

KAJIAN BAHAN PENGISI (FILLER) PADA CAMPURAN PANAS ASPAL AGREGAT (AC-BC) DENGAN PENGUJIAN MARSHALL

STUDY OF FILLER IN HOT MIXTURE ASPHALT AGGREGATE (AC-BC) WITH MARSHALL TESTING

Hendri Nofrianto¹, Wilton Wahab², Naldi Syofian³ Syafri Wardi⁴

^{1,2,3,4} Institut Teknologi Padang

hendrinofrianto63@gmail.com

ABSTRAK : Campuran aspal panas agregat terdiri dari agregat kasar, agregat halus, dan filler yang dicampur dengan bitumen dalam jumlah tertentu dengan perbandingan yang proporsional pada kondisi panas tertentu dengan alat Asphalt Mixing Plant. Campuran aspal panas dipengaruhi oleh sifat-sifat aspal dan sifat campuran padat material. Filler pada campuran aspal panas walaupun memiliki kandungan sekitar 1% sampai dengan 2% tetapi sangat mempengaruhi sifat aspal sebagai bahan pengikat. Partikel halus akan bereaksi terhadap sifat bitumen.

Sifat penelitian ini adalah studi kasus dengan metode eksperimental. Lokasi penelitian di Sungai Tuak Kabupaten Kerinci, dan percobaan di Laboratorium Balai Pengujian Lingkungan dan Konstruksi Dinas Pekerjaan Umum dan Tata Ruang Provinsi Sumatera Barat.

Hasil penelitian ini menyimpulkan bahwa ketentuan agregat Sungai Tuak dapat digunakan sebagai perkerasan lentur AC-BC dengan penambahan filler sebesar 2%. Pengisi yang ditambahkan pada perkerasan fleksibel dapat berupa pengisi semen atau pengisi abu terbang. Dari hasil pengujian Marshall, penambahan semen pengisi 2% secara keseluruhan memenuhi persyaratan kecuali pada Void Isi Bitumen dan Void dalam Campuran dengan kadar aspal 4,5% dan 5,0% diluar spesifikasi. Serta penambahan filler fly ash sebesar 2%. Namun pada kadar aspal 5,5%, 6,0% dan 6,5% memenuhi spesifikasi.

Jadi kadar aspal yang dapat digunakan untuk penambahan filler fly ash 2% adalah 5,5%, 6,0% dan 6,5%.

Kata kunci: uji Marshall, AC-BC, VIM, VMA, VFWA

ABSTRAC : *The aggregate hot asphalt mixture comprises coarse aggregates, fine aggregate, and filler mixed with a certain amount of bitumen with a proportional ratio in certain heat conditions with an Asphalt Mixing Plant device. The hot asphalt mixture is affected by the properties of the bitumen and the properties of the solid mixture of the material. Filler in hot asphalt mixture although having a content of about 1% to 2% but greatly affect the properties of asphalt as a binder. The fine particles will react to the properties of the bitumen.*

Nature of this research is a case study with an experimental method. This research sites in the Tuak River of Kerinci Regency, and experiments in the laboratory of Construction and Environmental Testing Centers of Public Works and Spatial Planning Office of West Sumatera Province.

The result of this study concluded that the provisions on the aggregate of Tuak River can be used as AC-BC flexible pavement with the addition of 2% filler. The filler added in the flexible pavement may be a cement filler or fly ash filler. From the Marshall test results, the addition of 2% filler cemen as a whole meets the requirements except on Void Filled with Bitumen and Void in Mix with 4.5% and 5.0% asphalt content out of specifications. As well as the addition of 2% fly ash filler. But at 5.5%, 6.0% and 6.5% asphalt content meets specifications.

So asphalt content that can be used for the addition of filler fly ash 2% is 5,5%, 6,0% and 6,5%.

Key word : Marshall test, AC-BC, VIM, VMA, VFWA

A. PENDAHULUAN

Campuran panas aspal agregat terdiri dari dua bahan dasar yaitu aspal keras yang berfungsi sebagai bahan pengikat dan agregat yang berfungsi sebagai tulangan, sehingga aspal dan agregat menjadi satu kesatuan yang padat dan kuat. Campuran beraspal panas dipengaruhi oleh sifat-sifat aspal serta sifat-sifat campuran padat dari kedua bahan tersebut. Agregat merupakan komponen utama pada lapisan perkerasan jalan raya. Daya dukung perkerasan jalan ditentukan sebagian besar oleh karakteristik agregat yang digunakan. Pemilihan agregat yang tepat dan memenuhi persyaratan akan sangat menentukan dalam keberhasilan pembangunan atau pemeliharaan jalan.

Dalam campuran beraspal, agregat berperan penting sebagai tulangan sedangkan aspal berperan sebagai pengikat atau lem antar partikel agregat. Dan agregat memberikan kontribusi sampai 90-95% terhadap berat campuran beraspal, sehingga sifat-sifat agregat merupakan salah satu faktor penentu dari kinerja campuran tersebut. Sifat-sifat mekanis dalam campuran beraspal diperoleh dari friksi dan kohesi dari bahan-bahan pembentuknya, friksi agregat diperoleh dari ikatan antar butir agregat (*interlocking*) dan kekuatannya tergantung pada gradasi, tekstur permukaan, bentuk butiran dan ukuran agregat maksimum yang digunakan.

