

Campuran Aspal Porus dengan Pemanfaatan Gondorukem ke dalam Aspal Penetrasi 60/70

Affirlando Selian¹ Sofyan M. Saleh² Ruhdi Faisal³

¹Mahasiswa, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Syiah Kuala, Banda Aceh 23111, Indonesia

^{2,3}Jurusan Teknik Sipil, Universitas Syiah Kuala, Banda Aceh 23111, Indonesia.

Email: affirlandoselian@gmail.com

Abstract

Porous asphalt is an asphalt mixture with a low proportion of fine aggregate to obtain a high pore space. Porous asphalt has a low stability but has a high permeability caused by the number of cavities in the mixture. For that we need to add other materials to increase the value of stability. In this study the added ingredients used are gondorukem is the product of sap processing from distillation / distillation of pine tree merkusii sap that in solid form of yellow clear until dark yellow. The purpose of this research is to know the utilization of gondorukem as substitution of penetration asphalt of 60/70 to porous asphalt mixture. Preparation of specimens for determination of optimum asphalt content (KAO) was used Australian Asphalt Pavement Association (AAPA) method with CL and VIM value parameters. Gradation follows open gradient with asphalt content used is 4.5%; 5%; 5.5%; 6%; And 6.5% without variation of gondorukem use. Furthermore, Marshall testing and calculation is done, and CL to get KAO. After KAO was obtained, test specimens were made on KAO and variation $\pm 0,5$ from KAO value with 2%, 4%, 6%, and 8% of gondorukem use of asphalt content. Subsequently, the specimens were made for permeability and durability testing at the best optimum bitumen content. Marshall test results obtained the highest stability of 554.81 kg at 8% gondorukem with the best KAO 5.56% with CL value of 20.66% and permeability values obtained is 0,2212 cm/det.

Keywords: gondorukem, penetration asphalt 60/70, asphalt porous, AAPA method

Abstrak

Aspal porus memiliki stabilitas yang rendah namun memiliki permeabilitas yang tinggi disebabkan oleh banyaknya rongga dalam campuran. Untuk itu perlu ditambahkan bahan material lain untuk meningkatkan nilai stabilitas. Pada penelitian ini bahan tambah yang digunakan adalah gondorukem, yang merupakan produk pengolahan getah dari hasil destilasi/penyulingan getah pohon pinus merkusii. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui pemanfaatan penggunaan gondorukem sebagai bahan substitusi aspal penetrasi 60/70 terhadap campuran aspal porus. Pembuatan benda uji untuk penentuan kadar aspal optimum (KAO) digunakan metode Australian Asphalt Pavement Association (AAPA) dengan parameter nilai VIM, cantabro loss (CL), dan asphalt flow down (AFD). Gradasi mengikuti gradasi terbuka dengan kadar aspal yang digunakan adalah 4,5 %; 5%; 5,5%; 6%; dan 6,5% tanpa variasi penggunaan gondorukem. Selanjutnya dilakukan pengujian dan perhitungan Marshall, dan CL untuk mendapatkan KAO. Setelah KAO diperoleh, dibuat benda uji pada KAO dan variasi $\pm 0,5$ dari nilai KAO dengan variasi penggunaan gondorukem sebesar 2%, 4%, 6%, dan 8% dari kadar aspal. Selanjutnya dibuat benda uji untuk pengujian permeabilitas dan durabilitas pada kadar aspal optimum terbaik. Hasil pengujian Marshall diperoleh stabilitas tertinggi sebesar 554,81 kg pada kadar gondorukem 8% dengan KAO terbaik 5,56% dengan nilai CL sebesar 20,66% dan nilai permeabilitas yang diperoleh sebesar 0,2212 cm/det.

Kata kunci: gondorukem, aspal penetrasi 60/70, aspal porus, metode AAPA.

1. Pendahuluan

Genangan air yang sering terjadi terutama setelah hujan bisa menjadi masalah terhadap ketahanan aspal. Salah satu alternatif untuk mencegah permasalahan ini adalah penggunaan aspal porus. Aspal porus merupakan campuran aspal dengan proporsi agregat halus yang rendah untuk mendapatkan ruang pori yang tinggi. Sehingga diharapkan air genangan yang ada di jalan dapat dialirkan lebih cepat melalui pori-pori menuju saluran drainase jalan. Di Amerika, Eropa, dan Australia, Aspal porus sudah sejak lama dikembangkan dan digunakan serta memberikan hasil yang cukup baik. Campuran beraspal porus ini umumnya mempunyai stabilitas yang rendah dan sangat tergantung dari mutu aspal sebagai bahan pengikat agregat, sehingga diperlukan aspal mutu

tinggi yang merupakan aspal hasil modifikasi. Aspal modifikasi adalah aspal yang dibuat dengan mencampur aspal keras dengan suatu bahan tambah, penambahan ini dimaksudkan untuk memperbaiki sifat-sifat fisis aspal. Guna meningkatkan stabilitas pada aspal porus maka diberikan bahan tambahan yaitu gondorukem. Gondorukem adalah produk pengolahan getah dari hasil destilasi/penyulingan getah pohon *pinus merkusii*

. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pemanfaatan penggunaan gondorukem sebagai bahan substitusi aspal penetrasi 60/70 terhadap campuran aspal porus. Serta untuk menentukan persentase penggunaan gondorukem yang menghasilkan karakteristik yang paling baik berdasarkan metode *Australian Asphalt Pavement Association* (AAPA). yaitu terhadap stabilitas, kelelahan plastis (*flow*), *density*, kadar rongga

dalam campuran (*voids in mix*), *Marshall Quotient*, permeabilitas, durabilitas, dan terhadap nilai *cantabro loss* (CL).

Hasil pengujian Marshall menunjukkan bahwa semakin besar persentase gondorukem semakin tinggi nilai stabilitasnya. Stabilitas tertinggi diperoleh sebesar 554,81 kg pada kadar gondorukem 8% dengan KAO terbaik 5,56%, dan nilai permeabilitas yang diperoleh sebesar 0,2212 cm/det, dan hasil pengujian *asphalt flow down* (AFD) telah didapatkan penelitian sebelumnya, sehingga tidak perlu dibuat benda uji. dengan penambahan gondorukem meningkatkan nilai stabilitas, VIM, dan CL. Semua parameternya telah memenuhi spesifikasi yang disyaratkan *Australian Asphalt Pavement Association* (2004).

2. Tinjauan Kepustakaan

2.1 Campuran Aspal Porus

Menurut Affan[1] menyebutkan campuran aspal porus merupakan campuran beraspal panas antara agregat bergradasi terbuka dengan aspal modifikasi dengan perbandingan tertentu. Campuran aspal porus dihampar dan dipadatkan pada permukaan perkerasan kedap air menggunakan gradasi agregat kasar paling sedikit 85% terhadap berat total campuran. Air yang jatuh pada permukaan aspal porus meresap bebas ke permukaan lapisan di bawahnya, selanjutnya mengalir ke samping.

Menurut Wignall[2] Lapisan aspal porus selain mencegah genangan air, secara efektif dapat memberikan tingkat keselamatan yang lebih, terutama di waktu hujan sehingga menghasilkan kekesatan permukaan yang lebih kasar agar tidak terjadi *aquaplaning* yaitu peristiwa meluncurnya kendaraan tanpa dapat dikendalikan karena suatu lapis tipis air antar roda dan permukaan jalan pada saat jalan basah.

Spesifikasi Aspal Porus yang dikutip dari AAPA pada tahun 1997 dan tahun 2004 disajikan pada Tabel 1 berikut :

Tabel 1 Spesifikasi Aspal Porus

Kriteria Perencanaan	Nilai	
	Tahun 1997	Tahun 2004
Uji <i>cantabro loss</i> (%)	≤ 20	≤ 35
Uji <i>Asphalt flow down</i> (%)	≤ 0.3	≤ 0.3
Stabilitas Marshall (kg)	≥ 500	≥ 500
Kelelahan Plastis (mm)	2 – 6	2 – 6
Kekakuan Marshall (Kg/mm)	≤ 400	≤ 400
Kadar Rongga Udara (%)	10 – 25	18 – 25
Jumlah Tumbukan Perbidang	50	50

Sumber[3]

2.2 Material Aspal Porus

Material campuran aspal porus sama dengan campuran beraspal panas lainnya. Aspal dan agregat merupakan bahan dasar dari campuran tersebut,

sehingga kualitas campuran beraspal sebagaimana juga jenis campuran aspal porus sangat ditentukan oleh mutu dari kedua bahan tersebut.

1. Aspal

Menurut Sukirman[4] aspal adalah material yang pada temperature ruang berbentuk padat sampai agak padat, dan bersifat termoplastis. Banyaknya aspal dalam campuran perkerasan berkisar antara 4-10% berdasarkan berat campuran atau 10-15% berdasarkan volume.

2. Agregat

Menurut Sukirman[4] agregat merupakan butir-butir batu pecah, kerikil, pasir atau mineral lain, baik yang berasal dari alam maupun buatan yang berbentuk mineral padat berupa ukuran besar maupun kecil atau fragmen-fragmen. Agregat merupakan komponen utama dari lapisan perkerasan yaitu mengandung 90-95% agregat berdasarkan persentase berat atau 75-85% agregat berdasarkan persentase volume.

