

BAB V

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Penelitian

1. Penyajian data hasil pengujian agregat

Agregat merupakan komponen utama dari lapisan perkerasan jalan yang terdiri dari agregat halus dan agregat kasar. Oleh karena itu, sebelum digunakan maka harus dilakukan beberapa jenis pengujian untuk mengetahui kelayakan dari agregat tersebut. Untuk gradasi yang ditinjau adalah didasarkan pada gradasi (AC-BASE) dari spesifikasi Umum Bina Marga 2010 Revisi 2.

Berat jenis bulk agregat gabungan (Gsb) diperoleh dari hasil perhitungan penggabungan dari masing-masing fraksi. Data berat jenis bulk gabungan diperlukan dalam perencanaan campuran beraspal. Hasil berat jenis bulk (Gsb) adalah 2,257 dipakai untuk campuran menggunakan aspal Pen 60/70. Tabel 5.1 merupakan hasil pemeriksaan kualitas agregat kasar, agregat halus, dan *filler* memenuhi persyaratan yang ditentukan dalam spesifikasi Umum Bina Marga 2010 Revisi 2.

Tabel 5.1 Hasil pengujian agregat kasar dan agregat halus

No	Jenis Pengujian	Satuan	Hasil	Spesifikasi Pengujian		Standar
				Minimal	Maksimal	
I. Agregat Kasar						
1	Berat Jenis <i>Bulk</i>	-	2,488	-	-	SNI 03-1969-1990
2	Berat jenis <i>Apparent</i>	-	2,643	2,5	-	SNI 03-1969-1990
3	Berat jenis efektif	-	2,565	-	-	SNI 03-1969-1990
4	Penyerapan	%	2,350	-	3	SNI 03-1969-1990
5	Pengujian Abrasi	%	22,83	-	40	SNI 03-2417-1991
II. Agregat Halus						
1	Berat Jenis <i>Bulk</i>	-	2,027	-	-	SNI 03-1979-1990

2	Berat jenis <i>Apparent</i>	-	2,595	2,5	-	SNI 03-1979-1990
3	Berat jenis efektif	-	2,312	-	-	SNI 03-1979-1990
4	Penyerapan	%	1,868	-	3	SNI 03-1979-1990
III. Batu rounded						
1	Berat jenis	-	2,553	-	-	SNI 03-1969-1990
IV. Filler						
1	Berat jenis	%	2,550	2,5	-	SNI 03-1979-1990
V. Agregat Gabungan						
1	Berat jenis <i>bulk</i>	%	2,257	-	-	SNI 03-1979-1990
2	Berat jenis efektif	%	2,368	-	-	SNI 03-1979-1990

Sumber : Hasil penelitian dan Spesifikasi Bina Marga 2010 revisi-2

Berdasarkan hasil dari pengujian pada Tabel 5.1 maka agregat kasar dan agregat halus memenuhi persyaratan sebagai bahan yang akan digunakan pada penelitian ini untuk campuran aspal, sesuai dengan Spesifikasi Bina Marga 2010 revisi-2.

2. Hasil Pengujian Aspal

Aspal yang digunakan pada penelitian ini merupakan aspal keras dengan penetrasi 60/70. Untuk mengetahui kelayakan dari aspal tersebut, maka akan dilakukan beberapa jenis pengujian. Hasil dari pemeriksaan aspal akan disajikan pada Tabel 5.2.

Tabel 5.2 Hasil pengujian aspal keras AC 60/70

No	Jenis Pengujian	Satuan	Hasil rata-rata	Spesifikasi Pengujian		Standar
				Min	Maks	
1	Penetrasi (25°, 5 dt, 100 gr)	0,1 mm	63,3	60	70	Spesifikasi Bina Marga 2010 revisi-2
2	Titik Lembek	°C	51,0	48	-	
3	Titik Nyala	°C	323	232	-	Spesifikasi Bina Marga 2010 revisi-2

4	Daktilitas 25°C	Cm	100	100	-	Spesifikasi Bina Marga 2010 revisi-2
5	Berat Jenis	gr/cm ³	1,03	1,0	-	Spesifikasi Bina Marga 2010 revisi-2
6	Kehilangan Berat	% berat	0,26	-	0,8	
7	Kelarutan Dalam CCL ⁴	% berat	99,58	99	-	Spesifikasi Bina Marga 2010 revisi-2
8	Penetrasi Setelah Kehilangan Berat	% of original	56,6	75	-	Spesifikasi Bina Marga 2010 revisi-2

Sumber : Hasil penelitian dan Spesifikasi Bina Marga 2010 revisi-2

B. Analisis Data

1. Berat jenis dan penyerapan air

Berdasarkan pengujian aspal yang telah dilakukan, didapat hasil hasil untuk penetrasi sebesar 65,2. Pemeriksaan penetrasi ini bertujuan untuk memeriksa tingkat kekerasan aspal, semakin besar angka penetrasinya, maka tingkat kekerasannya makin rendah. Hasil ini memenuhi persyaratan untuk aspal penetrasi 60/70 dengan toleransi batas maksimum sebesar 70 sesuai Spesifikasi Bina Marga 2010 revisi-2, sedangkan dari hasil pengujian aspal Pen 60/70 memiliki nilai penetrasi pada temperatur suhu 25°C setelah kehilangan berat yaitu sebesar 56,6 hasil ini tidak memenuhi syarat Spesifikasi Bina Marga 2010 revisi-2 yang mensyaratkan nilai penetrasi harus minimal 75 dari penetrasi asli. Pemeriksaan penetrasi ini bertujuan untuk memeriksa tingkat kekerasan aspal, semakin besar angka penetrasinya maka tingkat kekerasannya makin rendah.

a. Uji daktilitas

Untuk pemeriksaan daktilitas, hasil yang didapat memenuhi persyaratan dari Spesifikasi Bina Marga 2010 revisi-2. Batas yang disyaratkan minimal 100 cm.

b. Titik nyala (*flash point*)

Pemeriksaan titik nyala berguna untuk memperkirakan temperatur maksimum pemasangan terhadap aspal sehingga aspal tidak mudah terbakar sedangkan titik

hasil pemeriksaan terhadap titik nyala didapat sebesar 298°C, pemeriksaan ini memenuhi persyaratan Spesifikasi Bina Marga 2010 revisi-2 dengan batas minimum 232°C. Untuk titik lembek sebesar 51°C Spesifikasi Bina Marga 2010 revisi-2 dengan batas 48-58°C.