Campuran panas aspal agregat terdiri dari agregat kasar, agregat halus dan bahan pengisi (*filler*) yang dicampur dengan sejumlah aspal dengan perbandingan proporsional dalam keadaan panas tertentu ($\pm 140^{\circ}\text{C}$) dengan alat pencampur yang dikenal dengan *AMP (Asphalt Mixing Plant)*. Campuran beraspal panas dipengaruhi oleh sifat-sifat aspal serta sifat-sifat campuran padat dari bahan-bahan tersebut.

Filler dalam campuran beraspal panas walaupun mempunyai kadar sekitar 1% sampai dengan 2% namun sangat mempengaruhi sifat-sifat aspal sebagai bahan pengikatnya. Partikel yang halus tersebut akan bereaksi terhadap sifat-sifat aspal. Diketahui bahwa *filler* yang banyak dipakai yaitu Semen (*Cement Portland*), khusus di lokasi penelitian ini yang banyak dipakai adalah produk Semen Padang. Semen banyak mengandung bahan kimia Batu Kapur (CaO), Silika (SiO_2), Aluminium Silikat (Al_2O_3) dan Pasir Besi (Fe_2O_3). Diketahui juga bahwa semen itu bersifat hidrasi artinya terhadap air akan menyerapnya dan bereaksi menjadi keras membatu.

Filler yang lainnya yang perlu diuji coba secara berkelanjutan yaitu Abu Terbang (*Fly Ash*). *Filler* ini perlu dikemukakan karena bahan tersebut sangat melimpah sebagai bahan sisa pembakaran batu bara di hampir semua Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU), khususnya PLTU Ombilin di Sijantang - Sawahlunto. Diketahui bahwa *Fly Ash* ini banyak mengandung bahan kimia Silika (SiO_2) dan Aluminium Silikat (Al_2O_3). Namun kurangnya kandungan zat kapur maka *Fly Ash* ini tidak sebaik dari Semen dari sifat hidrasinya. Tetapi dari sisi yang lain pemakaian *Fly Ash* dapat menghemat anggaran karena biayanya lebih murah dibandingkan dengan Semen. Oleh karena itu *Fly Ash* kemungkinan dapat dijadikan alternatif sebagai *filler* dalam perkerasan jalan beraspal. Namun demikian karena *filler* mempunyai pengaruh terhadap sifat-sifat aspal maka perlu dibatasi penggunaannya.

Terkait dengan agregat yang berasal dari Sungai Tuak, Kabupaten Kerinci maka *filler* yang cocok untuk disandingkan mana yang terbaik, *filler* semen atau *filler Fly Ash*. Jika *Fly Ash* dapat digunakan maka dapat menghemat anggaran lebih efektif dan lebih efisien. Hal ini menarik bagi penulis karena dengan material agregat dan bahan aspal yang sama diujicobakan dengan menggunakan *filler* yang berbeda jenisnya sehingga didapatkan keunggulan dan kelemahan dari *filler* masing-masing. Perlu diketahui bahwa, dari peneliti sebelumnya (Neneng Sari), penggunaan agregat tersebut tanpa memakai *filler* mempunyai kinerja perkerasan yang kurang memuaskan.

B. METODE PENELITIAN

Penelitian adalah semua kegiatan pencarian, penyelidikan, percobaan, dan pengujian secara ilmiah dalam suatu bidang tertentu untuk mendapatkan pengaturan baru atau *interpretasi* (tafsiran) baru dari pengetahuan yang ada, (Nazir, 1993). Jenis penelitian yang akan dilakukan ini merupakan penelitian eksperiment tentang perencanaan campuran beraspal panas menggunakan agregat

yang berasal dari Sungai Tuak – Kabupaten Kerinci dan aspal keras pen 60/70 dari Pertamina dengan penambahan *filler* Semen (Semen Padang) dan *filler Fly Ash* (PLTU Ombilin).

Lokasi atau tempat penelitian dilakukan di laboratorium UPTD Balai Pengujian Konstruksi dan Lingkungan Dinas Pekerjaan Umum dan Penataan Ruang Provinsi Sumatera Barat.

Hal-hal yang diperlukan untuk pengujian agregat, aspal dan campuran aspal panas yaitu:

- a. Pengujian Agregat Kasar meliputi: Kekekalan bentuk agregat, Abrasi, Kelekatan agregat terhadap aspal, Angularitas, Pipih lonjong, Berat jenis dan penyerapan agregat, dan Analisa saringan. Untuk Pengujian Agregat Halus meliputi: Setara pasir, Gumpal lempung dan butir mudah pecah, Berat jenis dan penyerapan dan Analisa saringan.
- b. Pengujian Aspal Keras meliputi: penetrasi aspal, titik lembek aspal, titik nyala aspal, berat jenis aspal, kelarutan aspal, daktilitas aspal, uji kehilangan berat (TFOT), penetrasi aspal setelah TFOT dan daktilitas aspal setelah TFOT.
- c. Pengujian Campuran Beraspal Panas meliputi:
 - 1) Pengujian daya tahan (*stability*) dan perubahan bentuk campuran (*flow*) dengan alat marshall.
 - 2) Pengujian kepadatan, keterisian aspal dalam campuran (VFB), rongga dalam agregat (VMA), rongga udara dalam campuran (VIM), dan berat jenis campuran maksimum teoritis (Gmm) dengan pengujian volumetrik.