3. Gradasi Agregat

Menurut Bukhari dkk[5] gradasi adalah distribusi partikel-partikel berdasarkan ukuran agregat yang saling mengisi sehingga terjadinya suatu ikatan yang saling mengunci (*interlocking*). Menurut Sukirman [4] agregat kasar adalah butiran yang tertahan di atas saringan No.8 (2,38 mm) dan agregat halus adalah butiran yang lolos saringan No.8 (2,38 mm) dan tertahan saringan No. 200 (0,074 mm).

Gradasi agregat pada campuran aspal porus dikutip AAPA (2004) disajikan pada Tabel 2 berikut:

Tabel 2 Gradasi Agregat Campuran Aspal Porus Lolos Saringan

Ukuran Ayakan (mm)	% Berat yang Lolos	
	Agregat Maks. 10 mm	Agregat Maks. 14 mm
19,000	100	100
12,700	100	85 – 100
9,530	85 – 100	45 – 70
4,760	20 – 45	10 – 25
2,380	10 – 20	7 – 15
1,190	6 – 14	6 – 12
0,595	5 – 10	5 – 10
0,297	4 – 8	4 – 8
0,149	3 – 7	3 – 7
0,074	2 – 5	2 – 5
Total	100	100
Kadar Aspal	5,0 – 6,5	4,5 – 6,0

Sumber[3]

4. Gondorukem

Gondorukem merupakan hasil pembersihan terhadap residu proses destilasi/penyulingan uap terhadap getah pinus merkusii. Hasil destilasinya sendiri menjadi terpentin. Gondorukem yang berharga

murah, diperdagangkan dalam bentuk keping-keping padat berwarna kuning jernih sampai kuning tua. Gondorukem merupakan bahan padat dan mudah terbakar jika dicairkan. Bahan ini merupakan bahan yang sangat cepat menyerap panas atapun api. Kandungannya sebagian besar adalah asam-asam diterpena, terutama asam abietat, asam isopimarit, asam laevoabietat, dan asam pimarit.

2.3 Karakteristik Campuran Aspal Porus

Menurut Diana[6] karakteristik yang diisyaratkan untuk campuran aspal porus adalah: kepadatan (*density*), stabilitas dan *flow*, rongga di dalam campuran (*voids in mixture*), *Marshall quotient (MQ)*, permeabilitas dan keawetan (*durability*).

2.4 Penentuan KAO

Penentuan KAO campuran aspal porus dalam penelitian ini menggunakan metode *Australian Asphalt Pavement Association (AAPA)*, dimana menyebutkan dalam penentuan KAO hanya mensyaratkan tiga parameter yaitu VIM, *cantabro loss (CL)* dan *asphalt flow down (AFD)*. Adapun cara penentuan KAO masih menggunakan metode AAPA (1997) sedangkan spesifikasinya berdasarkan metode AAPA (2004).

Nilai spesifikasi penentuan KAO metode Australian Asphalt Pavement Association (AAPA) tahun 1997 dan tahun 2004 disajikan pada Tabel 3 berikut:

Tabel 3 Spesifikasi penentuan KAO

Spesifikasi	Syarat	
	Tahun 1997	Tahun 2004
<i>Cantabro loss (%)</i>	< 20	< 35
<i>Asphalt flow down (%)</i>	< 0,3	< 0,3
Kadar rongga (VIM) (%)	10 - 25	18 - 25

Sumber[3]

3. Metode Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Jalan Raya Fakultas Teknik Universitas Syiah Kuala Banda Aceh. Material yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari agregat kasar, agregat halus, *filler*, dan gondorukem sebagai bahan tambah (*additive*). Material diambil dari Desa Indrapuri, Kabupaten Aceh Besar. Aspal yang di gunakan sebagai bahan campuran perkerasan adalah aspal dengan Pen 60/70 produksi Pertamina. Gondorukem didapat dari PT. Perhutani Pine Chemical Industry Kab. Pematang Propinsi Jawa Tengah. Tahapan-tahapan dalam pelaksanaan penelitian ini adalah pemeriksaan sifat-sifat fisis agregat dan sifat-sifat fisis aspal 60/70 dengan dan tanpa substitusi gondorukem. Setelah semua hasil dari pemeriksaan sifat-sifat fisis material dan sesuai dengan spesifikasi, maka dilakukan perencanaan pembuatan benda uji, terdiri dari 3 (tiga) kelompok yaitu :