c. Uji kehilangan berat (*loss on heating*)

Pemeriksaan lainnya yang dilakukan yaitu kehilangan berat. Pemeriksaan ini bertujuan untuk mengetahui pengurangan berat akibat penguapan bahan-bahan yang mudah menguap dalam aspal. Berdasarkan pemeriksaan yang dilakukan didapatkan hasil sebesar 0,086% berat. Nilai ini memenuhi persyaratan Spesifikasi Bina Marga 2010 revisi-2 dengan batas maksimum 0,8% berat.

d. Berat jenis

Berat jenis aspal perlu diketahui untuk perhitungan dalam analisa campuran. Pada pemeriksaan didapatkan hasil sebesar 1,03 gr/cm³ dengan batas minimal 1 gr/cm³ maka berat jenis dari aspal pada penelitian ini memenuhi persyaratan sesuai dengan Spesifikasi Bina Marga 2010 revisi-2.

e. Kelarutan di dalam karbon tetraklorida (CCL₄)

Nilai pengujian kelarutan menunjukkan kemurnian aspal dan normalnya bebas dari air. Nilai kelarutan didalam CCL₄ untuk aspal Pen 60/70 sebesar 99,58% dari berat semula, nilai ini memenuhi persyaratan Spesifikasi Bina Marga 2010 revisi-2 dengan batas minimum 99% berat.

C. Hasil dan Pembahasan Pengujian *Marshall*

1. Data hasil pengujian karakteristik *marshall* dengan variasi Kadar aspal

Dari hasil uji Marshall dengan variasi batu *rounded* terhadap Kadar Asal Optimum (KAO), maka didapat nilai stabilitas, *flow*, rongga udara campuran (VIM), rongga beton aspal yang terisi oleh aspal (VFA), rongga diantara mineral agregat (VMA) dan *marshall quotient* (MQ).

Rekapitulasi hasil dari nilai tersebut dapat dilihat di Tabel 5.3. Dari data-data

stabilitas, *flow*, rongga udara campuran (VIM), rongga beton aspal yang terisi oleh aspal (VFA), rongga diantara mineral agregat (VMA) dan *marshall quotient* (MQ) pada campuran AC-BASE Spesifikasi Bina Marga 2010 revisi-2.

Tabel 5.3 Hasil rekapitulasi uji *marshall* menggunakan variasi batu *rounded*

		Kadar batu rounded			
Kadar Aspal	Data Marshall	0%	10%	20%	30%
4%	STABILITAS (kg)	2233,2	2116	2060,4	1887,7
	FLOW (mm)	4,6	3,5	3,6	3,8
	VIM (%)	6,66	20,6	14,5	13,6
	VFA (%)	53,8	18,4	32,3	30,8
	VMA (%)	14,4	25,2	21,5	19,7
	MQ (kg/mm)	441,67	554,5	527,8	452,8
4,5%	STABILITAS (kg)	2399,73	2190	2159,1	1937,1
	FLOW (mm)	4,83	4,5	4,7	4,8
	VIM (%)	5,23	18,1	12,2	10,1
	VFA (%)	63,01	29,7	40,1	43,6
	VMA (%)	14,13	25,5	20,3	17,9
	MQ (kg/mm)	442,62	444,3	425,3	367,6
5%	STABILITAS (kg)	2387,38	2220,8	2183,8	2029,6
	FLOW (mm)	4,9	4,8	5,1	5,3
	VIM (%)	4,08	13,8	11	9,2
	VFA (%)	72,2	40,2	46,5	48,4
	VMA (%)	14,15	23,1	20,2	17,7
	MQ (kg/mm)	438,9	425,5	395,8	351,7

Hasil rekapitulasi uji marshall menggunakan variasi batu rounded (lanjutan)

5,5%	STABILITAS (kg)	2313,6	2128,3	2091,3	1912,4
	FLOW (mm)	5,27	4,5	4,5	3,8
	VIM (%)	3,86	13,3	9,6	8,7
	VFA (%)	74,8	42,8	52,4	52,7
	VMA (%)	15,02	23,2	20	18,3
	MQ (kg/mm)	417,12	434,8	428,6	456,7
6%	STABILITAS (kg)	2165,3	2097,4	2085,1	1869,2
	FLOW (mm)	5,88	4,6	4,3	3,5
	VIM (%)	2,07	10,9	8,66	8,4
	VFA (%)	85,99	50,8	57,6	56,9
	VMA (%)	14,51	22,1	20,2	19,1
	MQ (kg/mm)	341,78	423,3	443,9	491,8

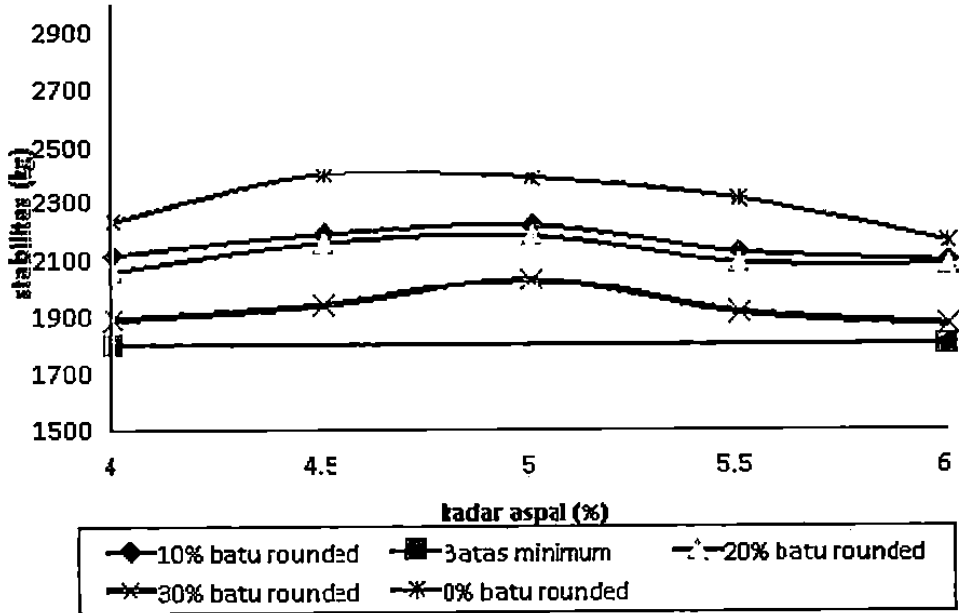
a. Pengaruh persentase kadar batu rounded dan kadar aspal terhadap nilai Stabilitas (*Stability*)

Nilai stabilitas menunjukkan besarnya kemampuan lapis keras untuk menahan deformasi yang terjadi akibat adanya beban lalu lintas tanpa terjadinya perubahan bentuk seperti gelombang dan alur (Juliasti dkk, 2003 dalam Pratiwi dkk, 2013). Perkerasan yang memiliki nilai stabilitas yang tinggi akan mampu menahan beban lalu lintas yang besar, tetapi stabilitas yang terlalu tinggi menyebabkan campuran terlalu kaku, sehingga perkerasan akan mudah mengalami retak-retak pada saat menerima beba lalu lintas.