Untuk Sampel Pengujian Marshall dipisahkan untuk sampel yang menggunakan penambahan *filler* Semen dan yang menggunakan *filler Fly Ash*. Untuk rincian dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 1 : Rencana Benda Uji Campuran Beraspal Panas dengan *filler* Semen

No.	Pengujian Campuran Aspal Panas Agregat	Kadar Aspal (%)	Filler Semen (disesuaikan dg gradasi) (%)	Jumlah Benda Uji
1.	AC-BC	4,5	1 – 2%	3
2.	AC-BC	5,0	1 – 2%	3
3.	AC-BC	5,5	1 – 2%	3
4.	AC-BC	6,0	1 – 2%	3
5.	AC-BC	6,5	1 – 2%	3
Jumlah Sampel				15

Tabel 2 : Rencana Benda Uji Campuran Beraspal Panas dengan *filler Fly Ash*

No.	Pengujian Campuran Aspal Panas Agregat	Kadar Aspal (%)	Filler Fly Ash (disesuaikan dg gradasi) (%)	Jumlah Benda Uji

1.	AC-BC	4,5	1 – 2%	3
2.	AC-BC	5,0	1 – 2%	3
3.	AC-BC	5,5	1 – 2%	3
4.	AC-BC	6,0	1 – 2%	3
5.	AC-BC	6,5	1 – 2%	3
Jumlah Sampel				15

C. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pengujian laboratorium untuk campuran agregat dan aspal, meliputi penimbangan benda uji dan pengujian Marshall maka menghasilkan nilai Kepadatan (*Density*), VIM (*Voids In Mix*), VFB (*Voids Filled Bitumen*), VMA (*Voids Mineral Agregat*), Stabilitas (*Stability*), Kelelahan (*Flow*), MQ (*Marshall Quotient*), yang disajikan pada tabel 3 dan tabel 4 berikut ini.

Tabel 3: Hasil Pengujian Marshall terhadap Campuran AC-BC dengan Filler Semen

No	Karakteristik Marshall dg Filler Semen	Kadar Aspal (%)					Spesifikasi 2010 Rev 3
		4.5	5.0	5.5	6.0	6.5	
1	Density (gr/cc)	2,300	2,311	2,316	2,313	2.307	-
2	VMA (%)	15,1	15,1	15,4	15,9	16,6	Min. 14
3	VFB (%)	54,4	62,1	68,5	73,2	76,9	Min. 65
4	VIM (%)	6,9	5,7	4,8	4,3	3,8	3 – 5
5	Stabilitas (Kg)	1185	1273	1292	1345	1277	Min. 800
6	Flow (mm)	2,3	2,8	3,1	3,3	3,5	2 - 4
7	Marshall Quotient (kg/mm)	511	460	415	408	360	-

(Sumber : Hasil Pengujian Laboratorium)

Tabel 4: Hasil Pengujian Marshall terhadap Campuran AC-BC dengan Filler Fly Ash

No	Karakteristik Marshall dg Filler Fly Ash	Kadar Aspal (%)					Spesifikasi 2010 Rev 3
		4.5	5.0	5.5	6.0	6.5	
1	Density (gr/cc)	2,311	2,325	2,330	2,320	2.307	-
2	VMA (%)	14,6	14,6	14,8	15,7	16,6	Min. 14
3	VFB (%)	56,1	64,5	71,3	74,4	76,9	Min. 65

4	VIM (%)	6,4	5,2	4,3	4,0	3,8	3 – 5
5	Stabilitas (Kg)	1221	1236	1299	1258	1269	Min. 800
6	Flow (mm)	2,4	2,7	3,0	3,3	3,2	2 - 4
7	Marshall Quotient (kg/mm)	511	456	438	384	394	-

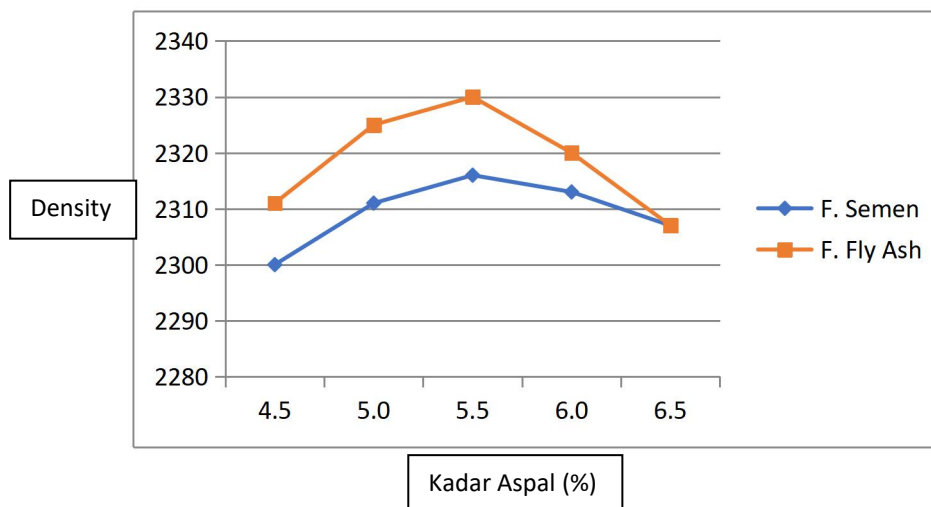
(Sumber : Hasil Pengujian Laboratorium)

a. Kepadatan (Density)