- Kelompok A yaitu: pembuatan benda uji berupa campuran aspal porus dengan aspal keras penetrasi 60/70 tanpa penggunaan gondorukem untuk pengujian Marshall, dan *cantabro loss (CL)* untuk penentuan kadar aspal optimum menggunakan metode AAPA(1997);
- Kelompok B yaitu: pembuatan benda uji pada kadar aspal optimum dan variasi kadar aspal optimum $\pm 0,5$ dengan gondorukem sebagai bahan substitusi sebesar 2%, 4%, 6%, dan 8% terhadap berat aspal untuk pengujian Marshall dan CL;
- Kelompok C yaitu: pembuatan benda uji pada kadar aspal optimum terbaik untuk pengujian permeabilitas dan durabilitas.

3.1 Pemilihan gradasi agregat

gradasi agregat yang digunakan gradasi campuran aspal porus (gradasi terbuka) berdasarkan yang dikutip dari AAPA (2004), dengan menggunakan ukuran agregat maks. 14 mm seperti terlihat pada Tabel 2.

3.2 Perencanaan campuran

Komposisi campuran untuk benda uji dibuat dengan perbandingan berat dan sesuai dengan komposisi campuran menurut gradasi aspal porus (gradasi terbuka) dan Kadar aspal yang digunakan berdasarkan yang dikutip dari AAPA(2004) dimana kadar aspal untuk ukuran agregat maksimum 14 mm yaitu antara 4,5% - 6% dari total berat campuran. Variasi yang digunakan sebanyak 5 variasi kadar aspal yang masing-masing berbeda 0,5%. Variasi kadar aspal yang dipilih sedemikian rupa, sehingga variasi kadar aspal yang diambil untuk pembuatan benda uji pada penelitian ini adalah 4,5%; 5%; 5,5%; 6% dan 6,5% terhadap berat total campuran.

Agregat, gradasi agregat, aspal keras penetrasi 60/70 dan gondorukem yang telah memenuhi syarat selanjutnya akan dibuat masing-masing benda uji untuk kelompok A, Kelompok B, dan Kelompok C.

Tabel 4 Penentuan KAO Tanpa Substitusi Gondorukem (Kelompok A)

Kadar Aspal Penetrasi 60/70 (%)	Jumlah Benda Uji untuk Kelompok A (tanpa penggunaan Variasi gondorukem)					
	Jumlah Benda Uji untuk Uji Marshall (buah)			Jumlah Benda Uji untuk Uji <i>Cantabro Loss</i> (buah)		
4,5	XA11	XA12	XA13	XB11	XB12	XB13
5	XA21	XA22	XA23	XB21	XB22	XB23
5,5	XA31	XA32	XA33	XB31	XB32	XB33
6	XA41	XA42	XA43	XB41	XB42	XB43
6,5	XA51	XA52	XA53	XB51	XB52	XB53
Jumlah benda Uji	15			15		
				30		

Tabel 5 Jumlah Benda Uji untuk Pengujian Marshall dan cantabro loss (Kelompok B)

Kadar Gondorukem (%)	Kadar Aspal (%)	Jumlah Benda Uji					
		Pengujian Marshall			Pengujian Cantabro Loss		
2	KAO - 0,5	YA11	YA12	YA13	YE11	YE12	YE13
	KAO	YA21	YA22	YA23	YE21	YE22	YE23
	KAO + 0,5	YA31	YA32	YA33	YE31	YE32	YE33
4	KAO - 0,5	YB11	YB12	YB13	YF11	YF12	YF13
	KAO	YB21	YB22	YB23	YF21	YF22	YF23
	KAO + 0,5	YB31	YB32	YB33	YF31	YF32	YF33
6	KAO - 0,5	YC11	YC12	YC13	YG11	YG12	YG13
	KAO	YC21	YC22	YC23	YG21	YG22	YG23
	KAO + 0,5	YC31	YC32	YC33	YG31	YG32	YG33
8	KAO - 0,5	YD11	YD12	YD13	YH11	YH12	YH13
	KAO	YD21	YD22	YD23	YH21	YH22	YH23
	KAO + 0,5	YD31	YD32	YD33	YH31	YH32	YH33
Total		36			36		
Total Keseluruhan		72			72		

Tabel 6 Jumlah Benda Uji untuk Pengujian Permeabilitas dan Durabilitas (Kelompok C)

Kadar Gondorukem (%)	Pengujian permeabilitas dan durabilitas berdasarkan kadar aspal optimum terbaik		
Kadar aspal terbaik	Y_{M11}	Y_{M12}	Y_{M13}
Total benda uji	3 buah benda uji		

Tabel 7 Rekapitulasi Jumlah Benda Uji Keseluruhan

Kelompok Benda Uji	Kelompok Benda Uji Kelompok A dan Kelompok B		Kelompok Benda Uji Kelompok C
	Pengujian Marshall	Pengujian Contabro Loss	
A	15	15	-
B	36	36	-
C	-	-	3
Total	51	51	3
Total Keseluruhan	105		

4. Hasil dan pembahasan

Berdasarkan hasil yang diperoleh dari pengujian dan pengolahan data dari penelitian di laboratorium, maka akan diuraikan pada bab ini serta dilanjutkan pembahasan hasil.

