekam padi sebagai pengganti abu batu pada campuran (AC-WC) terhadap parameter marshall. Pengujian dilakukan dengan pedoman pada spesifikasi bina marga 2018. Dari hasil pengujian yang telah dilakukan di laboratorium diperoleh nilai parameter marshall yaitu sebagai berikut : abu sekam padi tidak dapat menaikkan nilai flow, nilai stabilitas dan marshall quotient(MQ) meningkat pada penggunaan abu sekam padi pada variasi 5%, pada variasi 10% dan 15% tidak dapat memenuhi nilai VIM. Variasi 50%, 75% dan 100% tidak dapat dilakukan test marshall.

9. Beny Setiawan, M.T. (2023) “Analisis Perbandingan Karakteristik Perkerasan Jalan Raya AC-BCMenggunakan Abu Sekam Padi Sebagai Filler Alternatif” Salah satu faktor majunya perekonomian suatu daerah adalah dikarenakan jalur transportasi yang lancar, karena dengan lancarnya jalur transportasi proses jual, beli dan pertukaran barang dapat dilakukan. Perkerasan jalan raya merupakan faktor penting dalam menunjang pembangunan prasarana transportasi, campuran beton aspal pada perkerasan jalan membutuhkan bahan pengisi (filler) sebagai modifikasi untuk menambah kekuatan dan mengisi rongga-rongga kosong pada struktur penyusun perkerasan. Sekam padi mengandung±90%-98% silika setelah mengalami pembakaran sempurna, yang mana diharapkan dari penelitian ini kandungan tersebut dapat memberikan manfaat yang baik bagi material penyusun perkerasan AC-BC. Hasil penelitian ini dapat menarik kesimpulan bahwa karakteristik perkerasan AC-BC menggunakan ASP tiap variasi tidak lolos pada poin Rongga dalam campuran (VIM) dan Rongga dalam mineral agregat (VMA) yang sudah ditetapkan oleh Pedoman Bina Marga, sedangkan untuk karakteristik lain benda uji tiap variasi sudah lolos spesifikasi.
10. Tengku Syahilla Indriyati, Alfian Malik, Yosi Alwinda (2019) “Kajian Pengaruh Pemanfaatan Limbah Faba(Fly Ash Dan Bottom Ash)Pada Konstruksi Lapisan Base Perkerasan Jalan” Pembakaran batu bara menghasilkanlimbah berupafly ashdan bottom ash(FABA). FABA yang dibiarkan menumpuk dalam waktu yang lamadapat menimbulkan masalah

bagi lingkungan seperti pencemaran. Penelitian ini bertujuan untuk dapat memanfaatkan FABA untuk perkerasan jalan yaitu lapisanpondasi atas (base) agar dapat mengurangi pencemaran lingkungan dan mencari proporsi yang tepat agar pemanfaatan bisa dilakukan dengan optimal. Penelitian ini menggunakan metode pengujian CBR laboratoriumdengan rendamanyang bertujuan untuk mengetahui seberapa besar pengaruh FABA terhadap campuran lapisan baseini untuk mendapatkan nilai CBR atau kekuatan daya dukung yang sesuai dengan standar bina marga 2018. Campuran lapisan basedibuat dalam lima variasi. Variasi I dan III FABA digunakan sebagai bahan pengganti sedangkan pada variasi II,IV dan V FABA digunakan sebagai bahan tambah. Variasi I dan II dengan komposisi FABA 55%FA dan 45%BA menghasilkan nilai CBR 114% dan 162%. Pada variasi tiga dan empat dengan perlakuan yang berbeda dengan cara diperamyang menghasilkan nilai CBR yaitu variasi 117% dan 252%. Sedangkan pada variasi V komposisi FABA 75%FA 25%BA nilai CBR yang didapat 100%, sehingga semua nilai CBR rendaman masuk kedalam standar dan FABA layak digunakan kedalam campuran lapisan perkerasan jalan.

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

A. Jenis Penelitian

Jenis Penelitian yang digunakan adalah *Laboratory Research* (Penelitian Laboratorium), dimana menggunakan metode kuantitatif yang merupakan metode penelitian yang banyak menuntut pengunaan angka,mulai dari pengumpulan data, penafsiran terhadap data tersebut, serta penampilan dari hasil disertai dengan gambar, tabel, grafik, atau tampilan lainnya. Kemudian data hasil penelitian dianalisis sesuai dengan prosedur pengujian di laboratorium.

B. Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Laboratotium Aspal Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Parepare, Jl. Jend. Ahmad Yani No.6, Kel. Bukit Harapan, Kecamatan soreang Kota Pare

C. Metodologi Penelitian

1. Pengumpulan data

Untuk memperoleh data sebagai bahan utama dalam penelitian dalam penelitian ini, maka di gunakan dua metode pengumpulan data sebagai berikut :

a. Studi pustaka, untuk memperoleh data sekunder dengan membaca sejumlah buku, artikel-artikel sebagai landasan teori dalam menuju kesempurnaan penelitian ini.

b. Pemeriksaan sampel dilakukan di laboratorium untuk mendapatkan data perimer yang akan di gunakan dalam mengenalisa hasil dari penelitian yang dilaksanakan.

2. Pengambilan Sampel

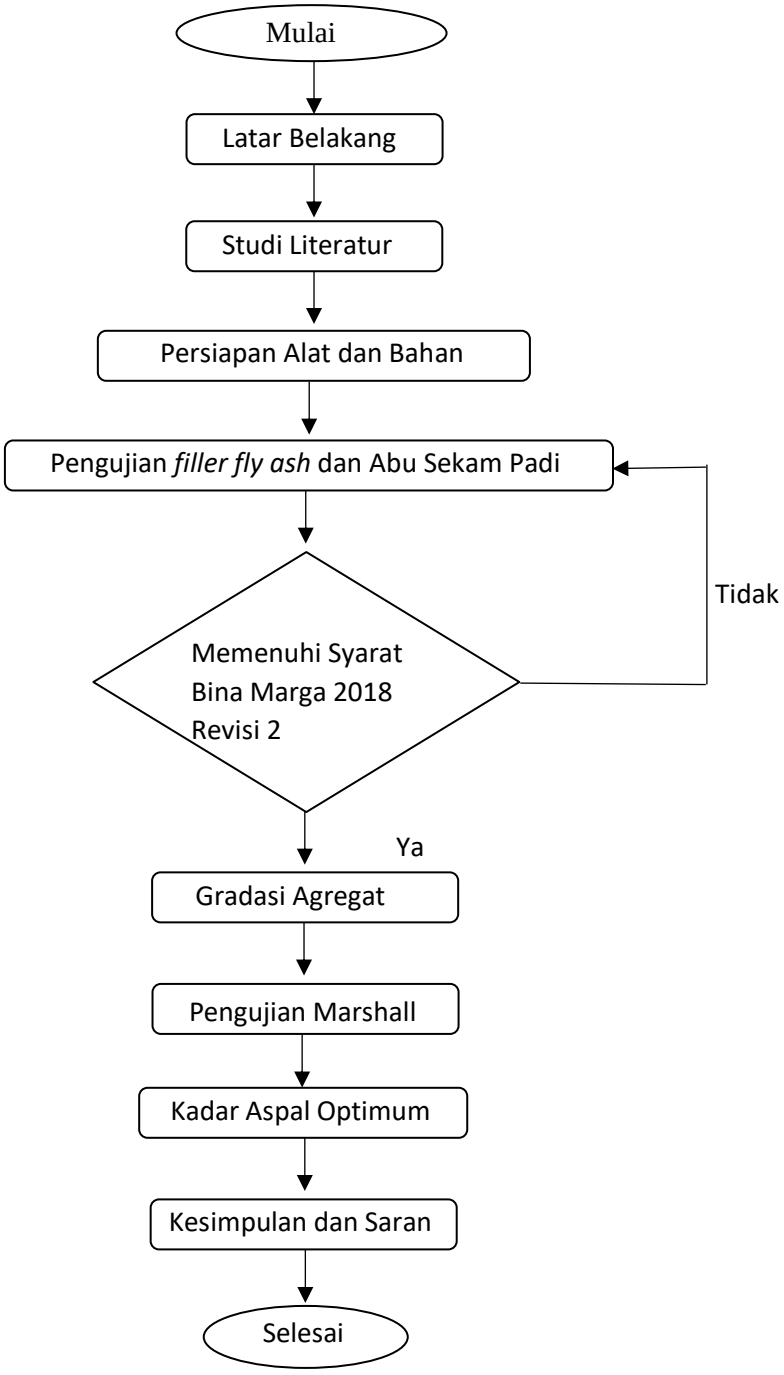
Adapun bahan / material yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

a. Material agregat kasar dan halus di ambil dari gunung alitta,Kabupaten pinrang, Sulawesi selatan

b. Aspal yang digunakan di ambil dari laboratorium Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Parepare.

c. *Filler* dari abu sekam padi diambil dari salah satu pabrik yang ada di Kabupaten Pinrang, Sulawesi Selatan dan *filler fly ash* diambil di PLTU Barru, Sulawesi Selatan.

D. Bagan Alur Penelitian



Gambar 3. 1 Flow chart penelitian

E. Alat dan Bahan

1. Alat

Adapun bahan di gunakan dalam penelitian ini:

a. Aspal pen 60/70

Aspal adalah material yang berwarna coklat gelap sampai hitam yang berfungsi sebagai bahan pengikat.

b. Agregat Kasar dan Halus.

Agregat kasar adalah agregat yang tertahan saringan no.4 (4,75 mm). Agregat Halus adalah yang lolos saringan no.4 (4,75 mm) dan tertahan saringan no. 200 (0,075 mm).

c. Bahan pengisi (filler)

Filler adalah agregat yang lolos saringan no. 200 (0,075 mm) yang berfungsi sebagai pengisi rongga – rongga dalam campuran aspal.

2. Bahan

Peralatan yang akan digunakn untuk melakukan pemeriksaan material yaitu:

a. Alat untuk pemeriksaan agregat,terdiri dari:

1) Pengujian berat jenis agregat kasar dan agregat halus.
2) Pengujian keausan agregat dengan mesin *Los Angeles*
3) Satu set saringan No.¾ ,No. ½ , 3/8, No.4, No.8, No.16, No.30, No.50, No.100,No.200,pan.
4) Cetakan sampel dari logam, penumbuk dan *exstrunder* untuk mengeluarkan sampel dari cetakan.

b. Alat Untuk Pengujian Aspal.

1) Pengujian Penetrasi

Penetrasi bertujuan untuk memeriksa kekerasan aspal.

2) Pengujian Titik Lembek Aspal.

Titik lembek adalah suhu dimana lapisan aspal dalam cincin yang berada didalam air dari bola baja yang diletakkan di atasnya menyebabkan aspal jatuh

3) Pengujian Berat Jenis Aspal.

4) Pengujian Titik Nyala Aspal.

Penguji titik nyala aspal bertujuan untuk menentukan temperatur dimana aspal tampak menyala di permukaan aspal

5) Pengujian Daktilitas Aspal

Pengujian daktalitas aspal bertujuan untuk menentukan sifat kohesi aspal dengan mengukur jarak terjauh yang dapat ditarik sebelum aspak putus.

3. Alat Pengujian Marshall

1) Marshall Machine.
2) Kepala Penekan
3) Proving ring dengan kapasitas 2500 kg dilengkapi dengan arloji tekan dengan ketelitian0,0025 mm.

F. Metode Pelaksanaan Penelitian

1. Pengujian Aspal

Pengujian Aspal penetrasi 60/70 adalah Pengujian yang dilakukan untuk mengetahui sifat-sifat aspal meliputi pengujian penetrasi, titik lembek, titik nyala,

daktilitas, berat jenis dan kelarutan dengan standar Bina Marga. Pengujian Titik Nyala Aspal dan Titik Bakar Aspal (SNI 2433:2011).

a. Pengujian Penetrasi Aspal (SNI 06-2456-1991).

Pemeriksaan ini dimaksudkan untuk memeriksa tingkat kekerasan aspal. Pemeriksaan ini dilakukan dengan memasukkan jarum penetrasi berdiameter 1 mm dengan menggunakan beban seberat 50 gram sehingga diperoleh beban gerak seberat (berat jarum + beban) selama 5 detik pada temperatur 25˚C. Besarnya nilai penetrasi diukur dan dinyatakan dalam angka yang merupakan kelipatan 0,1 mm. Nilai penetrasi sangat sensitif terhadap suhu sehingga pengukuran di atas suhu kamar akan menghasilkan nilai yang berbeda.

b. Pengujian Titik Lembek Aspal (SNI 2434:2011).