Kepadatan (*density*) adalah berat campuran yang diukur tiap satuan volume untuk menunjukkan kepadatan dari campuran beton aspal. Campuran dengan kepadatan yang tinggi memiliki kekuatan menahan beban yang tinggi, karena agregat mempunyai bidang kontak yang besar pula. Selain itu kepadatan juga mempengaruhi kekedapan. Seiring dengan penambahan kadar aspal, nilai kepadatan campuran akan meningkat hingga batas maksimum. Pengurangan kadar aspal melebihi batas minimum atau penambahan kadar aspal melebihi batas maksimum akan menurunkan nilai kepadatan campuran panas aspal agregat.

Faktor yang akan mempengaruhi perilaku kepadatan adalah temperatur pemadatan, komposisi bahan penyusun dan kadar aspal. Semakin bertambah kadar aspal sampai batas maksimum semakin banyak rongga-rongga yang terisi aspal sehingga kepadatan menjadi tinggi. Tabel 5 dibawah ini menunjukkan nilai kepadatan laboratorium.

Hubungan antara kadar aspal dan kepadatan dapat dilihat pada Gambar 1 berikut :



Gambar 1: Grafik Hubungan antara Kadar aspal dan Kepadatan

Gambar 1 diatas menunjukkan bahwa pada campuran aspal pen 60/70 pada kadar aspal 4,5% , 5,0 % dan 5,5% nilai density mengalami peningkatan, dan pada kadar aspal 6,0% dan 6,5% mengalami penurunan. Hal ini mengindikasikan pada batas tertentu nilai kepadatan tidak terus naik karena rongga yang sudah berisi penuh oleh aspal sehingga aspal sudah mengalami kejenuhan sehingga nilai kepadatan mengalami penurunan.

Pada kadar aspal yang sama, usaha pemadatan yang lebih tinggi akan mengakibatkan rongga udara (VIM) dan rongga diantara mineral agregat (VMA) berkurang. Bila campuran aspal panas dirancang untuk 2 x 75 tumbukan tetapi ternyata lalu lintas cenderung rendah, maka rongga udara final akan lebih tinggi sehingga air dan udara akan mudah masuk. Akibatnya campuran akan cepat mengeras, rapuh dan mudah terjadi retak lebih cepat serta kekesatan aspal berkurang yang dapat menyebabkan pelepasan butir atau pengelupasan. Karena itu maka usaha pemadatan yang

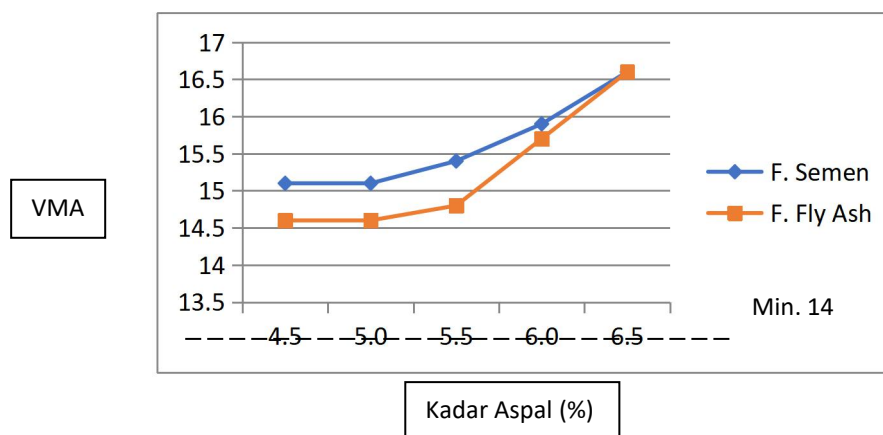
direncanakan di laboratorium harus dipilih yang menggambarkan keadaan lalu lintas di lapangan (Bintek Kemenpu, 2010).

b. VMA (*Voids Mineral Agregat*)

VMA adalah rongga udara yang ada dalam partikel-partikel agregat dalam campuran aspal panas yang telah dipadatkan, termasuk ruang yang terisi aspal. Perhitungannya dinyatakan dalam presentase total campuran agregat aspal. VMA dinyatakan sebagai ruang yang tersedia untuk menampung volume aspal dan volume rongga udara yang diperlukan dalam campuran agregat. Nilai VMA juga dipengaruhi oleh bentuk gradasi agregat, kekuatan pemadatan, kadar aspal, bentuk butir, tekstur permukaan dan penyerapan air oleh agregat.

Ukuran gradasi agregat campuran dapat menentukan batas minimum VMA yang tergantung pada ukuran maksimum agregat yang digunakan. Hubungan antara kadar aspal dengan VMA pada umumnya membentuk cekungan dengan satu nilai ekstrim minimum, kemudian naik lagi dengan naiknya kadar aspal.