4.1 Hasil pemeriksaan sifat-sifat fisis agregat

Hasil pemeriksaan sifat-sifat fisis agregat yang digunakan telah memenuhi persyaratan spesifikasi yang ditentukan, kecuali indeks kelonjongan dan kepipihan tidak dapat memenuhi spesifikasi, karena lebih besar dari syarat maksimal 10%. Berdasarkan Dinas Bina Marga[7] untuk partikel kelonjongan dan kepipihan dapat dinaikkan oleh direksi pekerjaan bilamana agregat tersebut memenuhi semua ketentuan

lainnya, terutama hasil dari pengujian abrasi dengan mesin *Los Angeles* memenuhi syarat dan semua upaya yang dapat dipertanggung jawabkan telah dilakukan untuk memperoleh bentuk partikel agregat yang baik.

Hasil pemeriksaan sifat-sifat fisis agregat disajikan pada Tabel 8 berikut :

Tabel 8 Hasil Pemeriksaan Sifat Fisis Agregat

Sifat-sifat Fisis yang Diperiksa	Hasil	Persyaratan
Berat Jenis	2,775	Min. 2,5
Penyerapan (%)	1,119	Maks. 3
Berat Isi (kg/dm ³)	1,656	Min. 1
Keausan (%)	15,001	Maks. 40
Indeks Kepipihan (%)	17,18	Maks. 10
Indeks Kelonjongan (%)	15,80	Maks. 10
Tumbukan (%)	8,940	Maks. 30

4.2 Hasil pemeriksaan sifat-sifat fisis aspal dengan dan tanpa penggunaan gondorukem

Hasil pemeriksaan memperlihatkan bahwa aspal tersebut dapat digunakan karena memenuhi persyaratan yang ditetapkan. Hasil pemeriksaan sifat-sifat fisis aspal penetrasi 60/70 disajikan pada Tabel 9 berikut :

Tabel 4.2 Hasil Pemeriksaan Sifat Fisis Aspal Pen. 60/70 dengan dan tanpa penggunaan gondorukem

Sifat-sifat Fisis Aspal yang Diperiksa	Kadar Gondorukem					Spec. Pen 60-70	Spec. Polimer	Satuan
	0%	2%	4%	6%	8%			
Berat Jenis	1,02	1,034	1,036	1,037	1,039	≥1,0	≥1,0	-
Penetrasi	64	59,56	58,33	56,22	52,11	60-70	Min. 40	(0.1 mm)
Daktilitas	130	137	134,67	133,67	132,33	≥100	≥100	cm
Titik Lembek	48	54,5	56	56,5	57	≥48	≥54	°C

4.3 Hasil pengujian Marshall tanpa substitusi gondorukem untuk penentuan KAO

Hasil pengujian Marshall menghasilkan parameter-parameter Marshall yaitu : *density*, *VIM*, *stabilitas*, *flow*, dan *Marshall Quotient*. Dari analisis hasil pengujian Marshall, dengan variasi kadar aspal sebesar 4,5%; 5%; 5,5%; 6%; dan 6,5% menggunakan gradasi terbuka diperoleh nilai KAO sebesar 5,56%. Selanjutnya KAO sebesar 5,56% digunakan untuk membuat benda uji dengan substitusi gondorukem 2%, 4%, 6%, dan 8%.

Rekapitulasi hasil pengujian Marshall dengan variasi kadar aspal disajikan pada Tabel 10 berikut :

Tabel 10 Rekapitulasi hasil pengujian Marshall, untuk penentuan KAO

Karakteristik Campuran	Kadar Aspal (%)					Spesifikasi AAPA
	4,5	5,0	5,5	6,0	6,5	
Stabilitas (kg)	408,65	462,51	490,47	432,99	365,79	Min. 500
Flow Plastis (mm)	3,40	4,57	4,80	4,30	3,67	2 - 6
<i>MQ</i> (Kg)	120,56	101,48	102,07	101,33	99,91	Maks. 400
<i>Density</i> (gr/cm ³)	1,95	1,99	2,04	2,05	2,08	-
<i>VIM</i> (%)	24,20	22,00	19,53	18,69	16,80	18 - 25