Nilai stabilitas untuk campuran batu rounded disajikan pada Tabel 5.4 serta Grafik pengaruh kadar aspal dan kadar batu rounded terhadap stabilitas disajikan pada Gambar 5.1.

Tabel 5.4 Nilai stabilitas campuran batu rounded

Kadar Aspal	Data Marshall	Kadar batu rounded			
		0%	10%	20%	30%
4%	Stabilitas	2233,2	2116	2060,4	1887,7
4,5%		2399,73	2190	2159,1	1937,1
5%		2387,38	2220,8	2183,8	2029,6
5,5%		2313,6	2128,3	2091,3	1912,4
6		2165,3	2097,4	2085,1	1869,2



Gambar 5.1 Pengaruh kadar aspal dan kadar batu rounded terhadap stabilitas

Pada Gambar 5.1 ditunjukkan bahwa seiring dengan penambahan atau kenaikan kadar aspal pada masing-masing variasi campuran maka nilai stabilitas cenderung mengalami kenaikan sampai batas maksimum dan kemudian mengalami penurunan. Untuk 0% batu rounded yang berarti sama sekali tidak menggunakan campuran batu rounded namun tetap menggunakan agregat kasar

Marga 2010 revisi-2, nilai stabilitas maksimumnya berada pada kadar aspal 5%. Setelah mencapai nilai stabilitas maksimum kadar aspal tertentu, selanjutnya pada penambahan kadar aspal berikutnya nilai stabilitas masing-masing variasi campuran batu *rounded* menurun.

Keadaan tersebut terjadi karena pada kadar aspal di saat nilai stabilitas bergerak naik dan mencapai maksimum, kadar aspal yang ditambahkan berfungsi sebagai perekat apalagi dengan jumlah penambahan batu *rounded* sehingga antara butiran agregat menyebabkan kerapatan campuran sehingga meningkat.

Untuk variasi campuran batu *rounded* 10%, 20%, 30% hasil pengujian stabilitas diketahui dengan bentuk kurva yang dihasilkan hampir menyerupai dengan variasi untuk 0% batu *rounded*, tapi bedanya hanya nilai stabilitasnya lebih rendah dibandingkan dengan nilai stabilitas yang tanpa menggunakan batu *rounded*. Pada saat penambahan kadar aspal 5,5% justru mengalami penurunan stabilitas yang hampir sama. Dari hasil yang didapat ini, maka untuk penambahan batu *rounded* 10%, 20% dan 30% dalam campuran yang mengakibatkan aspal mengalami nilai stabilitas makin menurun. Ini disebabkan oleh bertambahnya jumlah batu *rounded* yang mengakibatkan *interlocking* antar agregat kurang baik sehingga antar agregat tidak dapat mengunci dengan baik. Dari hasil pengujian ini diketahui nilai stabilitas tertinggi pada angka 2220,8 kg dengan kadar aspal 5% dan campuran batu *rounded* 10%, kemudian terendah dengan angka 1869,2 kg kadar aspal 6% dan campuran batu *rounded*.

b. Pengaruh persentase kadar batu *rounded* dan kadar aspal terhadap nilai kelelehan (*Flow*)

Kelelehan menunjukkan besarnya deformasi dari campuran akibat beban yang bekerja pada perkerasan. Nilai kelelehan dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain viskositas dan kadar aspal. Campuran yang memiliki nilai kelelehan yang rendah dan stabilitas yang tinggi, cenderung menjadi terlalu kaku dan getas, sedangkan campuran yang memiliki nilai kelelehan yang tinggi dengan nilai stabilitas yang rendah cenderung plastis dan mudah berubah bentuk jika

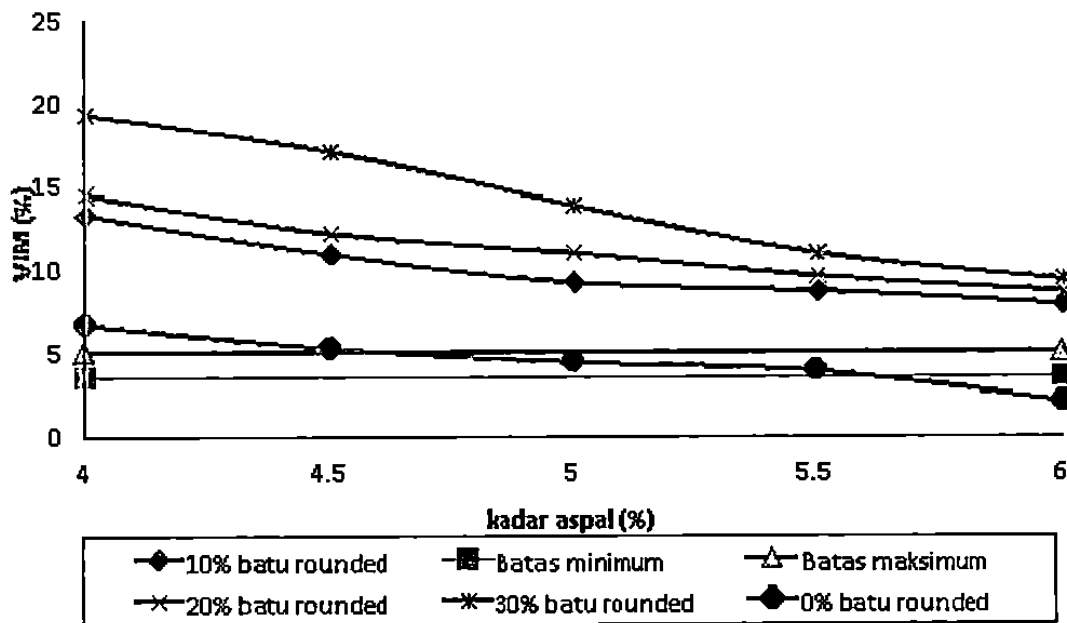
Pada Gambar 5.2 menunjukkan dengan penambahan kadar aspal akan menurunkan nilai kekehanya, besarnya penurunan nilai kekehanya itu sendiri seiring dengan besarnya kadar aspal yang ditambahkan, jadi semakin besar kadar aspal maka semakin kecil nilai kekehanya, Mengakibatkan nilai *flow* semakin rendah. Untuk campuran 30% campuran batu *rounded* mempunyai nilai *flow* yang paling tinggi pada saat kadar aspal berada pada 5% namun setelah itu untuk penambahan kadar aspal selanjutnya mengalami penurunan bahkan ke titik paling rendah pada saat kadar aspal 6% hingga melewati batas syarat Spesifikasi Bina Marga 2010 revisi-2 di antara campuran campuran batu *rounded* lainnya. Sedangkan untuk campuran 10%, dan 20% mempunyai nilai *flow* yang hampir sama. Di saat kadar aspal 5,5% kurva menunjukkan penurunan hingga berada dibawah batas Spesifikasi Bina Marga 2010 revisi-2. Dari hasil pengujian ini diketahui nilai *flow* tertinggi pada angka 5,3 mm dengan kadar aspal 5% dengan campuran batu *rounded* 30%, kemudian terendah pada angka 2,33mm dengan kadar aspal 6% dengan campuran batu *rounded* 30%.