Hubungan antara kadar aspal dan VMA dapat dilihat pada Gambar 2 berikut ini:



Gambar 2: Grafik Hubungan antara Kadar Aspal dan VMA

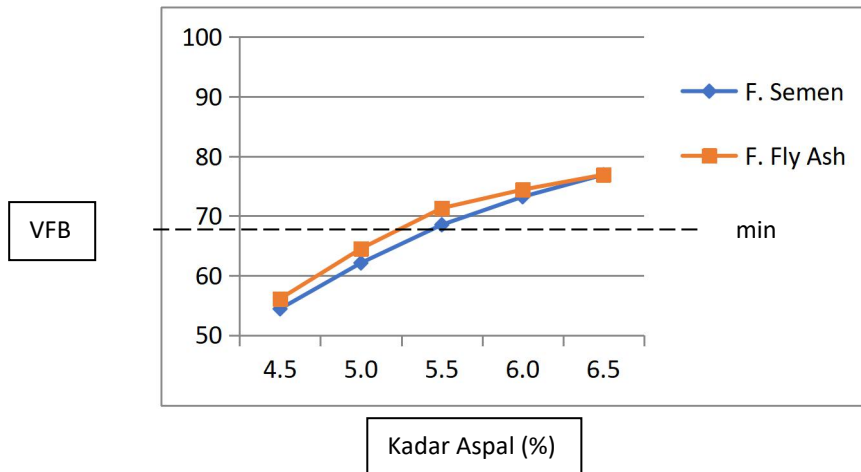
Gambar 2 diatas menunjukkan bahwa kenaikan nilai VMA pada aspal pen 60/70 mengindikasikan rongga diantara partikel agregat dapat menampung jumlah kadar aspal yang besar, sehingga kerapatan diantara butiran agregat lebih bagus atau memenuhi standar yang ditentukan spesifikasi. Bila garis hubungan mempunyai nilai minimum dan berada diatas batas minimum VMA maka pada titik ini akan memenuhi, tetapi bila bergeser ke sebelah kanan maka pengerjaan pemadatan akan lebih mudah tetapi rongga udara lebih banyak terdorong oleh aspal. Kondisi kadar aspal disini cenderung menyebabkan terjadinya pelelehan dan alur plastis karena itu hindari penggunaan kadar aspal di sebelah kanan titik terendah VMA. Kadar aspal rencana yang baik adalah pada titik dimana besarnya berada sedikit ke sebelah kiri VMA terendah (Bintek Kemenpu, 2010).

c. VFB (*Voids Filled Bitumen*)

VFB adalah presentase rongga yang terisi aspal pada campuran setelah mengalami proses pemadatan. Besarnya nilai VFB menjadikan nilai yang terisi aspal cukup banyak sehingga kekedapan campuran terhadap air dan udara menjadi lebih tinggi. Faktor yang mempengaruhi VFB yaitu kadar aspal, gradasi agregat, kekuatan pemadatan (jumlah tumbukan dan temperatur pemadatan), dan penyerapan agregat.

Nilai VFB yang terlalu tinggi dapat menyebabkan aspal naik ke permukaan pada temperatur tinggi ataupun pembebanan yang tinggi, sebaliknya nilai VFB terlalu rendah maka kekedapan perkerasan akan semakin kecil karena rongga yang tersedia cukup besar sehingga mudah masuk air dan udara kedalamnya sehingga mengakibatkan mudah terjadinya pelepasan butiran.

Hubungan antara kadar aspal dan VFB dapat dilihat pada gambar 4.13 berikut ini:



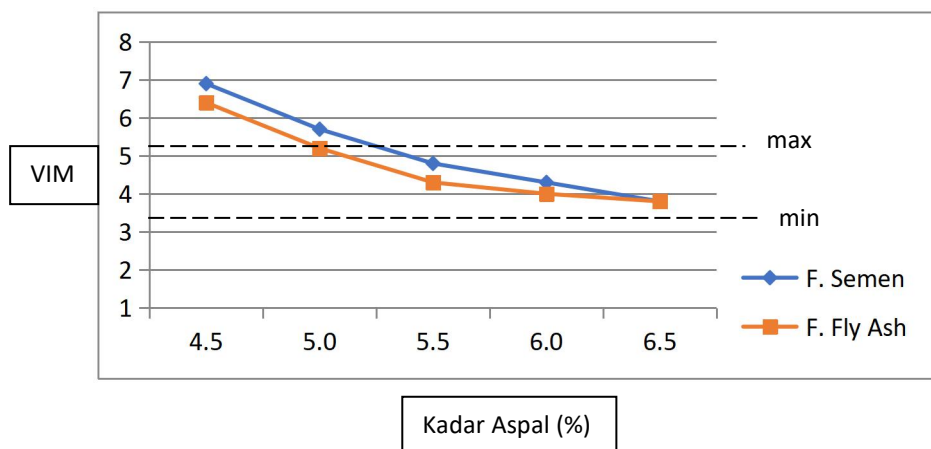
Gambar 3: Grafik Hubungan antara Kadar Aspal dan VFB

Gambar 3 diatas menunjukkan bahwanilai VFB terjadi kenaikan setiap penambahan kadar aspal, hal ini disebabkan karena rongga antar butiran agregat masih cukup besar dan dapat menampung aspal yang masuk, semakin besar kadar aspal semakin banyak rongga yang terisi oleh aspal sehingga presentase aspal dalam rongga menjadi naik.