Dari Tabel 10 hasil pengujian Marshall dengan variasi kadar aspal terlihat sebagian besar telah memenuhi persyaratan spesifikasi yang ditentukan, kecuali stabilitas tidak memenuhi spesifikasi

4.4 Hasil Pengujian CL dan AFD tanpa substitusi gondorukem untuk penentuan KAO

Hasil pengujian CL menghasilkan nilai CL. Dari

hasil penelitian untuk kadar gondorukem 0% didapat nilai CL yang terendah sebesar 11,10 % pada variasi kadar aspal 6,5% dan yang tertinggi sebesar 28,14% pada variasi kadar aspal 4,5% didapatkan nilai KAO sebesar 5,56%. Rekapitulasi hasil pengujian CL dan AFD dengan variasi kadar aspal penetrasi. 60/70 tanpa substitusi gondorukem disajikan pada tabel 11 berikut :

Tabel 11 Rekapitulasi Hasil Pengujian CL dan AFD dengan Variasi Kadar Aspal Penetrasi. 60/70 Tanpa Substitusi Gondorukem

Karakteristik Campuran	Kadar Aspal (%)					Spesifikasi AAPA (2004)
	4,5	5,0	5,5	6,0	6,5	
<i>cantabro loss</i> (%)	28,14	21,16	18,50	14,15	11,10	Maks. 35
<i>asphalt flow down</i> (%)	0.14	0,21	0,24	0,27	0.37	Maks. 0,3

4.5 Hasil pengujian Marshall, dan CL dengan substitusi gondorukem pada KAO dan $\pm 0,5$ KAO

Setelah didapatkan KAO sebesar 5,56% maka dibuat benda uji dengan substitusi gondorukem 2%,

4%, 6%, dan 8% pada KAO dan $\pm 0,5$ KAO. Rekapitulasi hasil pengujian dan perhitungan parameter Marshall, dan CL campuran aspal porus dengan substitusi gondorukem 2%, 4%, 6%, dan 8% disajikan pada Tabel 12 sampai Tabel 15

Tabel 12 Rekapitulasi Hasil Pengujian pada Substitusi Gondorukem 2%

No	Karakteristik Campuran	Kadar Aspal (%)			Spesifikasi AAPA (2004)
		5,06	5,56	6,06	
1.	Stabilitas (kg)	487,42	518,32	475,96	Min. 500
2.	Flow Plastis (mm)	4,00	3,93	5,20	2 – 6
3.	<i>MQ</i> (Kg)	122,12	133,48	91,55	Maks. 400
4.	<i>VIM</i> (%)	11,22	10,09	8,71	18 – 25
5.	<i>Density</i> (gr/cm ³)	2,27	2,28	2,29	-
6.	Cantabro Loss (%)	24,23	20,16	11,75	Maks. 35

Tabel 13 Rekapitulasi Hasil Pengujian pada Substitusi Gondorukem 4%

No	Karakteristik Campuran	Kadar Aspal (%)			Spesifikasi AAPA (2004)
		5,06	5,56	6,06	
1.	Stabilitas (kg)	465,16	529,20	525,72	Min. 500
2.	Flow Plastis (mm)	4,53	3,87	4,10	2 – 6
3.	<i>MQ</i> (Kg)	102,76	137,58	130,63	Maks. 400
4.	<i>VIM</i> (%)	13,75	11,67	10,05	18 – 25
5.	<i>Density</i> (gr/cm ³)	2,20	2,24	2,26	-
6.	Cantabro Loss (%)	25,65	20,52	10,83	Maks. 35

Tabel 14 Rekapitulasi Hasil Pengujian pada Substitusi Gondorukem 6%

No	Karakteristik Campuran	Kadar Aspal (%)			Spesifikasi AAPA (2004)
		5,06	5,56	6,06	
1.	Stabilitas (kg)	485,68	513,64	523,65	Min. 500
2.	Flow Plastis (mm)	4,57	3,90	4,03	2 – 6
3.	<i>MQ</i> (Kg)	106,92	134,29	130,92	Maks. 400
4.	<i>VIM</i> (%)	15,00	13,20	11,02	18 – 25
5.	<i>Density</i> (gr/cm ³)	2,17	2,20	2,24	-
6.	Cantabro Loss (%)	26,24	20,64	13,68	Maks. 35