c. Pengaruh persentase kadar batu *rounded* dan kadar aspal terhadap nilai VIM (*Voids In The Mix*)

Nilai VIM menunjukkan nilai persentase rongga dalam suatu campuran aspal. Nilai VIM yang semakin besar menunjukkan campuran bersifat keropos (*porous*). Proses ini mengakibatkan udara dan air mudah masuk ke dalam lapis perkerasan sehingga berakibat meningkatkan proses oksidasi yang dapat mempercepat penuaan aspal. Apabila didapat nilai VIM yang kecil, maka dapat diindikasikan bahwa campuran akan bersifat lebih kedap air. Nilai VIM yang terlalu kecil juga dapat mengakibatkan terjadinya *bleeding* pada lapis perkerasan saat temperatur meningkat. Spesifikasi dari VIM berkisar antara 3%-5%. Nilai VIM untuk campuran batu *rounded* disajikan pada Tabel 5.6 serta grafik pengaruh kadar aspal

Tabel 5.6 Nilai VIM campuran batu *rounded*

Kadar Aspal	Data Marshall	Kadar batu <i>rounded</i>			
		0%	10%	20%	30%
4%	VIM	6,66	13,3	14,5	19,3
4,5%		5,23	10,9	12,2	17,1
5%		4,08	9,2	11	13,9
5,5%		3,86	8,7	9,6	11
6		2,07	7,9	8,66	9,4

Gambar 5.3 Pengaruh kadar aspal dengan campuran batu *rounded* terhadap VIM

Pada Gambar 5.3 penggunaan campuran batu *rounded* yang berbeda sangat berpengaruh terhadap nilai VIM dari suatu campuran itu sendiri. Semakin tinggi kadar dengan batu *rounded* semakin rendah nilai VIM-nya. Untuk campuran AC-BASE menggunakan dengan campuran batu *rounded* 10%, 20%, dan 30%

menjelaskan VIM minimal 3% dan maksimal 5%, sehingga dapat dikatakan tidak memenuhi syarat Spesifikasi Bina Marga 2010 revisi-2.

Faktor ini dikarenakan semakin banyak jumlah presentase batu *rounded* yang digunakan mengakibatkan semakin besar rongga di dalam campuran, sehingga makin kurang kedap terhadap udara dan air, sehingga campuran akan lebih mudah keropos dan diresapi oleh air. Jika hal ini terjadi maka dapat mengakibatkan kerusakan pada perkerasan. Disamping itu juga dalam penggunaan kadar batu *rounded* yang tinggi mengakibatkan perkerasan menjadi kaku sehingga menyebabkan adanya retakan-retakan disebabkan oleh agregat kasar yang saling *interconnected* dan pecah karena proses pemadatan yang tidak sempurna. Dari hasil pengujian ini diketahui nilai VIM tertinggi pada angka 19,3% dengan kadar aspal 4% dan kadar batu *rounded* 30%, kemudian terendah dengan angka 7,9% kadar aspal 6% dan kadar batu *rounded* 10%.

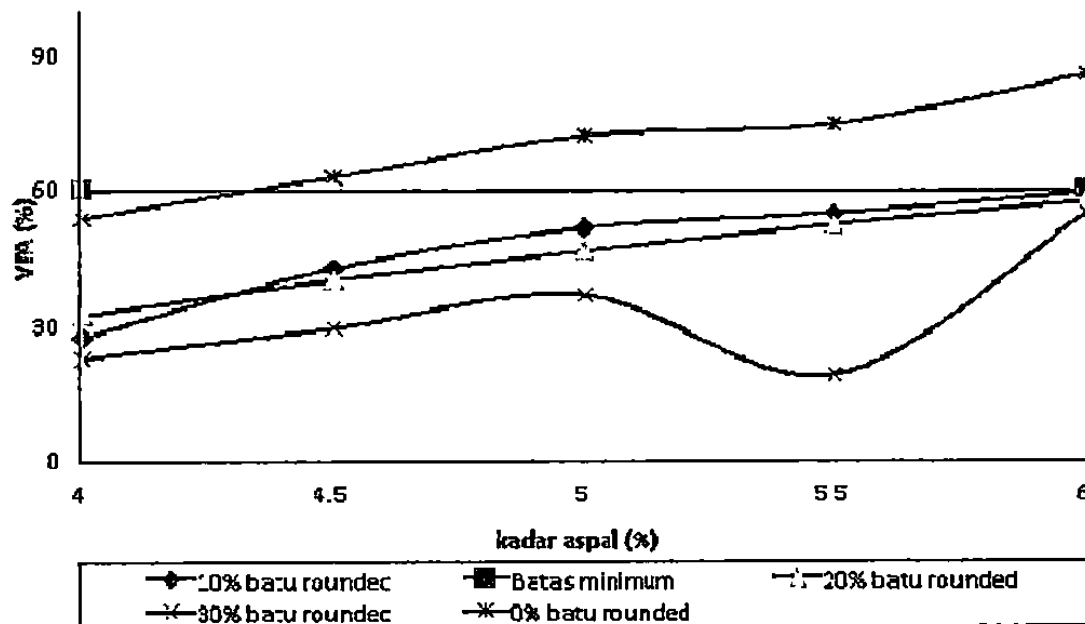
d. Pengaruh persentase kadar batu *rounded* dan kadar aspal terhadap nilai VFA
(*Void Filled With Asphalt*)

Rongga dalam campuran terjadi akibat adanya ruang sisa antar butiran penyusun campuran. Rongga ini dalam kondisi kering akan diisi oleh udara dan dalam kondisi basah akan diisi oleh air. Nilai VFA sangat dipengaruhi oleh penggunaan jumlah kadar aspal. Nilai VFA yang besar berarti semakin banyak rongga udara yang terisi aspal sehingga ke kedapan campuran terhadap air dan udara akan semakin tinggi tetapi dengan nilai VFA yang terlalu tinggi akan menyebabkan lapis keras mudah mengalami *bleeding*.