Pemeriksaan ini bertujuan untuk menentukan nilai / suhu titik lembek aspal yang berkisar antara 30 ^{o}C - 200^{o}C. Titik lembek adalah suhu dimana suatu lapisan aspal dalam cincin yang diletakkan horizontal di atas larutan air atau gliserine yang dipanaskan secara teratur menjadi lembek karena beban bola baja dengan diameter 9,53 mm seberat ± 3,5 gram yang diletakkan di atasnya sehingga lapisan aspal tersebut jatuh melalui jarak 25,4 mm (1 inci).

c. Pengujian Daktilitas Aspal (SNI 2432:2011).

Pengujian daktilitas dibutuhkan untuk mengetahui sifat kohesi dan plastisitas aspal. Pemeriksaan dilakukan dengan mencetak aspal dalam cetakan dan meletakkan contoh aspal ke dalam tempat pengujian. Tempat pengujian berisi cairan dengan berat jenis yang mendekati berat jenis aspal. Nilai daktilitas aspal adalah panjang contoh aspal ketika putus pada saat

dilakukan penarikan dengan kecepatan 5 cm/menit. Pemeriksaan ini bertujuan untuk menguji kekuatan tarik aspal dengan cara mengukur jarak terpanjang yang dapat ditarik antara dua cetakan yang berisi aspal keras sebelum putus, pada suhu dan kecepatan tertentu.

d. Pengujian Berat Jenis Aspal (SNI 2441:2011).

Pemeriksaan ini dimaksudkan untuk menentukan berat jenis aspal dengan piknometer. Berat jenis aspal diperlukan untuk perhitungan dalam analisa campuran. Berat jenis aspal adalah perbandingan antara berat aspal dengan berat air suling dengan isi yang sama pada suhu tertentu.

2. Pengujian Agregat.

a. Pengujian Analisa Saringan (SNI 03-1968-1990).

<table>
<tr><td colspan="5">Normal</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Proporsi Agregat</td><td>Agregat Kasar</td><td>Agregat Sedang</td><td colspan="2">Agregat Halus</td></tr>
<tr><td>38%</td><td>17%</td><td colspan="2">45%</td></tr>
<tr><td>Total</td><td colspan="4">100%</td></tr>
<tr><td colspan="5">Fly ash 1%</td></tr>
<tr><td rowspan="3">Proporsi Agregat</td><td rowspan="2">Agregat Kasar</td><td rowspan="2">Agregat Sedang</td><td colspan="2">Agregat Halus</td></tr>
<tr><td>Agregat Halus</td><td>Fly ash</td></tr>
<tr><td>38%</td><td>17%</td><td>44%</td><td>1%</td></tr>
<tr><td>Total</td><td colspan="4">100%</td></tr>
<tr><td colspan="5">Fly ash 1,5%</td></tr>
<tr><td rowspan="3">Proporsi Agregat</td><td rowspan="2">Agregat Kasar</td><td rowspan="2">Agregat Sedang</td><td colspan="2">Agregat Halus</td></tr>
<tr><td>Agregat Halus</td><td>Fly ash</td></tr>
<tr><td>38%</td><td>17%</td><td>43,5%</td><td>1,5%</td></tr>
<tr><td>Total</td><td colspan="4">100%</td></tr>
<tr><td colspan="5">Fly ash 2%</td></tr>
<tr><td rowspan="3">Proporsi Agregat</td><td rowspan="2">Agregat Kasar</td><td rowspan="2">Agregat Sedang</td><td colspan="2">Agregat Halus</td></tr>
<tr><td>Agregat Halus</td><td>Fly ash</td></tr>
<tr><td>38%</td><td>17%</td><td>43%</td><td>2%</td></tr>
<tr><td>Total</td><td colspan="4">100%</td></tr>
</table>

Note: untuk campuran dengan dilakukannya penambahan bahan pengisi *(filler)*berupa *fly ash* yang di kurangi adalah persentase agregat halusnya.

b. Pengujian Material Lolos Ayakan No. 200 (SNI 03-4142-1996).

c. Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Agregat (SNI 03-1969-1990 dan SNI 031970-1990).

d. Pengujian Keausan Agregat dengan mesin Los Angeles (SNI 2417:2008).

e. Pengujian Kelekatan Agregat terhadap Aspal (SNI 2439:2011).

3. Pengujian Campuran Aspal AC-WC

Pengujian yang akan dilakukan terhadap campuran Aspal Laston lapis Aus (AC-WC) ini meliputi pengujian stabilitas, kelelehan, *Marshall Question* (MQ), VIM, VMA dan VFB dengan 2 x 75 tumbukan.

4. Pengujian Marshall

Untuk pengujian uji Marshall dilakukan perkiraan awal Kadar Aspal Optimum yang dapat diperoleh dari rumus persamaan :

Pb=0,035(%CA)+0,045(%FA)+0,18(%*FF*)+Konstanta (15)

Dimana:

CA = *Coarse Aggregate* (agregat kasar)

FA = *Fine Aggregate* (agregat halus)

FF = *Fine Filler* (bahan pengisi)

Konstanta = 0,5 – 1,0 untuk Laston

Selanjutnya dibuat benda uji dengan kadar aspal tersebut diatas, dengan pembulatan 0,5 % ditambah dengan tiga kadar aspal diatas optimum dan dua kadar aspal dibawah optimum selisih masing- masing 0,5 %. Benda uji yang dibuat masing masing tiga buah benda uji untuk masing-masing kadar aspal. Benda uji standar yang digunakan dalam pengujian adalah 63,5 mm (2,5 *inch*). Temperatur

pencampuran dan pemadatan dilakukan pada saat viscositas aspal berkisar 170 ± 20 centistokes untuk pencampuran dan pada 280 ± 30 centistokes pada saat pemadatan.

Untuk pemadatan dilakukan sebanyak 2 x 75 tumbukan, dengan menggunakan penumbuk Marshall. Benda uji setelah dipadatkan, disimpan pada suhu ruang selama 24 jam, kemudian benda uji ditimbang di udara, di dalam air dan dalam kondisi kering permukaan jenuh *Saturated Surface Dry*, Selanjutnya direndam pada temperatur 60ºC selama 30 menit dan siap untuk diuji.

Parameter – parameter yang diperoleh dalam pengujian adalah stabilitas, kelelehan (flow), *Marshall Question* (MQ), VIM, VMA dan VFB. Selanjutnya dibuat grafik yang menghubungkan kadar aspal dengan masing-masing parameter tersebut. Dari grafik yang dibuat dapat ditentukan kadar aspal optimum, yaitu kadar aspal didalam rentang yang memenuhi semua kriteria rancangan campuran aspal AC-WC. Dalam penelitian ini, kadar aspal optimum yang diperoleh selanjutnya akan disebut dengan Kadar Aspal Optimum Marshall (KAO Mr).

5. Pengujian Kepadatan Mutlak

Analisis *Marshall* dan Kepadatan Mutlak digunakan untuk mengidentifikasi Kadar Aspal Optimum (KAO), yaitu kadar aspal dimana rentang yang memenuhi semua criteria rancangan campuran. Pengujian standar benda uji disiapkan sesuai dengan prosedur yang ditentukan dalam SNI 06-2489-1991.

6. Pengujian Perendaman Marshall

Pengujian ini diharapkan dapat memberikan indikasi akan kerentanan campuran terhadap pengaruh suhu, cuaca, dan air. Pengujian ini dilakukan untuk setiap tipe campuran kadar aspal optimum (KAO). KAO adalah nilai tengah dari

rentang kadar aspal yang memenuhi seluruh parameter yang disyaratkan, yang ditentukan berdasarkan grafik-grafik hasil uji *marshall.*

Tabel 3. 1 Komposisi campuran (Sumber : Jurnal Teknik Sipil UKI-Paulus Makassar,2021)

Materia	Uk.Saringan	Kadar AspaI				
		5,00%	5,50%	6,00%	6,50%	7,00%
Agregat Kasar	3/4"	43,18	43,00	42,28	42,64	42,45
	1/2"					
	3/8"					
	No.4					
Agregat HaIus	No.8	46,27	46,00	45,73	45,45	45,18
	No.18					
	No.30					
	No.50					
	No.100					
	No.200					
FiIler		5,55	5,50	5,45	5,41	5,36

Pada pengujian ini dibuat enam benda uji untuk setiap tipe campuran, tiga benda uji pertama direndam dalam air pada suhu 60°C selama 24 jam *immersed condition* dan selanjutnya dilakukan uji *Marshall* untuk mendapatkan nilai stabilitasnya. Pada tiga benda uji berikutnya, dilakukan uji *Marshall* sesuai SNI 06-2489-1991.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Pemeriksaan Sifat-Sifat Fisik Agregat

1. Pemeriksaan berat jenis dan penyerapan agregat

Pemeriksaan berat jenis dan penyerapan agregat pada penelitian ini terdiri dari pengujian berat jenis agregat kasar dan agregat halus.

a. Berat jenis agregat kasar 1-2

Hasil pengujian terhadap agregat kasar 1-2 berdasarkan Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 dapat dilihat pada tabel 4.1 berikut:

Tabel 4. 1 Berat jenis dan penyerapan agregat kasar 1-2 (Sumber: Hasil Pengujian Labolatorium 2024).

No.	Perhitungan	Hasil pemeriksaan	Spek	Satuan	Ket.
1	Berat jenis bulk	2.54	Min 2.5	gr	Memenuhi
2	Berat jenis kering permukaan	2.60			Memenuhi
3	Berat jenis semu	2.69			Memenuhi
4	Penyerapan (Absorption)	2.13	Maks. 3	%	Memenuhi

Adapun dari pengujian berat jenis agregat kasar 1-2 diatas didapat berat jenis bulk 2,54 gr, berat jenis kering permukaan 2,60 gr, berat jenis semu 2.69 gr, dan penyerapan 2.13%. Jadi dari hasil analisis berat jenis agregat kasar 1-2 telah memenuhi spesifikasi yaitu berat jenis minimum 2,5 gr dan penyerapan air maksimal 3%.

b. Berat jenis agregat kasar 0.5-1

Hasil pengujian terhadap agregat kasar 0.5-1 berdasarkan Spesifikasi

Umum Bina Marga 2018 dapat dilihat pada tabel 4.1 berikut:

Tabel 4. 2 Berat jenis dan penyerapan agregat kasar 0.5-1(Sumber: Hasil Pengujian Labolatorium 2024).

No.	Perhitungan	Hasil pemeriksaan	Spek	Satuan	Ket.
1	Berat jenis bulk	2.78	Min 2.5	gr	Memenuhi
2	Berat jenis kering permukaan	2.82			Memenuhi
3	Berat jenis semu	2.91			Memenuhi
4	Penyerapan (Absorption)	1.61	Maks. 3	%	Memenuhi

Adapun dari pengujian berat jenis agregat kasar 0.5-1 diatas didapat berat jenis bulk 2,78 gr, berat jenis kering permukaan 2,82 gr, berat jenis semu 2.91 gr, dan penyerapan 1,61%. Jadi dari hasil analisis berat jenis agregat kasar 0.5-1 telah memenuhi spesifikasi yaitu berat jenis minimum 2,5 gr dan penyerapan air maksimal 3%.

c. Berat jenis agregat halus (abu batu)

Hasil pengujian terhadap agregat halus berdasarkan Spesifiasi Umum Bina Marga 2018 dapat dilihat pada tabel 4.3 sebagai berikut:

Tabel 4. 3 Berat jenis dan penyerapan agregat halus (Sumber: Hasil Pengujian Labolatorium 2024).

No.	Perhitungan	Hasil pemeriksaan	Spek	Satuan	Ket.
1	Berat jenis bulk	2.53	Min 2.5	gr	Memenuhi
2	Berat jenis kering permukaan	2.55			Memenuhi
3	Berat jenis semu	2.59			Memenuhi
4	Penyerapan (Absorption)	0.92	Maks. 3	%	Memenuhi

Dari pengujian berat jenis agregat halus (abu batu) diatas didapat nilai berat jenis bulk 2,53 gr, berat jenis kering permukaan 2,55 gr, berat jenis semu 2, 59gr, dan penyerapan 0,92%. Berdasarkan persyaratan spesifikasi berat jenis yaitu minimum 2,5 dan penyerapan air maksimal 3% maka agregat dalam pengujian ini telah memenuhi.

2. Pemeriksaan Keausan Agregat Kasar (Abrasi)

Tabel 4. 4 Hasil pemeriksaan keausan agregat kasar (abrasi) 500 putaran (Sumber: Pengujian Labolatorium 2024).