Tabel 15 Rekapitulasi Hasil Pengujian pada Substitusi Gondorukem 8%

No	Karakteristik Campuran	Kadar Aspal (%)			Spesifikasi AAPA (2004)
		5,06	5,56	6,06	
1.	Stabilitas (kg)	508,71	554,81	555,57	Min. 500
2.	Flow Plastis (mm)	4,47	3,93	3,80	2 – 6
3.	<i>MQ</i> (Kg)	114,61	143,02	147,65	Maks. 400
4.	<i>VIM</i> (%)	19,14	18,04	15,24	18 – 25
5.	<i>Density</i> (gr/cm ³)	2,06	2,08	2,13	-
6.	Cantabro Loss (%)	26,86	20,66	14,16	Maks. 35

4.6 Pengujian permeabilitas dan durabilitas pada KAO terbaik

Berdasarkan kadar aspal optimum terbaik dengan gradasi yang sama dibuat 3 (tiga) buah benda uji

dengan komposisi campuran pada aspal terbaik untuk pengujian permeabilitas dan durabilitas.

Rekapitulasi hasil pengujian permeabilitas dan durabilitas campuran aspal porus pada KAO terbaik disajikan pada Tabel 16 dan Tabel 17 berikut :

Tabel 16 Hasil Pengujian Permeabilitas

No	Kadar Aspal (%)	Kadar Gondorukem (%)	Tebal Benda Uji (cm)	Waktu Pengaliran (det)	Permeabilitas (K)
1.	5,56	8	6,93	17,04	0,2212

Tabel 17 Hasil Pengujian Durabilitas

No	Kadar Aspal (%)	Kadar Gondorukem (%)	Stabilitas Rendaman 30 Menit	Stabilitas Rendaman 24 Jam	Nilai Durabilitas (%)
			C	D	
1.	A 5,56	B 8	C 554,81	D 425,41	E = D/C 76,68

4.7 Pembahasan

Hasil yang diperoleh dari penelitian dan hasil pengolahan data berupa tinjauan pengaruh substitusi gondorukem terhadap karakteristik campuran aspal porus pada KAO dan \pm KAO. Berdasarkan hasil penelitian diperoleh kadar aspal optimum terbaik pada 5,56% dengan substitusi gondorukem 8% dimana semua parameternya telah memenuhi spesifikasi yang disyaratkan AAPA (2004). Hasil pemeriksaan sifat-sifat fisis agregat yang digunakan telah memenuhi persyaratan spesifikasi yang ditentukan, kecuali indeks kelonjongan dan kepipihan tidak dapat memenuhi spesifikasi, karena lebih besar dari syarat maksimal 10%. Berdasarkan Dinas Bina Marga[7], untuk partikel kelonjongan dan kepipihan dapat dinaikkan oleh direksi pekerjaan bilamana agregat tersebut memenuhi semua ketentuan lainnya, terutama hasil dari pengujian abrasi dengan mesin *Los Angeles* memenuhi syarat dan semua upaya yang dapat dipertanggung jawabkan telah dilakukan untuk memperoleh bentuk partikel agregat yang baik. Nilai kadar aspal optimum terbaik diperoleh pada 5,56% dengan substitusi 8% gondorukem.

Semakin besar persentase gondorukem nilai stabilitas campuran juga semakin meningkat. Pada kadar aspal optimum terbaik 5,56 % dengan substitusi 8% gondorukem, nilai stabilitas diperoleh sebesar 554,81 kg dimana sudah memenuhi spesifikasi yang

disyaratkan *Australian Asphalt Pavement Association* (2004) untuk lalu lintas sedang yaitu min. 500 kg.

Nilai kadar rongga dalam campuran semakin besar seiring dengan semakin besar kadar gondorukem, sebaliknya semakin besar kadar aspal semakin kecil nilai kadar rongga. Nilai *VIM* pada kadar aspal optimum terbaik diperoleh sebesar 18,04 %. Peningkatan kadar aspal menyebabkan nilai *cantabro loss* semakin menurun dengan kata lain ketahanan campuran terhadap pelepasan butiran semakin besar. Nilai *cantabro loss* pada kadar aspal optimum terbaik diperoleh sebesar 20,66 %. Semakin besar kadar aspal menyebabkan nilai *AFD* campuran juga ikut meningkat sehingga tingkat pemisahan aspal dengan agregat dalam campuran semakin besar. Nilai *asphalt flow down* pada kadar aspal optimum terbaik diperoleh sebesar 0,28 %. Nilai permeabilitas diperoleh sebesar 0,2212 cm/det. Hasil pengujian tersebut memenuhi spesifikasi yaitu 0,0575 cm/det – 0,2493 cm/det. Nilai durabilitas campuran aspal porus pada kadar aspal optimum terbaik tidak memenuhi syarat, yaitu rasio antara stabilitas benda uji yang direndam selama 24 jam pada suhu 60°C Nilai durabilitas campuran aspal porus pada kadar aspal optimum terbaik tidak memenuhi syarat, yaitu rasio antara stabilitas benda uji yang direndam selama 24 jam pada suhu 60°C dengan benda uji yang direndam selama 30 menit pada suhu yang sama memiliki nilai ≤ 90 % yaitu 76,68%