Nilai VFA yang terlalu kecil akan menyebabkan kekedapan campuran berkurang karena hanya sedikit rongga yang terisi oleh aspal, dengan banyaknya rongga yang kosong, air dan udara akan mudah masuk kedalam lapis keras sehingga keawetan dari lapis keras akan berkurang (Juliasti dkk, 2003 dalam Pratiwi dkk, 2013). Nilai VFA untuk campuran batu *rounded* disajikan pada Tabel 5.7 yaitu Grafik pengaruh kadar aspal dan kadar batu *rounded* terhadap VFA

Tabel 5.7 Nilai VFA campuran batu *rounded*

Kadar Aspal	Data Marshall	Kadar batu rounded			
		0%	10%	20%	30%
4%	VFA	53,8	27,5	32,3	22,8
4,5%		63,01	42,7	40,1	24,4
5%		72,2	51,7	46,5	22
5,5%		74,8	54,9	52,4	20,4
6		85,99	59,6	57,6	19,9

Gambar 5.4 Pengaruh kadar aspal campuran batu *rounded* terhadap VFA

Pada Gambar 5.4 ditunjukkan bahwa dengan penambahan kadar aspal serta batu *rounded* masing-masing campuran maka, nilai VFA semakin meningkat terlihat pada grafik dimana untuk kadar aspal 4% ialah yang terendah kemudian akan naik hingga 6% diikuti dengan penambahan kadar batu *rounded* semakin banyak batu *rounded* menyebabkan nilai VFA menjadi rendah dapat dilihat pada

nilai VFA-nya. Hal ini dikarenakan dengan ditambahkan kadar aspal dan batu *rounded* maka rongga udara kurang mampu terisi aspal karena semakin banyak rongga udara yang disebabkan oleh adanya penambahan batu *rounded* pada campuran sehingga kekedapan campuran terhadap air dan udara akan semakin jelek.

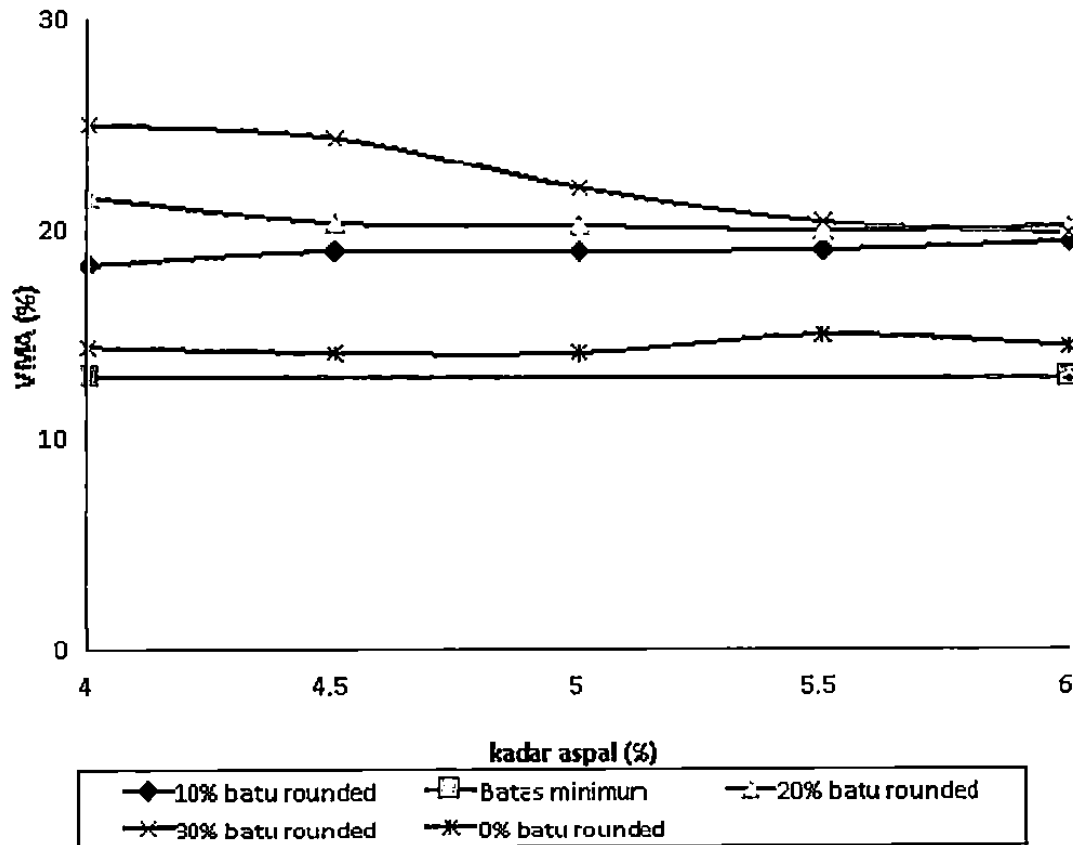
Nilai VFA yang disyaratkan Spesifikasi Bina Marga 2010 revisi-2 pada campuran AC-base minimum 60%, bisa dilihat pada grafik setiap kadar batu *rounded* tidak masuk dalam Spesifikasi Bina Marga 2010 revisi-2. Dari hasil pengujian ini diketahui nilai VFA tertinggi pada angka 59,6% dengan kadar aspal 6% dan kadar batu *rounded* 10%, kemudian terendah dengan angka 19,9% kadar aspal 4% dan kadar batu *rounded* 30%.

e. Pengaruh persentase kadar batu *rounded* dan kadar aspal terhadap nilai VMA (*Voids in the Mineral Aggregate*)

VMA digunakan untuk mengukur kemampuan suatu campuran dalam menerima dan menampung sejumlah kadar aspal (Arifin dkk, 2008 dalam Pratiwi dkk, 2013). Rongga dalam agregat atau VMA merupakan salah satu parameter penting dalam rancangan campuran aspal, karena pengaruhnya terhadap ketahanan dari campuran aspal. VMA menunjukkan banyaknya % aspal dari rongga yang terisi aspal. Nilai VMA untuk campuran batu *rounded* disajikan pada Tabel 5.7 serta grafik pengaruh kadar aspal dan kadar batu *rounded* terhadap VMA disajikan pada Gambar 5.5.