<table>
<tr><th colspan="2">Saringan</th><th colspan="2">Berat</th><th>Spek</th></tr>
<tr><th>Lolos</th><th>Tertahan</th><th>Sebelum (gr)</th><th>Sesudah (gr)</th><td rowspan="6"></td></tr>
<tr><td>19 mm (3/4")</td><td>12,5 mm (1/2")</td><td>2500</td><td></td></tr>
<tr><td>12,5 mm (1/2")</td><td>9,5 mm (3/8")</td><td>2500</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="2">Jumlah Berat (gram)</td><td>5000</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="2">Berat TertahanBerat Tertahan</td><td rowspan="2">5000</td><td rowspan="2">4216.4</td></tr>
<tr><td colspan="2">Saringan No. 12 (gram)</td></tr>
<tr><td colspan="2">Persen Keausan</td><td colspan="2">15.67 %</td><td>Maks.30%</td></tr>
</table>

Pemeriksaan keausan (abrasi) agregat kasar menggunakan mesin Los Angles kemudian diputar 500 putaran bersama dengan bola-bola baja sebanyak 11 bola. Maka diperoleh nilai keausan sebesar 15,672 %. Sesuai dengan spesifikasi yang digunakan maksimal 30%.

3. Pemeriksaan analisa saringan agregat

Tabel 4. 5 Hasil pengujian analisa saringan agregat 1-2 (Sumber: Pengujian Labolatorium 2024).

No. Saringan	SAMPEL 1				SAMPEL 2				Rata - Rata
	Berat Tertahan	(%) Tertahan	Komulatif Tertahan	(%) Lolos	Berat Tertahan	(%) Tertahan	Komulatif Tertahan	(%) Lolos	
3/4"	0.00	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	0.00	100.00	100.00
1/2"	492.20	32.81	32.81	67.19	618.50	41.23	41.23	58.77	62.98
3/8"	416.00	27.73	60.55	39.45	367.40	24.49	65.73	34.27	36.86
4	354.80	23.65	84.20	15.80	344.90	22.99	88.72	11.28	13.54
8	83.80	5.59	89.79	10.21	94.80	6.32	95.04	4.96	7.59
16	8.00	0.53	90.32	9.68	5.00	0.33	95.37	4.63	7.15
30	2.60	0.17	90.49	9.51	0.50	0.03	95.41	4.59	7.05
50	4.30	0.29	90.78	9.22	0.00	0.00	95.41	4.59	6.91
100	2.40	0.16	90.94	9.06	0.00	0.00	95.41	4.59	6.83
200	1.60	0.11	91.05	8.95	1.10	0.07	95.48	4.52	6.74
Pan	134.30	8.95	100.00	0.00	67.80	4.52	100.00	0.00	0.00
Jumlah	1500.00	100.00			1500.00	100.00			

Tabel 4. 6 Hasil pengujian analisa saringan agregat 0.5-1 (Sumber: Pengujian Labolatorium 2024).

No. Saringan	SAMPEL 1				SAMPEL 2				Rata - Rata
	Berat Tertahan	(%) Tertahan	Komulatif Tertahan	(%) Lolos	Berat Tertahan	(%) Tertahan	Komulatif Tertahan	(%) Lolos	
3/4"	0.00	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	0.00	100.00	100.00
1/2"	0.00	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	0.00	100.00	100.00
3/8"	219.60	14.64	14.64	85.36	236.40	15.76	15.76	84.24	84.80
4	684.10	45.61	60.25	39.75	708.30	47.22	62.98	37.02	38.39
8	426.90	28.46	88.71	11.29	418.10	27.87	90.85	9.15	10.22
16	103.40	6.89	95.60	4.40	93.20	6.21	97.07	2.93	3.67
30	52.40	3.49	99.09	0.91	30.30	2.02	99.09	0.91	0.91
50	0.70	0.05	99.14	0.86	0.60	0.04	99.13	0.87	0.87
100	0.70	0.05	99.19	0.81	1.80	0.12	99.25	0.75	0.78
200	0.00	0.00	99.19	0.81	2.70	0.18	99.43	0.57	0.69
Pan	12.20	0.81	100.00	0.00	8.60	0.57	100.00	0.00	0.00
Jumlah	1500.00	100.00			1500.00	100.00			

Tabel 4. 7 Hasil pengujian analisa saringan agregat halus (abu batu) (sumber: Pengujian Labolatorium 2024)

No. Saringan	SAMPEL 1				SAMPEL 2				Rata - Rata
	Berat Tertahan	(%) Tertahan	Komulatif Tertahan	(%) Lolos	Berat Tertahan	(%) Tertahan	Komulatif Tertahan	(%) Lolos	
3/4"	0.00	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	0.00	100.00	100.00
1/2"	0.00	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	0.00	100.00	100.00
3/8"	0.00	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	0.00	100.00	100.00
4	0.00	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	0.00	100.00	100.00
8	178.30	11.89	11.89	88.11	155.40	10.36	10.36	89.64	88.88
16	452.90	30.19	42.08	57.92	433.90	28.93	39.29	60.71	59.32
30	334.20	22.28	64.36	35.64	333.80	22.25	61.54	38.46	37.05
50	158.60	10.57	74.93	25.07	169.50	11.30	72.84	27.16	26.11
100	127.40	8.49	83.43	16.57	145.10	9.67	82.51	17.49	17.03
200	63.60	4.24	87.67	12.33	76.30	5.09	87.60	12.40	12.37
Pan	185.00	12.33	100.00	0.00	186.00	12.40	100.00	0.00	0.00
Jumlah	1500.00	100.00			1500.00	100.00			

B. Hasil Pemeriksaan Sifat-Sifat Aspal

Pengujian sifat aspal terdiri dari pengujian berat jenis aspal, pengujian titik lembek, pengujian kehilangan berat aspal, dan pengujian penetrasi. Pada pemeriksaan aspal merujuk pada spesifikasi umum bina marga 2018. Dari hasil pemeriksaan aspal diperoleh data pada tabel berikut.

Tabel 4. 8 Hasil pengujian aspal (Sumber: Hasil Pengujian Labolatorium 2024)

No.	**Jenis Pengujian**	**Hasil Pemeriksaan**	**Spek**	**Satuan**	**Keterangan**
1.	Berat jenis aspal	1,01	≥ 1,0	gr/cc	Memenuhi
2.	Titik lembek aspal	49	≥ 48	^{0}C	Memenuhi
3.	Kehilangan berat aspal	0,4	≤ 0,8	mm	Memenuhi
4.	Penetrasi pada 25^{0}C	68	60-70	%	Memenuhi

Dari hasil pengujian aspal diatas diperoleh nilai berat jenis aspal 1,01 gr/cc, titik lebek aspal 49^{0}C, kehilangan berat aspal 0,4 dan penetrasi pada 25^{0}C,

sebesar 68 mm. Berdasarkan persyaratan spesifkasi pemeriksaan aspal maka aspal dalam pengujian ini memenuhi.

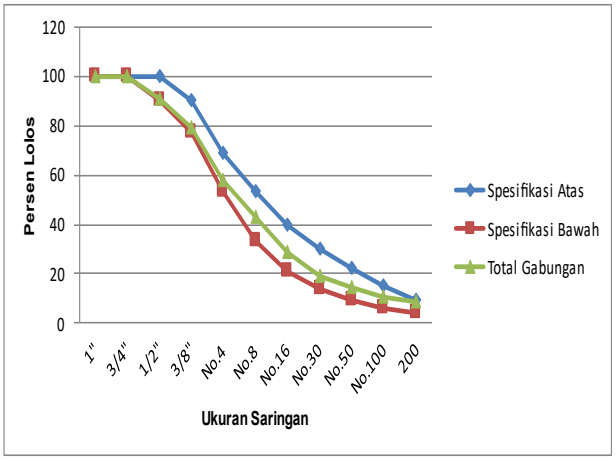
C. Hasil Rancangan Campuran

a. Gradasi agregat gabungan

Berdasarkan dari hasil pemeriksaan analisa saringan maka gradiasi agregat diperoleh pada tabel 4.7 dibawah ini:

Tabel 4. 9 Hasil gradasi agregat gabungan campuran normal (sumber: hasil laboratorium 2024)

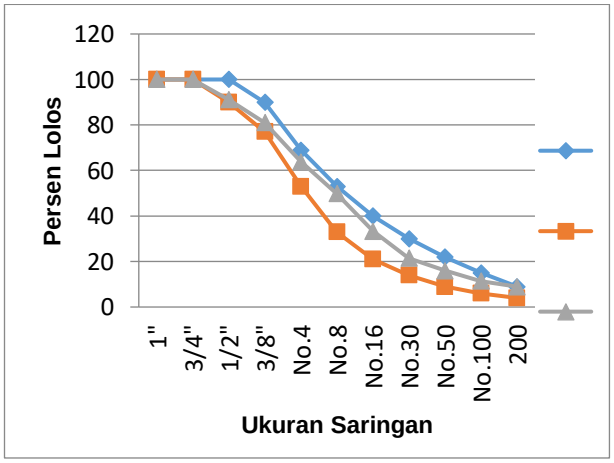
Saringan		Gradasi Agregat				25%	33%	40%	2%	Total	Spek. AC-WC
ASTM	(mm)	Agg.1/2	Agg. 0.5/1	Abu Batu	semen	Agg.1/2	Agg 0.5/1	Abu Batu	semen		
1"	25	100,00	100,00	100,00	100,00	25,00	33,00	40,00	2,00	100,00	100
3/4"	19	100,00	100,00	100,00	100,00	25,00	33,00	40,00	2,00	100,00	90-100
1/2"	12,5	62,98	100,00	100,00	100,00	15,74	33,00	40,00	2,00	90,74	71-90
3/8"	9,5	36,86	84,80	100,00	100,00	9,22	27,98	40,00	2,00	79,20	58-80
No.4	4,75	13,54	38,39	100,00	100,00	3,39	12,67	40,00	2,00	58,05	37-56
No.8	2,36	7,59	10,22	88,88	100,00	1,90	3,37	35,55	2,00	42,82	23-34
No.16	1,18	7,15	3,67	59,32	100,00	1,79	1,21	23,73	2,00	28,73	15-22
No.30	0,6	7,05	0,91	37,05	100,00	1,76	0,30	14,82	2,00	18,88	14-30
No.50	0,3	6,91	0,87	26,11	100,00	1,73	0,29	10,45	2,00	14,46	9-22
No.100	0,15	6,83	0,78	17,03	100,00	1,71	0,26	6,81	2,00	10,78	6-15
200	0,075	6,74	0,69	12,37	100,00	1,68	0,23	4,95	2,00	8,86	4-9



Gambar 4. 1 Grafik Hasil Gradasi Agregat Gabungan Caampuran Normal

Tabel 4. 10 Hasil gradasi agregat gabungan campuran filler abu sekam padi 1% (sumber: hasil laboratorium 2024)

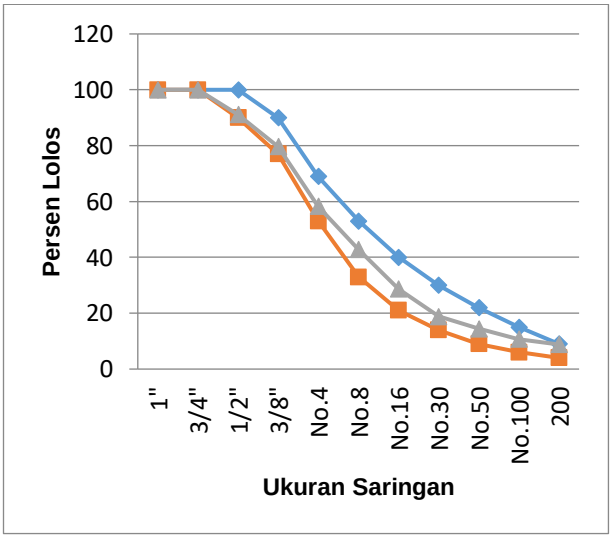
Saringan		Gradasi Agregat				24%	25%	50%	1%	Total	Spek. AC-WC
ASTM	(mm)	Agg.1/2	Agg. 0.5/1	Abu Batu	semen	Agg.1/2	Agg 0.5/1	Abu Batu	semen		
1"	25	100,00	100,00	100,00	100,00	24,00	25,00	50,00	1,00	100,00	100
3/4"	19	100,00	100,00	100,00	100,00	24,00	25,00	50,00	1,00	100,00	100
1/2"	12,5	62,98	100,00	100,00	100,00	15,11	25,00	50,00	1,00	91,11	90-100
3/8"	9,5	36,86	84,80	100,00	100,00	8,85	21,20	50,00	1,00	81,05	77-90
No.4	4,75	13,54	38,39	100,00	100,00	3,25	9,60	50,00	1,00	63,85	53-69
No.8	2,36	7,59	10,22	88,88	100,00	1,82	2,56	44,44	1,00	49,81	33-53
No.16	1,18	7,15	3,67	59,32	100,00	1,72	0,92	29,66	1,00	33,29	21-40
No.30	0,6	7,05	0,91	37,05	100,00	1,69	0,23	18,53	1,00	21,44	14-30
No.50	0,3	6,91	0,87	26,11	100,00	1,66	0,22	13,06	1,00	15,93	9-22
No.100	0,15	6,83	0,78	17,03	100,00	1,64	0,20	8,52	1,00	11,35	6-15
200	0,075	6,74	0,69	12,37	100,00	1,62	0,17	6,18	1,00	8,97	4-9