5. Kesimpulan dan Saran

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan yang telah dilakukan mengenai pemanfaatan gondorukem ke dalam aspal penetrasi 60/70 pada campuran aspal porus, maka dapat diambil beberapa kesimpulan antara lain:

1. Hasil pemeriksaan sifat-sifat fisis aspal penetrasi 60-70 dengan gondorukem memenuhi spesifikasi dan dapat digunakan sebagai bahan campuran aspal porus.
2. Berdasarkan hasil pengujian parameter Marshall, dan CL diperoleh kadar aspal optimum (KAO) sebesar 5,56%, dimana semakin besar persentase gondorukem ke dalam aspal pen. 60/70, maka semakin meningkatkan nilai stabilitas, VIM, dan CL.
3. Nilai kadar aspal optimum terbaik diperoleh pada 5,56% dengan substitusi 8% gondorukem, dimana sudah memenuhi semua spesifikasi yang disyaratkan *Australian Asphalt Pavement Association* (2004).
4. Semakin besar persentase gondorukem nilai stabilitas campuran juga semakin meningkat. Pada kadar aspal optimum terbaik 5,56 % dengan substitusi 8% gondorukem, nilai stabilitas diperoleh sebesar 554,81 kg dimana sudah memenuhi spesifikasi yang disyaratkan *Australian Asphalt Pavement Association* (2004) untuk lalu lintas sedang yaitu minimum 500 kg.
5. Nilai kadar rongga dalam campuran semakin besar seiring dengan semakin besar kadar gondorukem, sebaliknya semakin besar kadar aspal semakin kecil nilai kadar rongga. Nilai VIM pada kadar aspal optimum terbaik diperoleh sebesar 18,04 % pada gondorukem 8%.
6. Peningkatan gondorukem menyebabkan nilai *cantabro loss* semakin menurun dengan kata lain ketahanan campuran terhadap pelepasan butiran semakin besar. Nilai *cantabro loss* pada kadar aspal optimum terbaik diperoleh sebesar 20,66% pada gondorukem 8%.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan yang telah dilakukan mengenai pemanfaatan gondorukem ke dalam aspal penetrasi 60/70 pada campuran aspal porus, maka dapat diambil beberapa saran antara lain:

1. Hasil penelitian ini menunjukkan semakin besar persentase gondorukem ke dalam aspal pen. 60/70 maka semakin meningkatkan nilai stabilitas, VIM, dan CL, disarankan pada penelitian selanjutnya dapat dilakukan dengan variasi gondorukem di atas 8%.
2. Penentuan KAO dalam penelitian ini masih menggunakan spesifikasi AAPA (1997), diharapkan pada penelitian selanjutnya dapat

menggunakan spesifikasi AAPA (2004) atau yang terbaru.

3. Pada penelitian ini menggunakan ukuran gradasi rencana maksimum 14 mm, disarankan pada penelitian selanjutnya dapat dilakukan dengan menggunakan ukuran gradasi maksimum 10 mm.

6. Daftar Kepustakaan

- [1] Affan.M, 2006, *Studi Peranan Rongga Terhadap stabilitas dan Durabilitas Campuran Aspal Porus Akibat Penambahan Mortar*, Tesis, Magister Teknik Sipil, Program Sarjana, Universitas Syiah Kuala, Banda Aceh.
- [2] Wignall, A, dkk, 1999, *Proyek Jalan Teori dan Praktek*, Penerbit Erlangga, Jakarta.
- [3] Anonim, 2004, *Open Graded asphalt Design Guide*, Australian Asphalt Pavement Association, Australia.
- [4] Sukirman, S, 2003, *Campuran Beraspal Panas*, Penerbit Granit, Bandung.
- [5] Bukhari, dkk, 2007, *Rekayasa Bahan dan Tebal Perkerasan Jalan Raya*, Bidang Studi Teknik Transportasi Fakultas Teknik Universitas Syiah Kuala.
- [6] Diana, 1995, *Aspal Porus*, Fakultas Teknik, UNILA, Bandar Lampung.
- [7] Direktorat Jenderal Bina Marga, 2007, *Spesifikasi Umum Divisi 6*, Direktorat Jenderal Bina Marga, Departemen PU, Jakarta