Tabel 5.7 Nilai VMA campuran batu *rounded*

Kadar Aspal	Data Marshall	Kadar batu rounded			
		0%	10%	20%	30%
4%	VMA	14,4	18,3	21,5	25
4,5%		14,13	19	20,3	24,4
5%		14,15	19	20,2	22
5,5%		15,02	19,1	20	20,4
6		14,51	19,5	20,2	19,9



Gambar 5.5 Pengaruh kadar aspal campuran batu *rounded* terhadap VMA

Pada Gambar 5.5 menunjukkan bahwa grafik campuran batu *rounded* 30% yang memiliki campuran batu *rounded* memiliki nilai VMA yang lebih tinggi dari campuran batu *rounded* yang lain. Hal ini dikarenakan jumlah rongga antara agregat dalam campuran 30% lebih banyak, apalagi dengan penambahan batu *rounded* sehingga nilai VMA juga semakin tinggi, berbanding terbalik dengan campuran batu *rounded* 10% yang nilai VMA-nya rendah.

Pada masing-masing grafik yang ditunjukkan pada Gambar 5.5 diatas bahwa dengan penambahan kadar aspal serta campuran batu *rounded* nilai VMA bergerak turun namun jika kadar aspal ditingkatkan dan kadar batu *rounded* di tambahkan maka nilai VMA-pun akan tetap menurun, penurunan ini terjadi pada setiap campuran batu *rounded* 20% dan 30%, terkecuali untuk campuran 10%

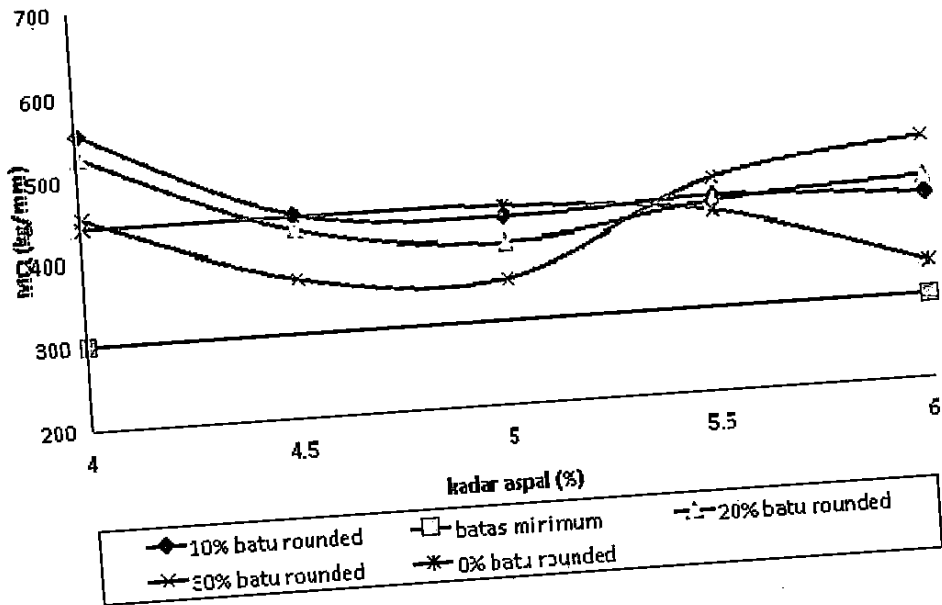
Spesifikasi Bina Marga 2010 revisi-2 pada campuran AC-base minimal 13% dengan pemadatan sebanyak 75 kali per benda uji. Dari hasil pengujian ini diketahui nilai VMA tertinggi pada angka 25% dengan kadar aspal 4% dan kadar batu *rounded* 30%, kemudian terendah dengan angka 18,3% kadar aspal 4% dan kadar batu *rounded* 10%.

f. Pengaruh persentase kadar batu *rounded* dan kadar aspal terhadap nilai MQ (*Marshall Quotient*)

MQ dihitung sebagai rasio dari stabilitas terhadap kelelahan yang digunakan sebagai indikator kekakuan campuran. Semakin tinggi nilai MQ suatu campuran, maka semakin kaku campuran tersebut, sebaliknya semakin kecil nilai MQ maka semakin lentur lapis perkerasan tersebut. Nilai MQ untuk campuran batu *rounded* disajikan pada Tabel 5.9 serta Grafik pengaruh kadar aspal dan kadar batu *rounded* terhadap MQ disajikan pada Gambar 5.6.

Tabel 5.9 Nilai MQ campuran batu *rounded*

Kadar Aspal	Data Marshall	Kadar batu rounded			
		0%	10%	20%	30%
4%	MQ	441,67	554,5	527,8	452,8
4,5%		442,62	444,3	425,3	367,6
5%		438,9	425,5	395,8	351,7
5,5%		417,17	434,8	428,6	456,7
6		341,78	423,3	443,9	491,8