Gambar 4. 2 Grafik hasil gradasi agregat gabungan filler abu sekam padi 1%

Tabel 4. 11 Hasil gradasi agregat gabungan campuran filler abu sekam padi 2% (sumber: hasil laboratorium 2024)

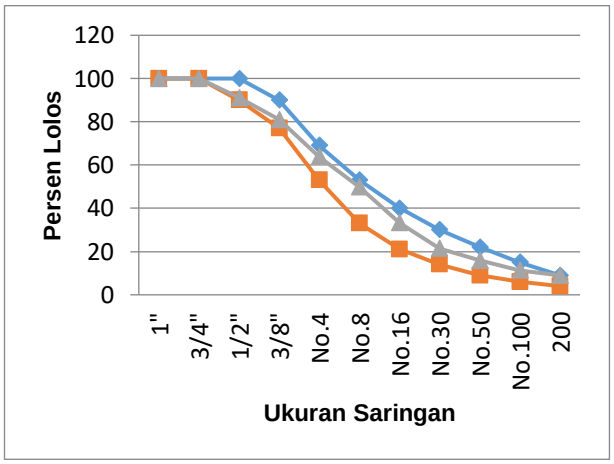
Saringan		Gradasi Agregat				24%	34%	40%	2%	Total	Spek. AC-WC
ASTM	(mm)	Agg.1/2	Agg. 0.5/1	Abu Batu	semen	Agg.1/2	Agg 0.5/1	Abu Batu	semen		
1"	25	100,00	100,00	100,00	100,00	24,00	34,00	40,00	2,00	100,00	100
3/4"	19	100,00	100,00	100,00	100,00	24,00	34,00	40,00	2,00	100,00	100
1/2"	12,5	62,98	100,00	100,00	100,00	15,11	34,00	40,00	2,00	91,11	90-100
3/8"	9,5	36,86	84,80	100,00	100,00	8,85	28,83	40,00	2,00	79,68	77-90
No.4	4,75	13,54	38,39	100,00	100,00	3,25	13,05	40,00	2,00	58,30	53-69
No.8	2,36	7,59	10,22	88,88	100,00	1,82	3,47	35,55	2,00	42,85	33-53
No.16	1,18	7,15	3,67	59,32	100,00	1,72	1,25	23,73	2,00	28,69	21-40
No.30	0,6	7,05	0,91	37,05	100,00	1,69	0,31	14,82	2,00	18,82	14-30
No.50	0,3	6,91	0,87	26,11	100,00	1,66	0,29	10,45	2,00	14,40	9-22
No.100	0,15	6,83	0,78	17,03	100,00	1,64	0,27	6,81	2,00	10,72	6-15
200	0,075	6,74	0,69	12,37	100,00	1,62	0,24	4,95	2,00	8,80	4-9



Gambar 4. 3 Grafik hasil gradasi agregat gabungan filler abu sekam padi 2%

Tabel 4. 12 Hasil gradasi agregat gabungan campuran filler flay ash 1% (sumber: hasil laboratorium 2024)

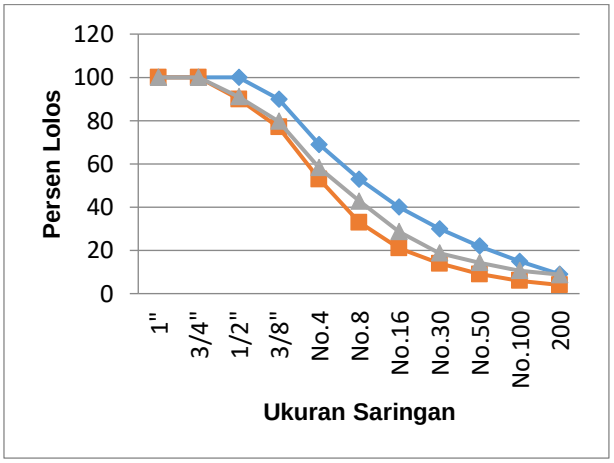
Saringan		Gradasi Agregat				24%	25%	50%	1%	Total	Spek. AC-WC
ASTM	(mm)	Agg.1/2	Agg. 0.5/1	Abu Batu	semen	Agg.1/2	Agg 0.5/1	Abu Batu	semen		
1"	25	100,00	100,00	100,00	100,00	24,00	25,00	50,00	1,00	100,00	100
3/4"	19	100,00	100,00	100,00	100,00	24,00	25,00	50,00	1,00	100,00	100
1/2"	12,5	62,98	100,00	100,00	100,00	15,11	25,00	50,00	1,00	91,11	90-100
3/8"	9,5	36,86	84,80	100,00	100,00	8,85	21,20	50,00	1,00	81,05	77-90
No.4	4,75	13,54	38,39	100,00	100,00	3,25	9,60	50,00	1,00	63,85	53-69
No.8	2,36	7,59	10,22	88,88	100,00	1,82	2,56	44,44	1,00	49,81	33-53
No.16	1,18	7,15	3,67	59,32	100,00	1,72	0,92	29,66	1,00	33,29	21-40
No.30	0,6	7,05	0,91	37,05	100,00	1,69	0,23	18,53	1,00	21,44	14-30
No.50	0,3	6,91	0,87	26,11	100,00	1,66	0,22	13,06	1,00	15,93	9-22
No.100	0,15	6,83	0,78	17,03	100,00	1,64	0,20	8,52	1,00	11,35	6-15
200	0,075	6,74	0,69	12,37	100,00	1,62	0,17	6,18	1,00	8,97	4-9



Gambar 4. 4 Grafik hasil gradasi agregat gabungan filler fly ash 1%

Tabel 4. 13 Hasil gradasi agregat gabungan campuran filler flay ash 2% (sumber: hasil laboratorium 2024)

Saringan		Gradasi Agregat				24%	34%	40%	%	Total	Spek. AC-WC
ASTM	(mm)	Agg.1/2	Agg. 0.5/1	Abu Batu	semen	Agg.1/2	Agg 0.5/1	Abu Batu	semen		
1"	25	100,00	100,00	100,00	100,00	24,00	34,00	40,00	2,00	100,00	100
3/4"	19	100,00	100,00	100,00	100,00	24,00	34,00	40,00	2,00	100,00	100
1/2"	12,5	62,98	100,00	100,00	100,00	15,11	34,00	40,00	2,00	91,11	90-100
3/8"	9,5	36,86	84,80	100,00	100,00	8,85	28,83	40,00	2,00	79,68	77-90
No.4	4,75	13,54	38,39	100,00	100,00	3,25	13,05	40,00	2,00	58,30	53-69
No.8	2,36	7,59	10,22	88,88	100,00	1,82	3,47	35,55	2,00	42,85	33-53
No.16	1,18	7,15	3,67	59,32	100,00	1,72	1,25	23,73	2,00	28,69	21-40
No.30	0,6	7,05	0,91	37,05	100,00	1,69	0,31	14,82	2,00	18,82	14-30
No.50	0,3	6,91	0,87	26,11	100,00	1,66	0,29	10,45	2,00	14,40	9-22
No.100	0,15	6,83	0,78	17,03	100,00	1,64	0,27	6,81	2,00	10,72	6-15
200	0,075	6,74	0,69	12,37	100,00	1,62	0,24	4,95	2,00	8,80	4-9



Tabel 4. 14 Grafik hasil gradasi agregat gabungan filler fly ash 2%

Dari hasil pemeriksaan analisa saringan maka gradasi agregat diperoleh seperti pada tabel diatas. Gradasi agregat gabungan untuk campuran aspal, ditunjukan dalam persen terhadap berat agregat, harus memenuhi batas-batas dan khusus untuk campuran AC-WC harus berada di antara batas atas dan batas bawah yang sesuai dengan spesifikasi. Dari hasil gradasi agregat gabungan diatas telah memenuhi batas-batas spesifikasi Umum Bina Marga 2018.

D. Hasil berat agregat yang diperlukan untuk benda uji

Dari hasil analisa gradasi agregat gabungan diatas, didapat perhitungan berat agregat yang diperlukan seperti pada tabel 4.15.

Tabel 4. 15 Hasil berat agregat yang diperlukan untuk benda uji normal (Sumber: Hasil Pengolahan Data 2024)

Kadar Aspal (%)	Aspal (gr)	Agregat 1-2 (gr)	Agregat 0.5-1 (gr)	Abu Batu (gr)	Semen (gr)
4.00	48	288	380.16	460.8	23.04
5.00	60	285	376.2	456	22.8
6.00	72	282	372.24	451.2	22.56

Tabel 4. 16 Hasil berat agregat yang diperlukan untuk benda uji filler abu sekam padi 1% (Sumber: Hasil Pengolahan Data 2024)

Kadar Aspal (%)	Aspal (gr)	Agregat 1-2 (gr)	Agregat 0.5-1 (gr)	Abu Batu (gr)	Semen (gr)
4.00	48	576	288	276.48	11.52
5.00	60	570	285	273.6	11.4
6.00	72	564	282	270.72	11.28

Tabel 4. 17 Hasil berat agregat yang diperlukan untuk benda uji filler abu sekam padi 2% (Sumber: Hasil Pengolahan Data 2024)

Kadar Aspal (%)	Aspal (gr)	Agregat 1-2 (gr)	Agregat 0.5-1 (gr)	Abu Batu (gr)	Semen (gr)
4.00	48	276.48	391.68	460.8	23.04
5.00	60	273.6	387.6	456	22.8
6.00	72	270.72	383.52	451.2	22.56

Tabel 4. 18 Hasil berat agregat yang diperlukan untuk benda uji filler fly ash 1% (Sumber: Hasil Pengolahan Data 2024)

Kadar Aspal (%)	Aspal (gr)	Agregat 1-2 (gr)	Agregat 0.5-1 (gr)	Abu Batu (gr)	Semen (gr)
4.00	48	576	288	276.48	11.52
5.00	60	570	285	273.6	11.4
6.00	72	564	282	270.72	11.28

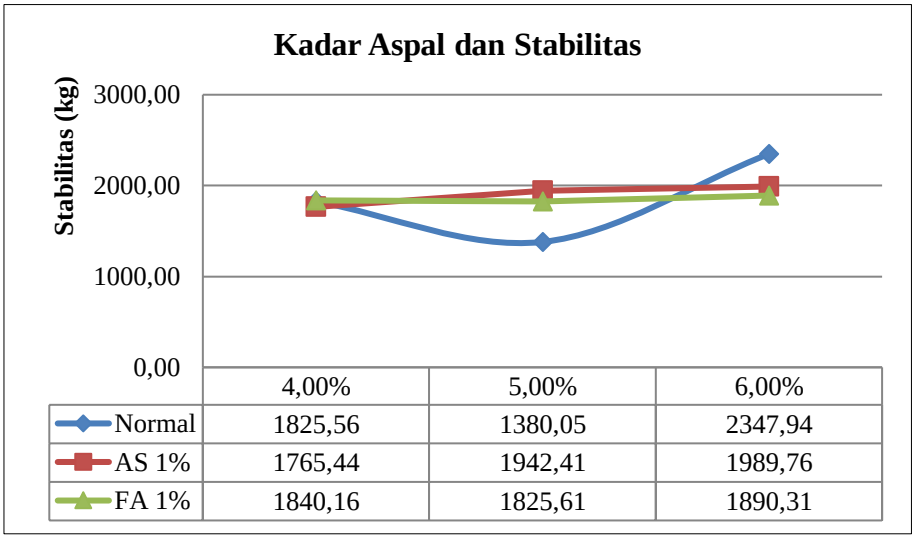
Tabel 4. 19 Hasil berat agregat yang diperlukan untuk benda uji filler fly ash 1% (Sumber: Hasil Pengolahan Data 2024)

Kadar Aspal (%)	Aspal (gr)	Agregat 1-2 (gr)	Agregat 0.5-1 (gr)	Abu Batu (gr)	Semen (gr)
4.00	48	276.48	391.68	460.8	23.04
5.00	60	273.6	387.6	456	22.8
6.00	72	270.72	383.52	451.2	22.56