VFB, VMA dan VIM saling berhubungan karena itu bila dua diantaranya diketahui maka dapat mengevaluasi yang lainnya. Kriteria VFB membantu perencanaan campuran dengan memberikan VMA yang dapat diterima. Pengaruh utama VFB adalah membatasi VMA maksimum dan kadar aspal maksimum. VFB juga dapat membatasi kadar rongga campuran yang diizinkan yang memenuhi kriteria VMA minimum. Campuran rencana untuk lalu lintas rendah tidak akan memenuhi kriteria VFB bila kadar rongga relatif tinggi, walaupun rentang kadar rongga terpenuhi. Penyesuaian ini bertujuan mencegah berkurangnya keawetan campuran pada lalu lintas ringan.

Campuran yang dirancang untuk lalu lintas berat tidak akan melewati kriteria VFB bila kadar rongga relatif rendah, walaupun rongga udara masih dalam rentang yang dapat diterima. Karena kadar rongga udara rendah menjadi sangat kritis terjadinya deformasi permanen, maka kriteria VFB membantu mencegah campuran menjadi peka terhadap alur plastis pada lalu lintas berat (Bintek Kemenpu, 2010).

d. VIM (Void In Mix)

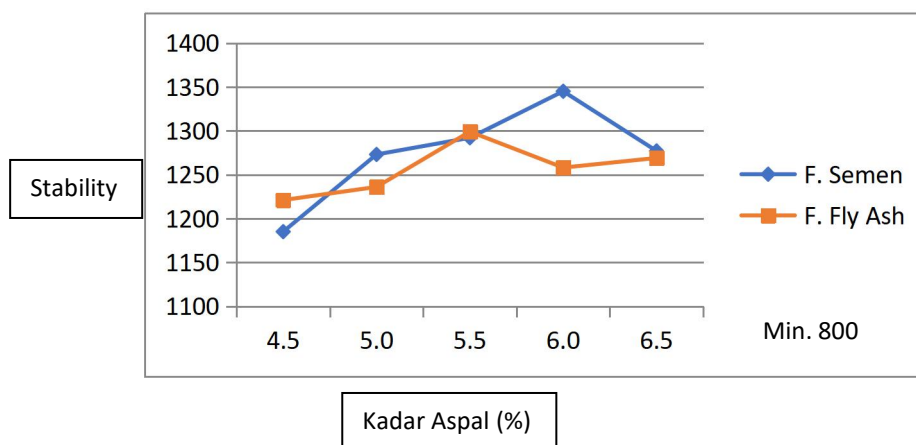


Gambar 4: Grafik Hubungan antara Kadar aspal dan *Void in Mix*

Gambar 4 diatas menunjukkan bahwadengan penambahan kadar aspal, nilai VIM semakin kecil atau menurun. Hal ini disebabkan setiap penambahan kadar aspal, rongga antar butiran agregat cukup besar sehingga kadar aspal yang bertambah dapat masuk kedalam rongga dan rongga yang tersisa semakin kecil. Pada kadar aspal 4,5% dan 5.0% nilai VIM keluar batasan spesifikasi sedangkan kadar aspal 5,5%, 6,0% dan 6,5% sudah masuk spesifikasi.

Rongga udara rencana dengan usaha pemadatan yang benar akan tercapai bila dirancang pada VIM sebesar 5% (sesuai rentang Spek. 2010 Rev. 3) untuk kondisi lalu lintas berat dan padat pada saat konstruksi selesai dipadatkan. Konsolidasi oleh lalu lintas diharapkan terjadi sehingga VIM akan turun sesuai rencana setelah beberapa waktu dipadatkan oleh lalu lintas. Campuran yang mengalami pemadatan oleh lalu lintas yang berat dan padat dimana VIM dicapai kurang dari 3% akan mengakibatkan alur plastis dan jembul. Bila kadar rongga akhir terlalu tinggi atau pada saat pemadatan selesai, VIM dicapai lebih besar dari 5%. Akibatnya yang terjadi adalah munculnya retak dini, pelepasan butir dan pengelupasan. Tujuan perencanaan VIM adalah untuk membatasi penyesuaian kadar aspal rencana pada kondisi VIM mencapai tengah-tengah rentang spesifikasi. (Bintek Kemenpu, 2010).

e. Stabilitas (*Stability*)



Gambar 5: Grafik Hubungan antara Kadar aspal dan Stability

Gambar 5 diatas menunjukkan bahwapenambahan kadar aspal mulai dari 4,5% sampai 5.5% nilai stabilitas mengalami kenaikan, setelah penambahan kadar aspal berikutnya nilai stabilitas menurun. Naiknya nilai stabilitas disebabkan oleh bertambahnya jumlah aspal yang menyelimuti agregat sehingga kohesi dan kerapatan campuran semakin naik karena fungsi aspal sebagai bahan pengikat mampu mengikat agregat kasar dan halus sehingga saling mengunci. Turunnya nilai stabilitas disebabkan oleh penambahan aspal telah berubah fungsi sebagai pelicin dan mengurangi daya ikat antara agregat, sehingga menurunkan kelekatan dan gesekan antara agregat.