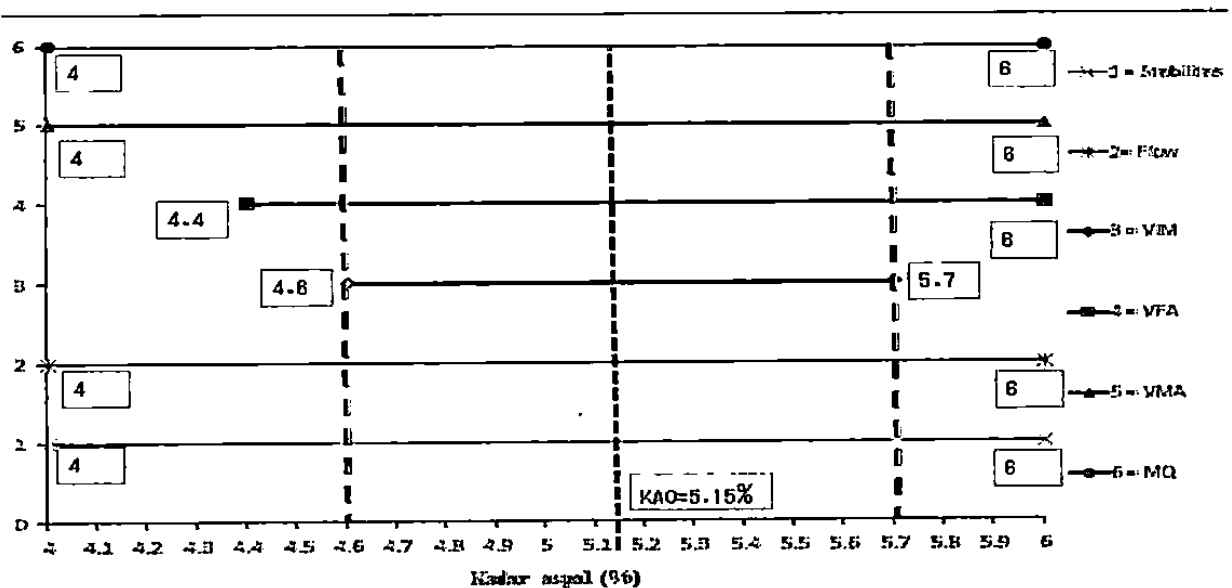
Gambar 5.6 Pengaruh kadar aspal campuran batu *rounded* terhadap MQ

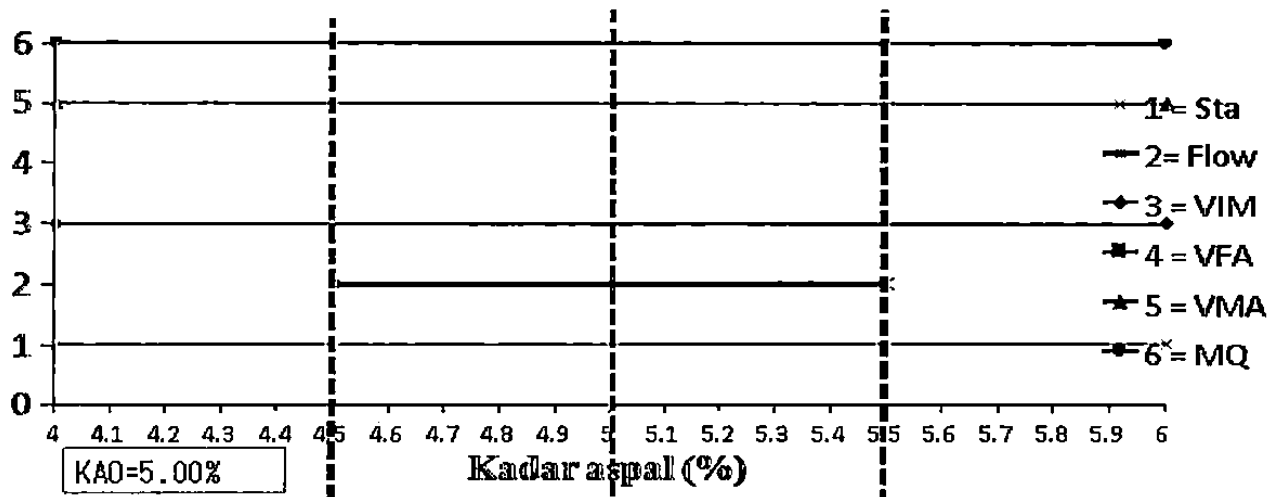
Pada Gambar 5.6 menunjukkan bahwa penggantian batu *rounded* pada campuran AC-base menyebabkan MQ semakin rendah. Untuk campuran 10%, 20%, dan 30% masing-masing mengalami penurunan pada setiap penambahan kadar aspal, terlihat kalau grafik yang dihasilkan memiliki kesamaan pada saat kadar aspal ditambahkan 5% dengan kadar batu *rounded* yang berbeda nilai MQ-nya turun, setelah itu saat kadar aspal di 5,5% nilai MQ-nya akan naik kembali. Untuk campuran 30% batu *rounded* grafik yang didapat agak berbeda dengan campuran batu *rounded* lainnya, grafik mengalami kenaikan pada kadar aspal 5,5%-6%. Nilai minimum *Marshall Quotient* campuran yang di modifikasi disyaratkan Spesifikasi Bina Marga 2010 revisi-2 300 kg, hasil nilai MQ ini memenuhi syarat Spesifikasi Bina Marga 2010 revisi-2. Dari hasil pengujian ini diketahui nilai MQ tertinggi pada angka 496,8 kg/mm dengan kadar aspal 6% dan kadar batu *rounded* 30%, kemudian terendah dengan angka 351,7 kg/mm kadar aspal 5% dan kadar batu *rounded* 30%.

D. Kadar Aspal Optimum (KAO)

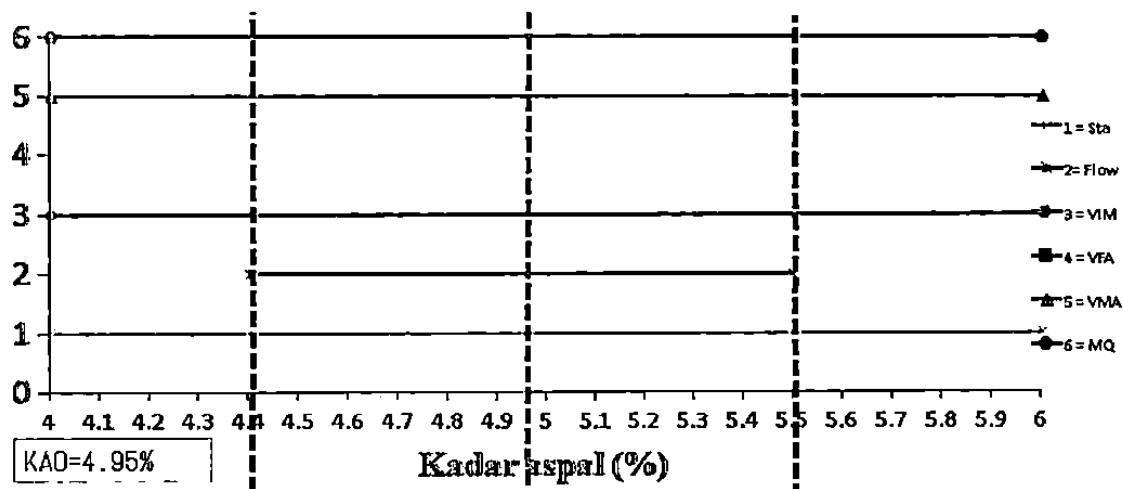
Penentuan Kadar Aspal Optimum (KAO) dalam campuran sangat penting karena campuran dengan kadar aspal yang kurang maka campuran akan bersifat kering dan campuran akan bersifat mudah retak. Jika campuran dengan kadar aspal berlebihan maka campuran akan bersifat lunak dan mudah mengalami deformasi secara permanen.