E. Hasil pengujian marshall

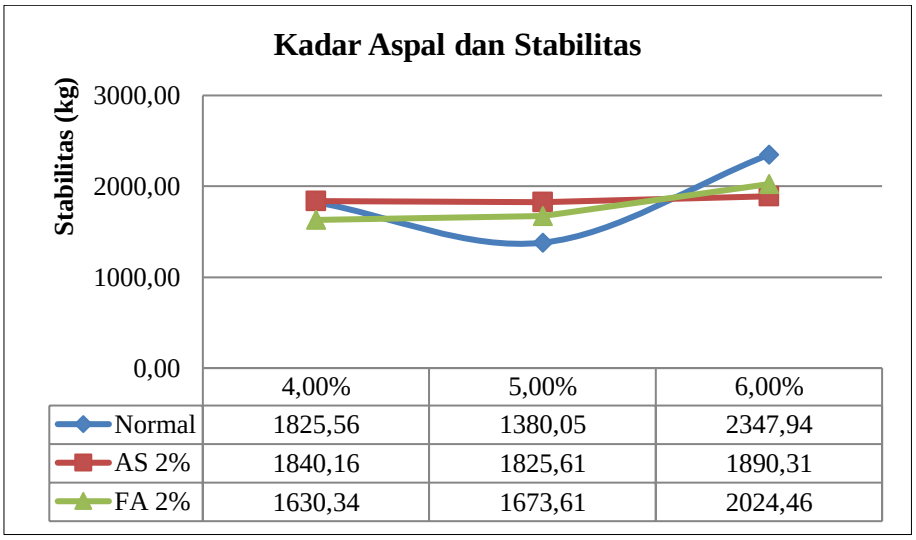
1. Stabilitas

Berdasarkan hasil pengujian di labolatorium diperoleh nilai grafik hubungan nilai stabilitas dengan kadar aspal 4%,5%, dan 6% pada campuran filler 0%,1%, dan 2% dapat dilihat pada gambar 4.6



Gambar 4. 5 Grafik hubungan antara kadar aspal 4%, 5%, dan 6% dengan stabilitas pada campuran filler normal, abu sekam padi 1% dan fly ash 1%

Berdasarkan grafik pada gambar 4.6 hubungan stabilitas dengan kadar aspal 4%, 5% dan 6% pada campuran filler normal, abu sekam padi 1% dan fly ash 1%. Pada filler normal didapatkan nilai stabilitas sebesar 1825.26, 1380.05 dan 2347.94, kemudian pada filler abu sekam padi 1% didapatkan nilai stabilitas sebesar 1765.44, 1942.41 dan 1989.76, dan pada filler fly ash 1% didapatkan nilai stabilitas sebesar 1840.16, 1825.61 dan 1890.31.Dari hasil pengujian untuk nilai stabilitas dari gambar 4.6 dapat di lihat bahwa nilai stabilitas pada campuran filler normal, abu sekam padi 1% dan fly ash 1% semuanya memenuhi Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Revisi 2 yang memiliki nilai stabilitas minimum 800 kg.

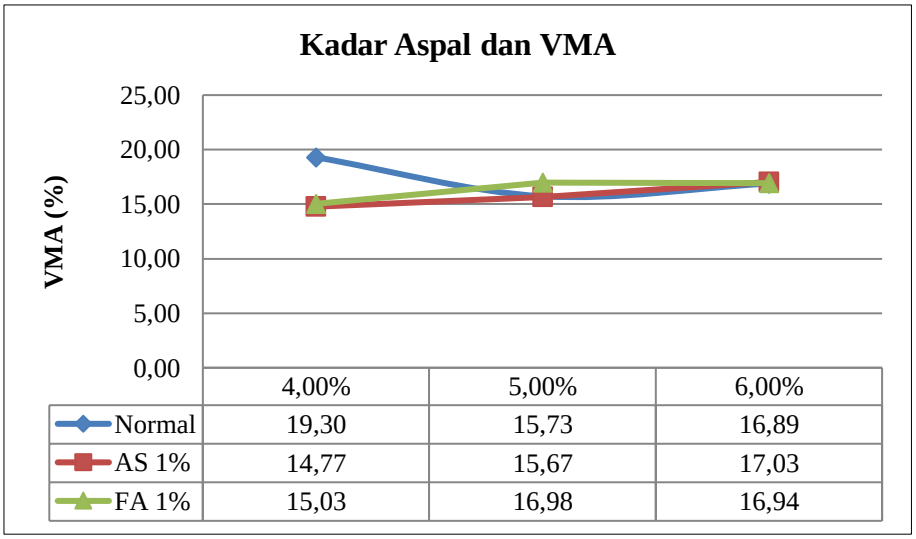


Gambar 4. 6 Grafik hubungan antara kadar aspal 4%, 5%, dan 6% dengan stabilitas pada campuran filler normal, abu sekam padi 2% dan fly ash 2%

Berdasarkan grafik pada gambar 4.7 hubungan stabilitas dengan kadar aspal 4%, 5% dan 6% pada campuran filler normal, abu sekam padi 2% dan fly ash 2%. Pada filler normal didapatkan nilai stabilitas sebesar 1825.26, 1380.05 dan 2347.94, kemudian pada filler abu sekam padi 2% didapatkan nilai stabilitas sebesar 1840.16, 1825.61 dan 1890.31, dan pada filler fly ash 2% didapatkan nilai stabilitas sebesar 1630.34, 1673.61 dan 2024.46. Dari hasil pengujian untuk nilai stabilitas dari gambar 4.6 dapat di lihat bahwa nilai stabilitas pada campuran filler normal, abu sekam padi 2% dan fly ash 2% semuanya memenuhi Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Revisi 2 yang memiliki nilai stabilitas minimum 800 kg.

2. Rongga Antara Mieral Agregat (VMA)

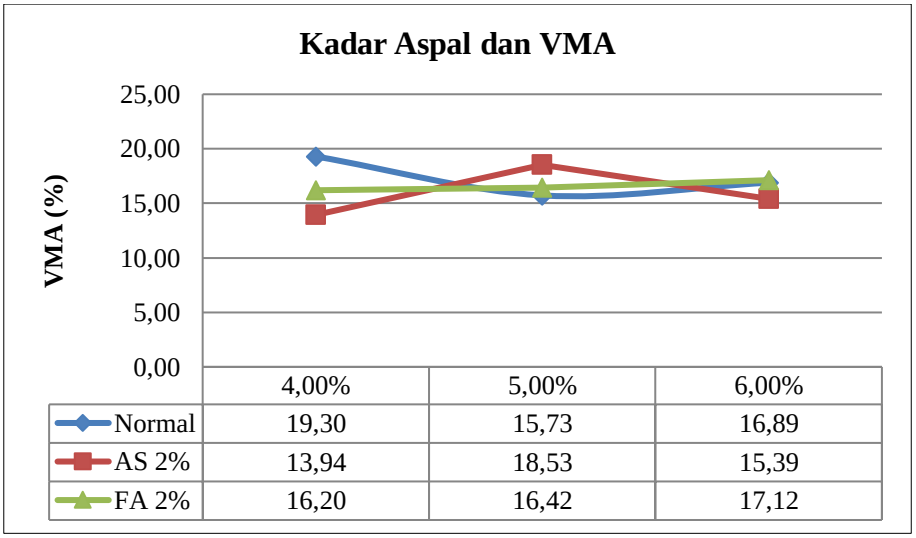
Nilai VMA yang didapat pada kadar aspal 4%,5%, dan 6% dengan campuran filler 0%,1%,2% dapat dilihat pada gambar:



	4,00%	5,00%	6,00%
Normal	19,30	15,73	16,89
AS 1%	14,77	15,67	17,03
FA 1%	15,03	16,98	16,94

Gambar 4. 7 Grafik hubungan antara kadar aspal 4%, 5%, dan 6% dengan VMA pada campuran filler normal, abu sekam padi 1% dan fly ash 1%

Berdasarkan grafik pada gambar 4.8 hubungan VMA dengan kadar aspal 4%, 5% dan 6% pada campuran filler normal, abu sekam padi 1% dan fly ash 1%. Pada filler normal didapatkan nilai VMA sebesar 19.30, 15.73 dan 16.89, kemudian pada filler abu sekam padi 1% didapatkan nilai VMA sebesar 14.77, 15.67 dan 17.03, dan pada filler fly ash 1% didapatkan nilai VMA sebesar 15.03, 16.98 dan 16.94. Dari hasil pengujian untuk nilai VMA dari gambar 4.8 dapat di lihat bahwa nilai VMA pada campuran filler normal, abu sekam padi 1% dan fly ash 1% semuanya memenuhi Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Revisi 2 yang memiliki nilai VMA minimum 15%

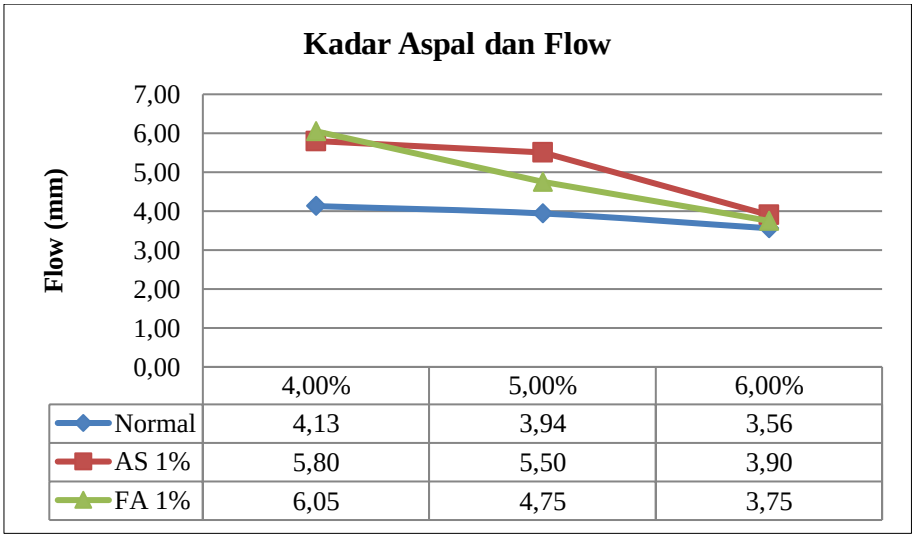


Gambar 4. 8 Grafik hubungan antara kadar aspal 4%, 5%, dan 6% dengan VMA pada campuran filler normal, abu sekam padi 2% dan fly ash 2%

Berdasarkan grafik pada gambar 4.9 hubungan VMA dengan kadar aspal 4%, 5% dan 6% pada campuran filler normal, abu sekam padi 2% dan fly ash 2%. Pada filler normal didapatkan nilai VMA sebesar 19.30, 15.73 dan 16.89, kemudian pada filler abu sekam padi 2% didapatkan nilai VMA sebesar 13.94, 18.53 dan 15.39, dan pada filler fly ash 2% didapatkan nilai stabilitas sebesar 16.20, 16.42 dan 17.12. Dari hasil pengujian untuk nilai VMA dari gambar 4.9 dapat di lihat bahwa nilai VMA pada campuran filler normal, abu sekam padi 2% dan fly ash 2% semuanya memenuhi Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Revisi 2 yang memiliki nilai VMA minimum 15%

3. Kelelahan (Flow)

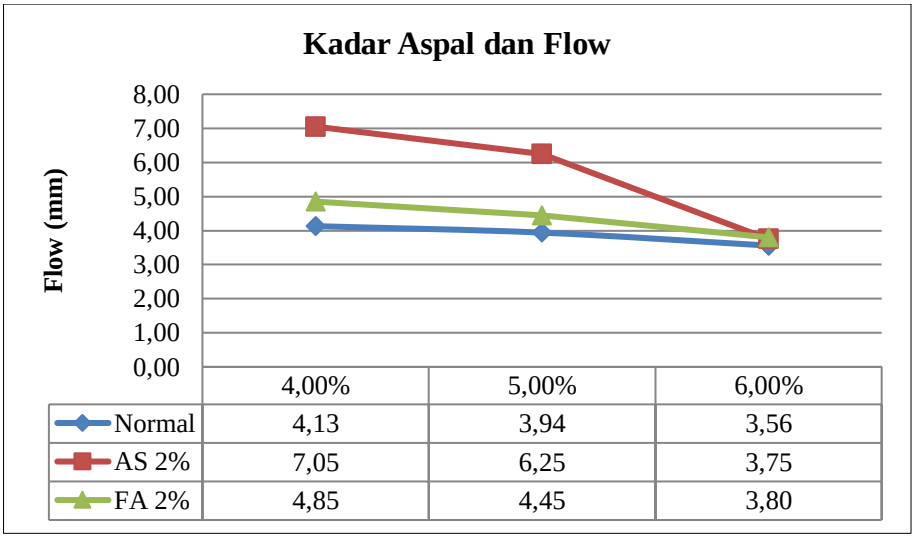
Nilai flow didapat pada aspal normal fly ash dan abu sekam padi dilihat pada gambar di bawah ini



	4,00%	5,00%	6,00%
Normal	4,13	3,94	3,56
AS 1%	5,80	5,50	3,90
FA 1%	6,05	4,75	3,75

Gambar 4. 9 Grafik hubungan antara kadar aspal 4%, 5%, dan 6% dengan flow pada campuran filler normal, abu sekam padi 1% dan fly ash 1%