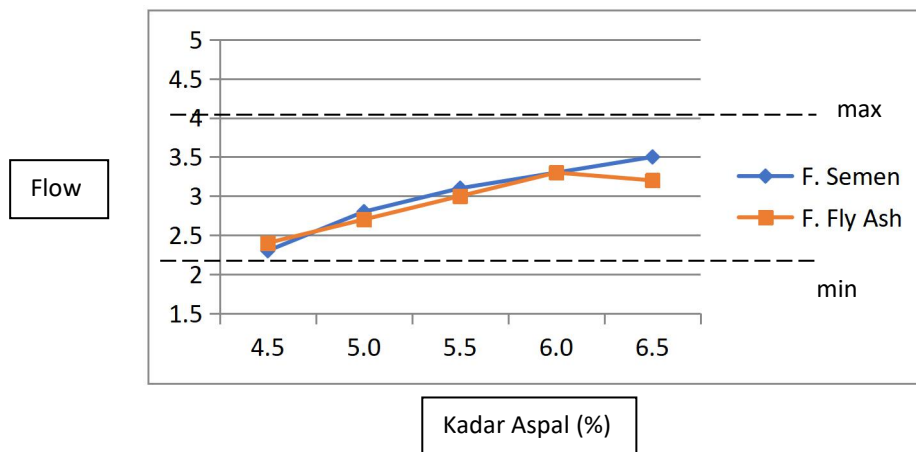
Jika kadar rongga rendah dapat menghasilkan ketidakstabilan karena adanya pelelehan plastis setelah perkerasan jalan dibuka untuk lalu lintas. Dalam waktu tertentu karena orientasi partikel agregat dan tambahan kepadatan. Kekurangan rongga dapat menjadi penyebab ketidakstabilan pula karena jumlah aspal yang diperlukan untuk memperoleh keawetan yang tinggi pada campuran yang lebih halus, walaupun stabilitas awal mencukupi untuk lalu lintas tertentu.

Jika kadar rongga tinggi akan sering menyebabkan campuran mempunyai kekedapan yang kurang. Penyerapan tinggi dengan adanya sirkulasi udara dan air melalui perkerasan dapat menimbulkan pengerasan dini aspal, pelepasan butir agregat atau pengelupasan aspal dan agregat. Walaupun stabilitas cukup maka pengaturan harus dilakukan untuk mengurangi rongga. Pengurangan stabilitas yang kecil dapat terjadi dengan menambahkan kadar filler pada campuran. Hal ini perlu

untuk memilih kombinasi agregat sehingga mempunyai gradasi yang mendekati kurva kepadatan maksimum (Bintek Kemenpu, 2010).

f. Kelelehan (*Flow*)

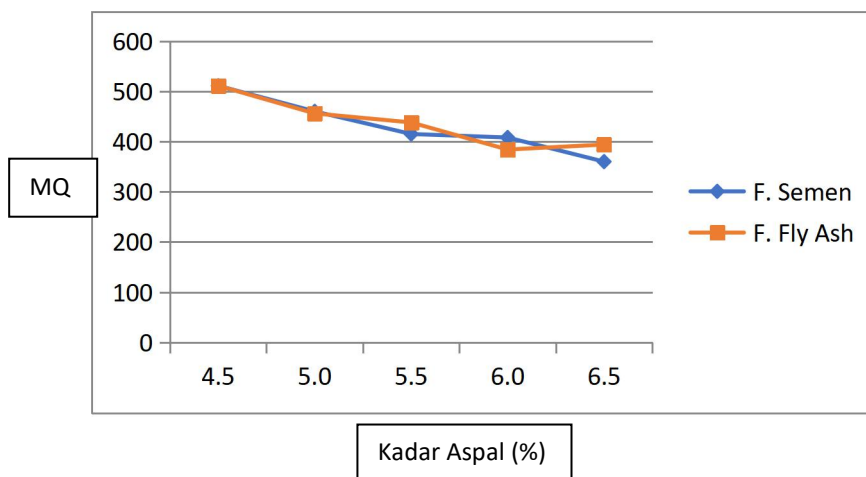
Hubungan antara kadar aspal dan *flow* dapat dilihat pada gambar 4.16 berikut :



Gambar 6: Grafik Hubungan antara Kadar aspal dan *Flow*

Gambar 6 diatas menunjukkan bahwapada campuran aspal panas, penambahan kadar aspal 5,0% sampai 6,5% nilai *flow* beranjak naik, hal ini mengidentifikasi bahwa penambahan kadar aspal masih mampu mengisi rongga antar butiran agregat sehingga campuran bersifat plastis atau memenuhi standar yang ditentukan spesifikasi (2 - 4 mm).

g. Marshall Quotient (MQ)



Gambar 7: Grafik Hubungan antara Kadar aspal dan MQ

Gambar 7 diatas menunjukkan bahwa untuk campuran aspal panas, penambahan kadar aspal akan menurunkan nilai MQ mulai dari kadar aspal 4,5% sampai 6,5% artinya semakin ditambah kadar aspal perkerasan tersebut semakin lentur.

3 Kadar Aspal Optimum

Dari gambar (grafik) *Density*, VMA, VIM, VFB, Stabilitas, *Flow* dan *Marshall Quotient*, dapat ditentukan kadar aspal optimum pemakaian untuk gradasi campuran aspal panas ini, seperti terlihat pada tabel 5 dan 6 berikut ini.