Kadar Aspal Optimum (KAO) adalah kadar aspal yang memenuhi semua spesifikasi dari karakteristik *Marshall* yang disyaratkan dalam Spesifikasi Bina Marga 2010 revisi-2. Kadar Aspal Optimum (KAO) ditentukan dengan cara grafis (*narrow range*), yaitu dengan cara memilih rentang (*range*) kadar aspal yang memenuhi semua syarat *Marshall properties* dan dengan mengambil nilai tengah dari rentang kadar aspal yang memenuhi spesifikasi. Dari penentuan KAO secara grafis dan metode *narrow range* didapat nilai kadar aspal optimum masing-masing.

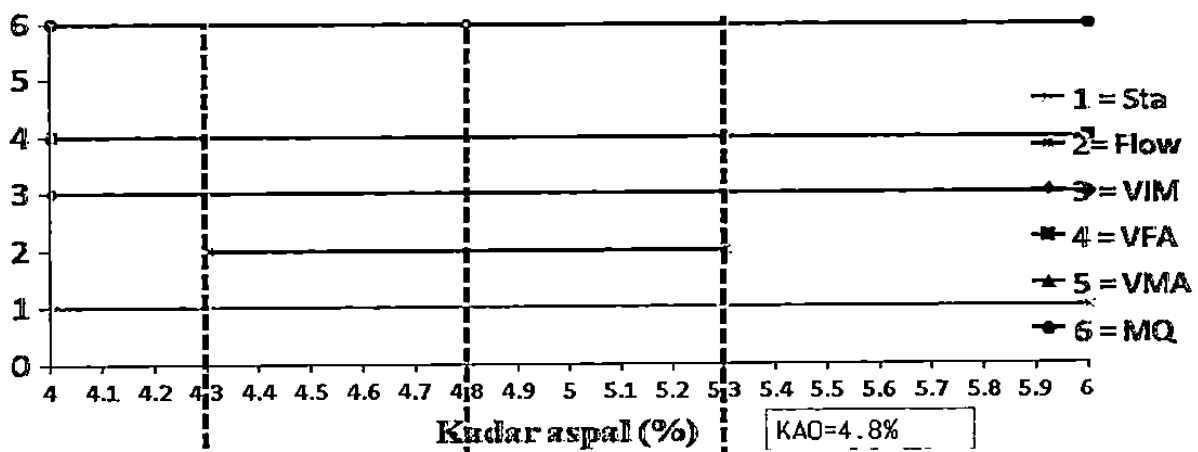




Gambar 5.8 Penentuan kadar aspal optimum 10% batu *rounded*



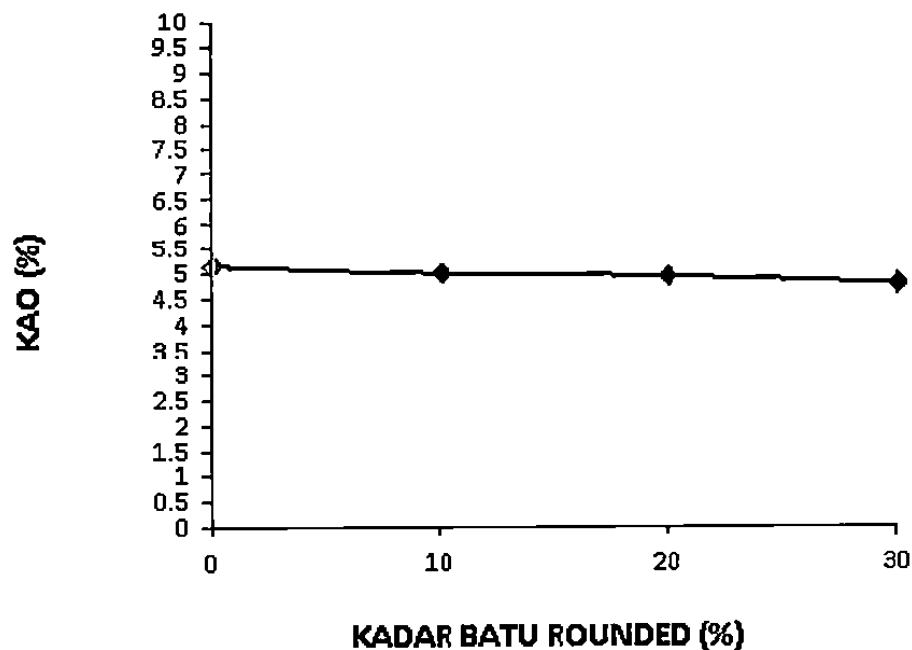
Gambar 5.9 Penentuan kadar aspal optimum 20% batu *rounded*



Dari Gambar 5.7, Gambar 5.8, Gambar 5.9, Gambar 5.10, Gambar 5.11 di atas didapat hasil nilai kadar aspal optimum campuran batu *rounded* disajikan pada Tabel 5.10, sementara grafik hubungan kadar batu *rounded* dengan kadar aspal optimum disajikan pada Gambar 5.12.

Tabel 5.10 Nilai kadar aspal optimum campuran batu *rounded*

Kadar Batu Rounded	Kadar Aspal Optimum
0%	5,15%
10%	5%
20%	4,95%
30%	4,8%



Gambar 5.12 Hubungan campuran batu *rounded* dengan kadar aspal optimum

Berdasarkan Gambar 5.12 hubungan campuran batu *rounded* dengan kadar aspal optimum diperoleh nilai KAO (Kadar Aspal optimum) dengan campuran 10%, 20%, 30% batu *rounded* berturut-turut sebesar 5%, 4,95%, 4,8%. Dengan ditambahkan persen batu *rounded* justru KAO mengalami penurunan, ini disebabkan oleh bertambahnya rongga dalam aspal dikarenakan banyak agregat