Berdasarkan grafik pada gambar 4.10 hubungan flow dengan kadar aspal 4%, 5% dan 6% pada campuran filler normal, abu sekam padi 1% dan fly ash 1%. Pada filler normal didapatkan nilai flow sebesar 4.13, 3.94 dan 3.56, kemudian pada filler abu sekam padi 1% didapatkan nilai flow sebesar 5.80, 5.50 dan 3.90, dan pada filler fly ash 1% didapatkan nilai flow sebesar 6.05, 4.75 dan 3.75. Dari hasil pengujian untuk nilai flow dari gambar 4.10 dapat di lihat bahwa nilai flow pada campuran filler normal pada kadar aspal 5% dan 6%, abu sekam padi 1% pada kadar aspal 6% dan fly ash 1% pada kadar aspal 6% telah memenuhi Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Revisi 2 yang memiliki nilai flow 2-4 mm. Sedangkan pada filler normal pada kadar aspal 4%, abu sekam padi 1% pada kadar aspal 4% dan 5%, fly ash 1% pada kadar aspal 4% dan 5% tidak memenuhi Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Revisi 2 yang memiliki nilai flow 2-4 mm

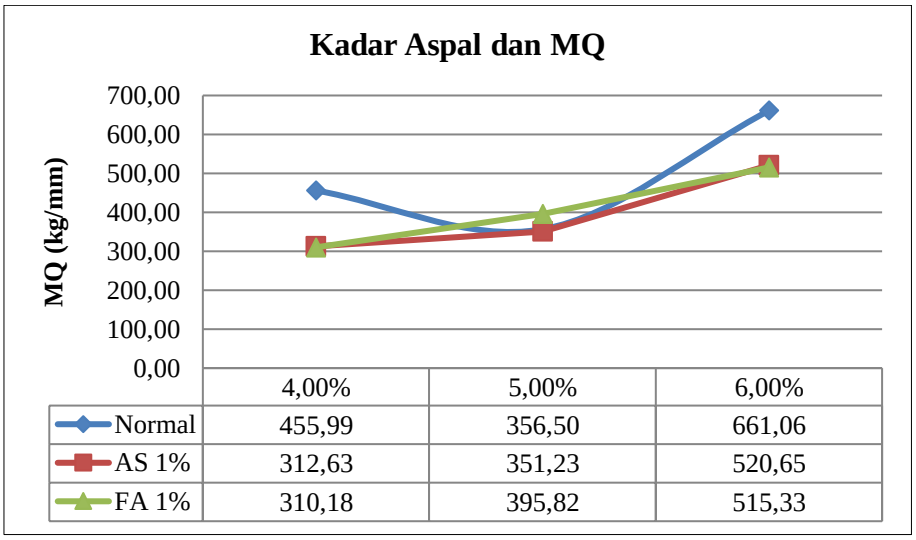


Gambar 4. 10 Grafik hubungan antara kadar aspal 4%, 5%, dan 6% dengan flow pada campuran filler normal, abu sekam padi 2% dan fly ash 2%

Berdasarkan grafik pada gambar 4.11 hubungan flow dengan kadar aspal 4%, 5% dan 6% pada campuran filler normal, abu sekam padi 2% dan fly ash 2%. Pada filler normal didapatkan nilai flow sebesar 4.13, 3.94 dan 3.56, kemudian pada filler abu sekam padi 2% didapatkan nilai flow sebesar 7.05, 6.25 dan 3.75, dan pada filler fly ash 2% didapatkan nilai flow sebesar 4.85, 4.45 dan 3.80. Dari hasil pengujian untuk nilai flow dari gambar 4.11 dapat di lihat bahwa nilai flow pada campuran filler normal pada kadar aspal 5% dan 6%, abu sekam padi 2% pada kadar aspal 6% dan fly ash 2% pada kadar aspal 6% telah memenuhi Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Revisi 2 yang memiliki nilai flow 2-4 mm. Sedangkan pada filler normal pada kadar aspal 4%, abu sekam padi 2% pada kadar aspal 4% dan 5%, fly ash 2% pada kadar aspal 4% dan 5% tidak memenuhi Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Revisi 2 yang memiliki nilai flow 2-4.

4. MQ (kg/mm)

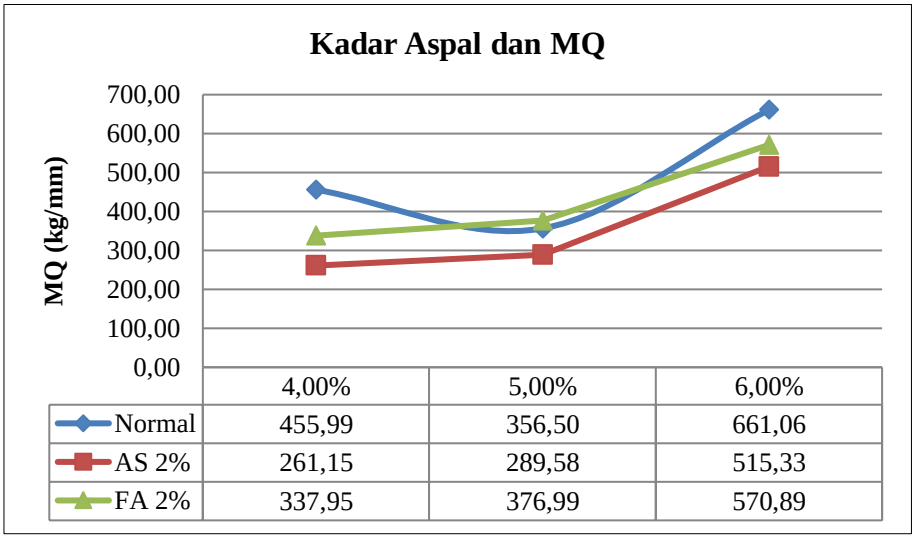
Nilai MQ yang didapat pada campuran aspal normal serta penambahan ban bekas dapat dilihat pada gambar 4.12- 4.13



	4,00%	5,00%	6,00%
Normal	455,99	356,50	661,06
AS 1%	312,63	351,23	520,65
FA 1%	310,18	395,82	515,33

Gambar 4. 11 Grafik hubungan antara kadar aspal 4%, 5%, dan 6% dengan MQ pada campuran filler normal, abu sekam padi 1% dan fly ash 1%

Berdasarkan grafik pada gambar 4.12 hubungan MQ dengan kadar aspal 4%, 5% dan 6% pada campuran filler normal, abu sekam padi 1% dan fly ash 1%. Pada filler normal didapatkan nilai MQ sebesar 455.99, 356.50 dan 661.06, kemudian pada filler abu sekam padi 1% didapatkan nilai MQ sebesar 312.63, 351.23 dan 520.65, dan pada filler fly ash 1% didapatkan nilai MQ sebesar 310.18, 395.82 dan 515.33. Dari hasil pengujian untuk nilai MQ dari gambar 4.12 dapat di lihat bahwa nilai VMA pada campuran filler normal, abu sekam padi 1% dan fly ash 1% semuanya memenuhi Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Revisi 2 yang memiliki nilai MQ minimum 250 kg/mm.

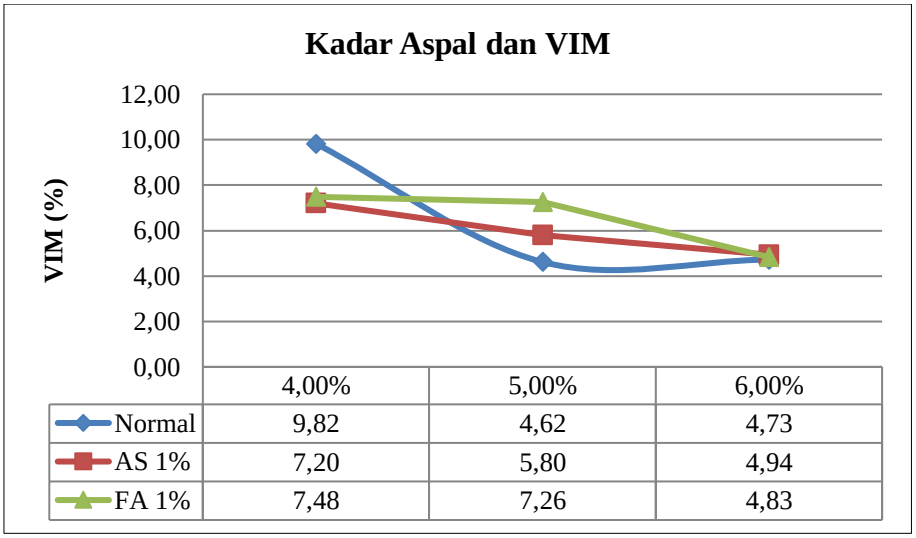


	4,00%	5,00%	6,00%
Normal	455,99	356,50	661,06
AS 2%	261,15	289,58	515,33
FA 2%	337,95	376,99	570,89

Gambar 4. 12 Grafik hubungan antara kadar aspal 4%, 5%, dan 6% dengan MQ pada campuran filler normal, abu sekam padi 2% dan fly ash 2%

Berdasarkan grafik pada gambar 4.13 hubungan MQ dengan kadar aspal 4%, 5% dan 6% pada campuran filler normal, abu sekam padi 1% dan fly ash 1%. Pada filler normal didapatkan nilai MQ sebesar 455.99, 356.50 dan 661.06, kemudian pada filler abu sekam padi 2% didapatkan nilai MQ sebesar 261.15, 289.58 dan 515.33, dan pada filler fly ash 2% didapatkan nilai MQ sebesar 337.95, 376.99 dan 570.89. Dari hasil pengujian untuk nilai MQ dari gambar 4.12 dapat di lihat bahwa nilai MQ pada campuran filler normal, abu sekam padi 2% dan fly ash 2% semuanya memenuhi Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Revisi 2 yang memiliki nilai MQ minimum 250 kg/mm.

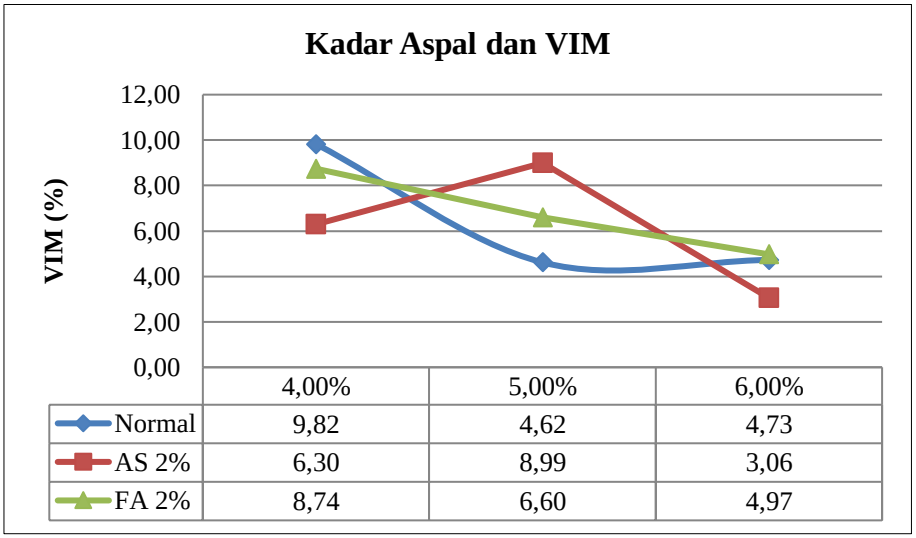
5. Rongga Terhadap Campuran (VIM)



	4,00%	5,00%	6,00%
Normal	9,82	4,62	4,73
AS 1%	7,20	5,80	4,94
FA 1%	7,48	7,26	4,83

Gambar 4. 13 Grafik hubungan antara kadar aspal 4%, 5%, dan 6% dengan VIM pada campuran filler normal, abu sekam padi 1% dan fly ash 1%

Berdasarkan grafik pada gambar 4.14 hubungan VIM dengan kadar aspal 4%, 5% dan 6% pada campuran filler normal, abu sekam padi 1% dan fly ash 1%. Pada filler normal didapatkan nilai VIM sebesar 9.82, 4.62 dan 4.73, kemudian pada filler abu sekam padi 1% didapatkan nilai VIM sebesar 7.20, 5.80 dan 4.94, dan pada filler fly ash 1% didapatkan nilai VIM sebesar 7.48, 7.26 dan 4.83. Dari hasil pengujian untuk nilai VIM dari gambar 4.14 dapat di lihat bahwa nilai VIM pada campuran filler normal pada kadar aspal 5% dan 6%, abu sekam padi 1% pada kadar aspal 6% dan fly ash 1% pada kadar aspal 6% telah memenuhi Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Revisi 2 yang memiliki nilai VIM 3%-5%. Sedangkan pada filler normal pada kadar aspal 4%, abu sekam padi 1% pada kadar aspal 4% dan 5%, fly ash 1% pada kadar aspal 4% dan 5% tidak memenuhi Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Revisi 2 yang memiliki nilai VIM 3%-5%.