Tabel 5: Penentuan Kadar Aspal Optimum dengan Filler Semen

Sifat-Sifat Campuran	Rentang Kadar Aspal Total Yang Memenuhi Spesifikasi									
	4,5		5,0		5,5		6,0		6,5	
Kepadatan (<i>Density</i>)										
Rongga Dalam Agregat (VMA)										
Rongga Terisi Aspal (VFB)										
Rongga Dalam Campuran (VIM)										
Stabilitas Marshall (<i>Stability</i>)										
Kelelehan (<i>flow</i>)										
Marshall Quotient (MQ)										
Nilai Kadar Aspal Optimum =	5,7 %									
			KADAR ASPAL OPTIMUM RENCANA							

Tabel 6: Penentuan Kadar Aspal Optimum dengan Filler Fly Ash

Sifat-Sifat Campuran	Rentang Kadar Aspal Total Yang Memenuhi Spesifikasi									
	4,5		5,0		5,5		6,0		6,5	
Kepadatan (<i>Density</i>)										
Rongga Dalam Agregat (VMA)										
Rongga Terisi Aspal (VFB)										
Rongga Dalam Campuran (VIM)										
Stabilitas Marshall (<i>Stability</i>)										
Kelelehan (<i>flow</i>)										
Marshall Quotient (MQ)										
Nilai Kadar Aspal Optimum =	5,5	%								
	KADAR ASPAL OPTIMUM RENCANA									

D. KESIMPULAN

Dari analisa dan pembahasan diatas, didapatkan kadar aspal optimum jenis campuran aspal panas dengan filler semen yaitu 5.7% dan kadar aspal optimum dengan filler fly ash yaitu 5,5% karena merupakan nilai terbaik dari beberapa indikator diatas sedangkan komponen pengujian Marshall lainnya memenuhi syarat spesifikasi. Jadi Agregat dari quarry Sungai Tuak Kab. Kerinci dapat digunakan untuk perkerasan aspal dengan penambahan *filler* semen atau pun filler fly ash sebanyak 2% sesuai persyaratan yang ditentukan dalam spesifikasi.

Kadar aspal optimum dengan filler semen lebih banyak karena semen lebih halus daripada fly ash sehingga bidang permukaan semen dalam suatu campuran lebih luas dibanding dengan fly ash menyebabkan penyerapan aspal lebih banyak.

Dari indikator pengujian Marshall diatas, fly ash lebih baik dalam hal kepadatan (*density*), rongga dalam campuran (VIM), dan rongga terisi aspal (VFB) karena sifat fly ash terhadap aspal tidak secepat bereaksi dalam hal pengerasan dibanding dengan filler semen. Penggunaan filler semen lebih baik dalam hal stabilitas dan rongga dalam agregat (VMA) karena sifat semen lebih respon

dalam hal pengerasan sehingga membuat lebih getas dan menyebabkan rongga dalam agregat lebih banyak karena lambat terisi oleh aspal. Sedangkan indikator lainnya yaitu kelelahan (Flow) dan Marshall Quotient (MQ) mendekati sama.

E. DAFTAR PUSTAKA

- Ali, Syaifullah, (2006). *Pengaruh Penggunaan Gabungan Kapur Padam dan Fly Ash Sebagai Filler Terhadap Kinerja Campuran Lataston Lapis Permukaan*, Padang: Jurnal Ilmiah Poli Rekayasa.
- Hardiyatmo, Hary C., (2013). *Geosintetik Untuk Rekayasa Jalan Raya*, Yogyakarta: UGM Press.
- Hardiyatmo, Hary C., (2009). *Pemeliharaan Jalan Raya*, Yogyakarta: UGM Press.
- Hardiyatmo, Hary C., (2011). *Perancangan Perkerasan Jalan dan Penyelidikan Tanah*, Yogyakarta: UGM Press.
- Hendarsin. L Shirley, (2000). *Perencanaan Teknik Jalan Raya*. Bandung: PNB.
- Kementerian Pekerjaan Umum, (2014). *Panduan Pengujian Aspal, Agregat dan Campuran Beraspal Panas, Puslitbang*.
- Kementerian Pekerjaan Umum, (2014). *Spesifikasi Umum 2010 Jalan dan Jembatan Revisi 3*, Jakarta.
- Nazir, Moh, (1993). *Metode Penelitian*. Jakarta : Ghalia Indonesia
- Nofrianto, Hendri, (2013). *Perencanaan Perkerasan Jalan Raya*, Yogyakarta: Andi.
- Sudarsono, D.U, (1985). *Konstruksi Jalan Raya*, Jakarta : Yayasan Badan Penerbit Pekerjaan Umum Jakarta.
- Sudarsono, D.U, (1985). *Rencana Campuran (Mix Design) Untuk Aspal Beton*, Jakarta : Yayasan Badan Penerbit Pekerjaan Umum Jakarta.
- Suhartono, (2015). *Teknologi Aspal Dan Penggunaannya*, Yogyakarta: Andi.
- Sukirman, Silvia, (1994). *Dasar-dasar Perencanaan Geometrik Jalan*, Bandung : Nova.
- Sukirman, Silvia, (1999). *Perkerasan Lentur Jalan Raya*, Bandung : Nova.
- Sunggono, (1995). *Buku Teknik Sipil*, Bandung: Nova.