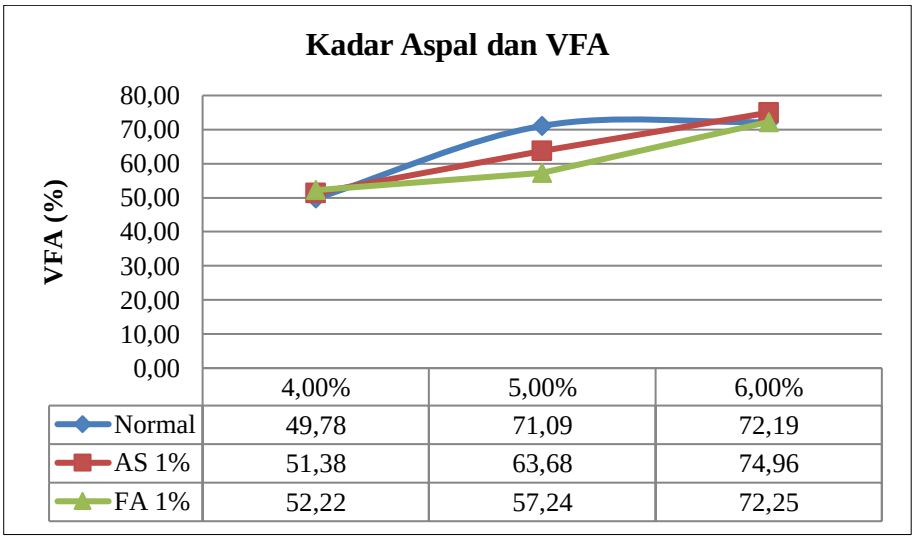
	4,00%	5,00%	6,00%
Normal	9,82	4,62	4,73
AS 2%	6,30	8,99	3,06
FA 2%	8,74	6,60	4,97

Gambar 4. 14 Grafik hubungan antara kadar aspal 4%, 5%, dan 6% dengan VIM pada campuran filler normal, abu sekam padi 2% dan fly ash 2%

Berdasarkan grafik pada gambar 4.15 hubungan VIM dengan kadar aspal 4%, 5% dan 6% pada campuran filler normal, abu sekam padi 2% dan fly ash 2%. Pada filler normal didapatkan nilai VIM sebesar 9.82, 4.62 dan 4.73, kemudian pada filler abu sekam padi 2% didapatkan nilai VIM sebesar 6.30, 8.99 dan 3.06, dan pada filler fly ash 2% didapatkan nilai VIM sebesar 8.74, 6.60 dan 4.97. Dari hasil pengujian untuk nilai VIM dari gambar 4.15 dapat di lihat bahwa nilai VIM pada campuran filler normal pada kadar aspal 5% dan 6%, abu sekam padi 2% pada kadar aspal 6% dan fly ash 2% pada kadar aspal 6% telah memenuhi Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Revisi 2 yang memiliki nilai flow 3%-5%. Sedangkan pada filler normal pada kadar aspal 4%, abu sekam padi 2% pada kadar aspal 4% dan 5%, fly ash 2% pada kadar aspal 4% dan 5% tidak memenuhi Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Revisi 2 yang memiliki nilai VIM 3%-5%.

6. Rongga Tersisi Aspal (VFA)

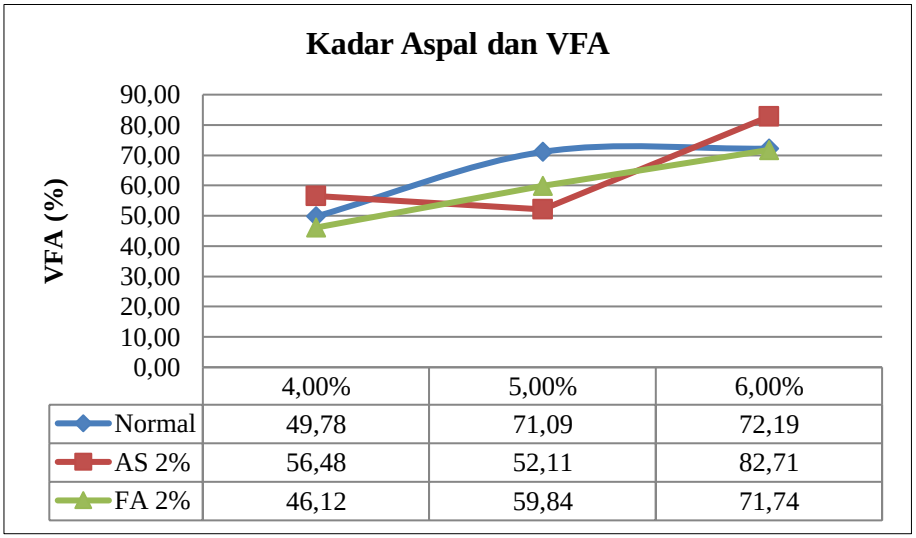
Nilai voids filleds (VFA) didapat pada aspal normal seta penggunaan bahan kapur dapat dilihat pada gambar 4.16- 4.17



	4,00%	5,00%	6,00%
Normal	49,78	71,09	72,19
AS 1%	51,38	63,68	74,96
FA 1%	52,22	57,24	72,25

Gambar 4. 15 Grafik hubungan antara kadar aspal 4%, 5%, dan 6% dengan VFA pada campuran filler normal, abu sekam padi 1% dan fly ash 1%

Berdasarkan grafik pada gambar 4.16 hubungan VFA dengan kadar aspal 4%, 5% dan 6% pada campuran filler normal, abu sekam padi 1% dan fly ash 1%. Pada filler normal didapatkan nilai VFA sebesar 49.78, 71.09 dan 72.19 kemudian pada filler abu sekam padi 1% didapatkan nilai VFA sebesar 51.38, 63.68 dan 74.96, dan pada filler fly ash 1% didapatkan nilai VFA sebesar 52.22, 57.24 dan 72.25. Dari hasil pengujian untuk nilai VFA dari gambar 4.16 dapat di lihat bahwa nilai VFA pada campuran filler normal pada kadar aspal 5% dan 6%, abu sekam padi 1% pada kadar aspal 6% dan fly ash 1% pada kadar aspal 6% telah memenuhi Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Revisi 2 yang memiliki nilai VFA minimum 65%. Sedangkan pada filler normal pada kadar aspal 4%, abu sekam padi 1% pada kadar aspal 4% dan 5%, fly ash 1% pada kadar aspal 4% dan 5% tidak memenuhi Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Revisi 2 yang memiliki nilai VFA minimum 65%.



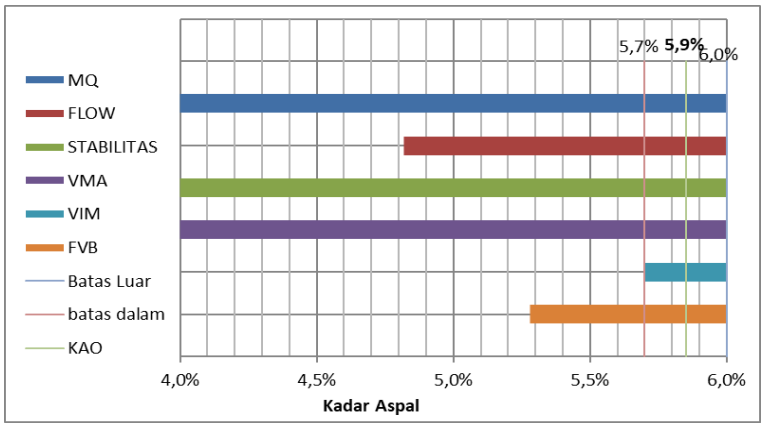
	4,00%	5,00%	6,00%
Normal	49,78	71,09	72,19
AS 2%	56,48	52,11	82,71
FA 2%	46,12	59,84	71,74

Gambar 4. 16 Grafik hubungan antara kadar aspal 4%, 5%, dan 6% dengan VFA pada campuran filler normal, abu sekam padi 2% dan fly ash 2%

Berdasarkan grafik pada gambar 4.16 hubungan VFA dengan kadar aspal 4%, 5% dan 6% pada campuran filler normal, abu sekam padi 2% dan fly ash 2%. Pada filler normal didapatkan nilai VFA sebesar 49.78, 71.09 dan 72.19 kemudian pada filler abu sekam padi 2% didapatkan nilai VFA sebesar 56.48, 52.11 dan 82.71, dan pada filler fly ash 2% didapatkan nilai VFA sebesar 46.12, 59.84 dan 71.74. Dari hasil pengujian untuk nilai VFA dari gambar 4.17 dapat di lihat bahwa nilai VFA pada campuran filler normal pada kadar aspal 5% dan 6%, abu sekam padi 2% pada kadar aspal 6% dan fly ash 2% pada kadar aspal 6% telah memenuhi Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Revisi 2 yang memiliki nilai VFA minimum 65%. Sedangkan pada filler normal pada kadar aspal 4%, abu sekam padi 2% pada kadar aspal 4% dan 5%, fly ash 2% pada kadar aspal 4% dan 5% tidak memenuhi Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Revisi 2 yang memiliki nilai VFA minimum 65%.

7. Penentuan Kadar Aspal Optimum (KAO)

Kadar aspal optimum adalah jumlah aspal yang digunakan dalam campuran agar dapat tercapai persyaratan stabilitas, VMA, VIM,VFB, Flow, dan marshall quotient (MQ) dalam penentuan kadar aspal optimum untuk menetapkan berapa besarnya kadar aspal efektif dalam campuran yang diperlukan untuk pembuatan benda uji baru dengan komposisi agregat sama namun dengan kadar aspal optimum yang telah ditentukan. Berikut ini kadar aspal optimum yang diperoleh dari pengujian marshall pada gambar dibawah ini.

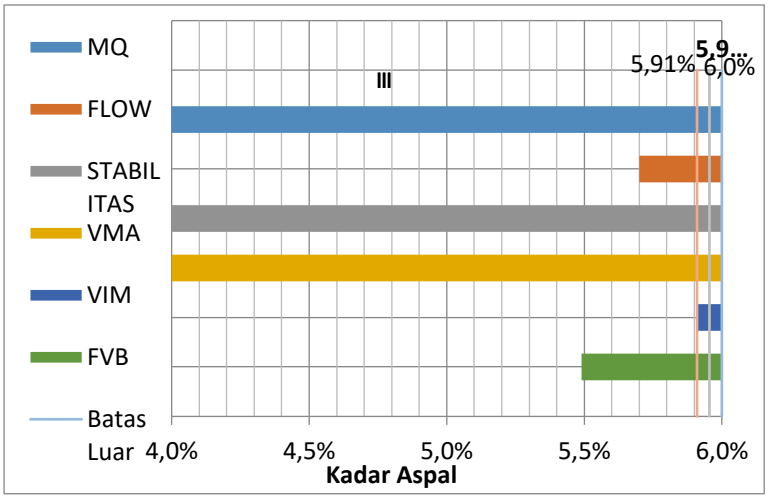


Gambar 4. 17 kadar aspal optimum normal (KAO)

$$\text{Kadar Aspal Optimum} = \frac{\text{KA MIN+KA Maks}}{2} = \frac{5{,}7\%+6\%}{2} = 5{,}9\%$$

Dimana: KA Min = kadar aspal minimum sebesar 5,7% KA Maks = Kadar aspal maksimal sebesar 6%

Berdasarkan gambar 4.14 menujukan nilai stabilitas, VMA, VIM, VFB, *flow*, dan *Marshall Quotient* (MQ) yang memenuhi spesifikasi untuk semua karakteristik dalam campuran 4%, 5%, dan 6% Sehingga nilai. Kadar Aspal Optimum (KAO) yang diperoleh adalah 5,9%.



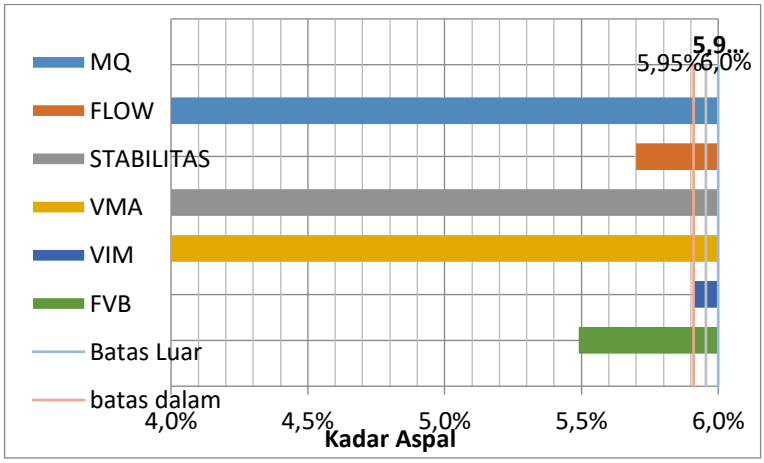
Gambar 4. 18 kadar aspal optimum Abu sekam 1%

$$\text{Kadar Aspal Optimum} = \frac{\text{KA MIN+KA Maks}}{2} = \frac{5{,}91\%+6\%}{2} = 5{,}96\%$$

Dimana: KA Min = kadar aspal minimum sebesar 5,7%

KA Maks = Kadar aspal maksimal sebesar 6%

Berdasarkan gambar 4.18 menujukan nilai stabilitas, VMA, VIM, VFB, *flow*, dan *Marshall Quotient* (MQ) yang memenuhi spesifikasi untuk semua karakteristik dalam campuran 4%, 5%, dan 6% Sehingga nilai. Kadar Aspal Optimum (KAO) yang diperoleh adalah 5,96%.



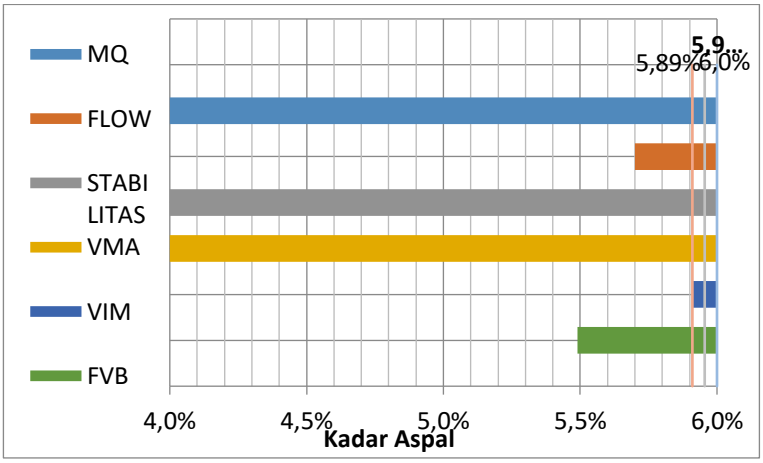
Gambar 4. 19 kadar aspal optimum Abu sekam 2%

$$\text{Kadar Aspal Optimum} = \frac{\text{KA MIN+KA Maks}}{2} = \frac{5{,}95\%+6\%}{2} = 5{,}98\%$$

Dimana: KA Min = kadar aspal minimum sebesar 5,95%

KA Maks = Kadar aspal maksimal sebesar 6%

Berdasarkan gambar 4.19 menujukan nilai stabilitas, VMA, VIM, VFB, *flow*, dan *Marshall Quotient* (MQ) yang memenuhi spesifikasi untuk semua karakteristik dalam campuran 4.5%, 5%, dan 5.5% Sehingga nilai. Kadar Aspal Optimum (KAO) yang diperoleh adalah 5,98%.



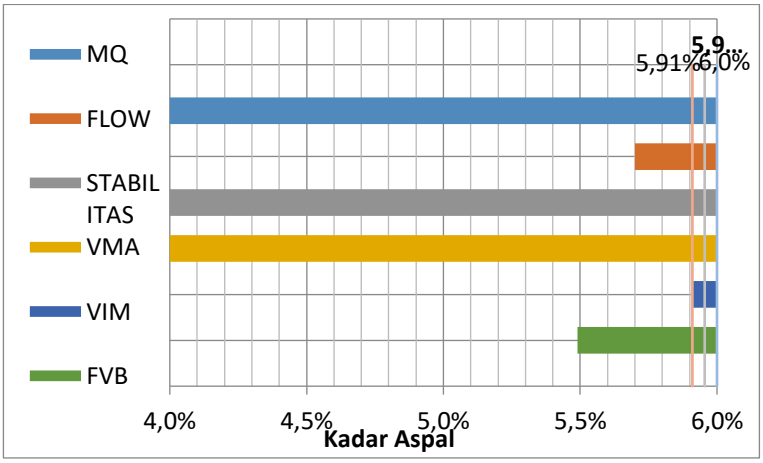
Gambar 4. 20 kadar aspal optimum Fly ash 1%

$$\text{Kadar Aspal Optimum} = \frac{\text{KA MIN+KA Maks}}{2} = \frac{5{,}89\%+6\%}{2} = 5{,}95\%$$

Dimana: KA Min = kadar aspal minimum sebesar 5,89%

KA Maks = Kadar aspal maksimal sebesar 6%

Berdasarkan gambar 4.20 menujukan nilai stabilitas, VMA, VIM, VFB, *flow*, dan *Marshall Quotient* (MQ) yang memenuhi spesifikasi untuk semua karakteristik dalam campuran 4.5%, 5%, dan 5.5% Sehingga nilai. Kadar Aspal Optimum (KAO) yang diperoleh adalah 5,95%.



Gambar 4. 21 kadar aspal optimum Fly ash 2%

$$\text{Kadar Aspal Optimum} = \frac{\text{KA MIN+KA Maks}}{2} = \frac{5{,}91\%+6\%}{2} = 5{,}96\%$$

Dimana: KA Min = kadar aspal minimum sebesar 5,91%

KA Maks = Kadar aspal maksimal sebesar 6%

Berdasarkan gambar 4.21 menujukan nilai stabilitas, VMA, VIM, VFB, *flow*, dan *Marshall Quotient* (MQ) yang memenuhi spesifikasi untuk semua karakteristik dalam campuran 4.5%, 5%, dan 5.5% Sehingga nilai. Kadar Aspal Optimum (KAO) yang diperoleh adalah 5,96%.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan dapat diberikan kesimpulan sebagai berikut :

1. Pengaruh penggunaan fly ash dan abu sekam padi campuran jalan aspal. Maka kadar aspal optimum yang diperoleh pada kondisi kadar aspal normal yaitu sebesar 5,9%, pada kondisi kadar aspal optimum yang diperoleh pada campuran kadar filler Abu sekam padi 1% yaitu meningkat sebesar 5,96%. Pada kondisi kadar filler Abu sekam padi 2% kadar aspal meningkat sebesar 5,98%. Sedangkan pada kadar aspal *fly ash* 1% sebesar 5,95% kemudian untuk kadar aspal fly ash 2% meningkat sebesar 5,96%.
2. Stabilitas campuran dengan filler fly ash dan abu sekam padi menunjukkan variasi nilai tergantung kadar aspal filler 2%. VMA meningkat seiring dengan penambahan filler, sementara itu nilai flow juga menunjukkan peningkatan. Nilai VIM dan VFA bervariasi, di mana nilai VFA pada filler 0% cenderung lebih tinggi daripada filler 1% dan 2%, sedangkan nilai VIM menunjukkan fluktuasi berdasarkan kadar aspal dan jenis filler. Kadar aspal optimum di peroleh pada 5,9% untuk filler 0%, filler abu sekam padi 1% 5,96%, abu sekam padi 2% 5,98% dan untuk filler fly ash 1%5,95%, untuk filler 2% 5,96%.

B. Saran

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan dapat diberikan saran sebagai berikut :

1. Perlu adanya penelitian lanjutan terhadap filler serbuk dengan variasi campuran yang berbeda.
2. Penelitian yang sama dapat dilakukan lagi untuk mengetahui peranan serbuk kapur sebagai pengganti filler dalam perkerasan jalan raya, seperti pengujian AC-BC atau AC-Base pada serbuk filler untuk melihat perbedaannya.

DAFTAR PUSTAKA

Afriayani3), Ihsanul Arifin1); Adrian Fadhli2) Sicilia. 2022. "ANALISIS PERBANDINGAN PEMAKAIN FILLER SEMEN DAN FILLER LIMBAH ABU BATU BARA PADACAMPURAN ASPAL PANAS (AC-WC)." 5(2):18–36.

Akbar, S. J., & Wesli, W. (2016). Stabilitas Lapis Aspal Beton Ac-Wc Menggunakan Abu Sekam Padi. Teras Jurnal, 2(4), 310–320. https://doi.org/10.29103/tj.v2i4.57

Akbar, S. J., Widari, L. A., & Munawir, K. (2019). Penggunaan Abu Batu Karang Sebagai Filler Terhadap Parameter Marshall Pada Campuran Aspal AC-BC. 9(2), 179–189.

Albayati A.H.K, M. A. . (2016). Pengaruh Metode Penambahan Kapur Terhadap Sifat Terkait Kinerja Campuran Aspal Beton. Journal of Engineering, 22(9), 1–20. https://doi.org/10.31026/j.eng.2016.09.01

Badan Standardisasi Nasional. (1991). SNI 06-2489-1991 Metode Pengujian Campuran Aspal Dengan Alat Marshall. 1.

Badan Standardisasi Nasional. (2008). SNI 2417:2008 Cara Uji Keausan Agregat Dengan Mesin Abrasi Los Angeles. Standar Nasional Indonesia, 1–9.

Badan Standardisasi Nasional. (2011). SNI 2432:2011 Cara uji daktilitas aspal.

Badan Standardisasi Nasional. (2011). SNI 2433:2011 Cara uji titik nyala dan titik bakar aspal dengan alat cleveland open cup.

Badan Standardisasi Nasional. (2011). SNI 2439-2011 Cara Uji Penyelimutan dan Pengelupasan pada Campuran Agregat Aspal.

Badan Standardisasi Nasional. (2011). SNI 2441:2011 Cara uji berat jenis aspal keras.

Badan Standarisasi Nasional. (1990). SNI 03-1968-1990 Metode Pengujian Tentang Analisis Saringan Agregat Halus dan Kasar. 1–5.

Badan Standarisasi Nasional. (1990). SNI 03-1969-1990 Metode pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat kasar. 2–5.

Badan Standarisasi Nasional. (1991). SNI 06-2456-1991 Metode Pengujian Penetrasi Bahan-Bahan Bitumen. 6–9.

Badan Standarisasi Nasional. (1996). SNI 03-4142-1996 Metode Pengujian Jumlah Bahan dalam Agregat Yang Lolos Saringan No.200. 200(200), 1–6.

Badan Standarisasi Nasional. (2011). SNI 2434:2011 Cara uji titik lembek aspal dengan alat cincin dan bola (ring and ball)

Beny Setiawan, M. T. 2023. "Analisis Perbandingan Karakteristik Perkerasan Jalan Raya AC-BC Menggunakan Abu Sekam Padi Sebagai Filler Alternatif." 5(2):213–28. doi: 10.31004/jutin.v6i1.15606.

Hermansyah1, A. F. Isnan.2, F. Yanti3. 2022. "Karakteristik Marshall Pada Campuran Aspal HRS-WC Menggunakan Abu Sekam Padi." 5. doi: 10.1016/j.ijprt.2017.10.007.A.

Indriyati1), Tengku Syahilla, Alfian Malik2), and Yosi Alwinda2. 2019. "KAJIAN PENGARUH PEMANFAATAN LIMBAH FABA(FLY ASH DAN BOTTOM ASH) PADA KONSTRUKSI LAPISAN BASE PERKERASAN JALAN." 13:112–19.

Marga, jendral bina. 2018. "Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Revisi 2."

Muhammad, Yogi Saputra. n.d. "PENGARUH PENGGUNAAN SEMEN PCC DAN SEKAM PADI SEBAGAI FILLER DALAM CAMPURAN ASPAL AC-WC DITINJAU DARI DURABILITY DAN FLEXIBILITY." 283–89.

Nurdin, Ade, and M. Nuklirullah. 2023. "AC-WC Strength Analysis with the Marshall Method on Fly Ash Mixture as a Substitute for Stone Ash Materials." 7(2):161–65.

Putri Rahma Witri 1), Khadavi 2), Veronika 3). 2010. "PENGARUH PENAMBAHAN ABU SEKAM PADI SEBAGAI FILLER PADA CAMPURAN ASPAL BETON AC-WC." 200(200):1–2.

Resy Victoria, and Ade Nurdin 1) M. Nuklirulla. 1). 2018. "PENGARUH PENGGUNAAN ABU SEKAM PADI SEBAGAI BAHAN PENGGANTI ABU BATU DALAM CAMPURAN ASPHALT CONCRETE – WEARING COURSE (AC-WC) TERHADAP PARAMETER MARSHALL." 15(1):57–64.

Riyanto1), Agus, and and Ramdhani Deva Prasetya2). 2020. "PENGARUH KADAR FILLER FLYASH DALAM CAMPURAN AC-WC DENGAN PASIR PANTAI TAKISUNG SEBAGAI AGREGAT HALUS DITINJAU DARI ASPEK KETIDAKRATAAN DAN PROPERTIES MARSHALL." 13(2):37–47.