

# ANALISIS LAPISAN ASPAL BETON (AC-BC) DENGAN PENAMBAHAN LIMBAH KALENG MINUMAN DITINJAU DARI KARAKTERISTIK MARSHALL DAN UJI PENETRASI

Yetty R. Saragi<sup>1</sup>, Andrean Josua Sinaga<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>Fakultas Teknik Universitas HKBP Nommensen Medan  
email : [yettysaragi@yahoo.com](mailto:yettysaragi@yahoo.com)<sup>1</sup>, [andrianjosua116@gmail.com](mailto:andrianjosua116@gmail.com)<sup>2</sup>

## ABSTRAK

Perkerasan jalan adalah bagian dari konstruksi jalan raya yang diperkeras dengan lapis konstruksi tertentu, yang memiliki ketebalan, kekuatan dan kekakuan serta kestabilan tertentu agar mampu menyalurkan beban lalu lintas di atasnya ke tanah dasar secara aman. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh penambahan botol kaleng minuman terhadap *Marshall properties*, untuk mendapatkan target *Marshall Quotient* sebesar 300 kg/mm, untuk mengetahui persen agregat dari bahan botol kaleng minuman sebagai pengganti agregat halus, sehingga mencapai mutu yang diharapkan, dan melihat karakteristik lapisan aspal yang telah dicampur bahan tambah kaleng minuman. Target *Marshall Quotient* yaitu diatas 300 kg/mm pada benda uji yang telah dibuat. Nilai karakteristik aspal beton yang diperoleh berdasarkan pengujian *Marshall* pada kondisi Kadar Aspal Optimum (KAO) tanpa menggunakan limbah, untuk nilai VMA 19,613%, nilai VIM 4,51%, nilai VFB 77,089%, nilai stabilitas 2794,875 kg, nilai *flow* 3 mm dan *Marshall Quotient* 933,73 kg/mm. Untuk campuran aspal ditambah kaleng kadar limbah yang digunakan sebesar 1%, 2% dan 3% dari berat agregat halus. Untuk nilai KAO pada campuran aspal ditambahkan limbah tidak dapat ditemukan dikarenakan nilai VIM dan VFB tidak memenuhi syarat.

**Kata Kunci :** Kadar Aspal Optimum (KAO), Limbah alumunium, Laston

## ABSTRACT

*Road pavement is part of the highway construction which is hardened with a certain layer of construction, which has a certain thickness, strength and stiffness as well as stability in order to be able to safely distribute the traffic load on it to the subgrade. The purpose of this study was to determine the effect of adding beverage cans to Marshall properties, to obtain a Marshall Quotient target of 300 kg/mm, to determine the aggregate percent of beverage cans as a substitute for fine aggregate, so as to achieve the expected quality, and to see the characteristics of asphalt layer that has been mixed with cans. The Marshall Quotient target is above 300 kg/mm on the test object that has been made. The characteristic value of asphalt concrete obtained is based on Marshall testing under conditions of Optimum Asphalt Content (OAC) without using waste for VMA value 19.613%, VIM value 4.51%, VFB value 77.089%, stability value 2794.875 kg, flow value 3 mm and Marshall Quotient 933.73 kg/mm. For the asphalt mixture plus cans the waste content used is 1%, 2%, and 3% of the weight of the fine aggregate. For value of KAO in the asphalt mixture added waste cannot be found because the VIM and VFB values do not meet the requirements.*

**Keywords :** *Optimum Asphalt Content (OAC), Alumunium waste, Laston*

## PENDAHULUAN

Dewasa ini, limbah kaleng minuman menjadi salah satu pusat perhatian dikarenakan banyaknya produsen minuman yang mengemas hasil produksinya dalam bentuk kemasan kaleng, karena dinilai lebih praktis dan modern. Tanpa disadari limbah kaleng alumunium memiliki pengaruh yang besar terhadap lingkungan. Kaleng alumunium ternyata sulit untuk diurai secara alami atau melalui proses biologi karena mengandung unsur senyawa seperti Besi (Fe), Alumunium (Al), Timah (Sn), Karbon (C) dan lainnya. Pencemaran lingkungan yang diakibatkan kaleng alumunium ini menyebabkan

terganggunya kesuburan tanah akibat dari karatan kaleng alumunium tersebut. Dengan demikian diperlukan suatu upaya daur ulang kaleng alumunium untuk menekan volume limbah ini yang semakin meningkat. Peningkatan limbah ini pada lingkungan diakibatkan karena sikap konsumtif generasi ini terhadap minuman kemasan berkaleng alumunium menjadi sebuah gaya hidup yang sulit dikendalikan dan menambah volume limbah yang mencemari lingkungan. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan dengan cara menambahkan limbah kaleng alumunium terhadap campuran aspal sebagai upaya dalam mengurangi limbah. Hingga pada akhirnya diharapkan mampu menghasilkan inovasi baru dalam dunia teknik sipil dalam hal infrastruktur jalan raya. Penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui pengaruh penambahan limbah kaleng alumunium terhadap *Marshall properties* serta mendapatkan target *Marshall* sebesar 300 kg/mm. Selain itu penelitian ini bertujuan untuk mengetahui persentase agregat dari bahan tambah limbah alumunium sebagai pengganti agregat halus dan melihat karakteristik lapisan aspal yang dicampurkan dengan limbah kaleng alumunium.

## TINJAUAN PUSTAKA

### Perkerasan Jalan

Perkerasan jalan merupakan lapisan perkerasan yang terletak di antara lapisan tanah dasar dan roda kendaraan, yang berfungsi memberi pelayanan kepada transportasi dan selama masa pelayanannya diharapkan tidak terjadi kerusakan yang berarti (Sukirman, 2003). Menurut bahan pengikatnya perkerasan jalan raya dibagi menjadi Perkerasan Lentur (*Flexible Pavement*) dan Perkerasan Kaku (*Rigid Pavement*).

Adapun perbedaan antara perkerasan lentur dengan perkerasan kaku dijabarkan pada Tabel 1 berikut :

**Tabel 1.** Perbedaan Perkerasan Lentur dan Perkerasan Kaku

No.	Uraian	Perkerasan Lentur	Perkerasan Kaku
1	Bahan pengikat	Aspal	Semen
2	Repetisi beban	Timbul <i>rutting</i> (lendutan pada jalur roda)	Timbul retak-retak pada permukaan
3	Penurunan tanah dasar	Jalan bergelombang (mengikuti tanah dasar)	Bersifat sebagian balok di atas perletakan
4	Perubahan temperatur	Modulus kelakuan berubah. Timbul tegangan dalam yang kecil.	Modulus kekakuan tidak berubah. Timbul tegangan yang besar

Sumber : Silvia Sukirman (1992)

### Lapisan Aspal Beton

Sukirman (1992) menjelaskan bahwa lapisan aspal beton adalah suatu lapisan pada konstruksi jalan yang terdiri dari campuran aspal keras dan agregat, dicampur dan dihampar dalam keadaan panas serta dipadatkan dengan suhu tertentu.

Lapisan yang terdiri dari campuran aspal keras (AC) dan agregat yang mempunyai gradasi menerus, dicampur dan dipadatkan pada suhu tertentu. Lapis ini digunakan sebagai lapis permukaan struktural dan lapis pondasi (*Asphalt Concrete Base/Asphalt Treated Base*) (Andi Tenrisukki, 2002).

Sesuai fungsi Laston mempunyai macam campuran yaitu :

- a) Lapisan sebagai lapisan aus, dikenal dengan nama AC-WC (*Asphalt Concrete-Wearing Course*) dengan tebal minimum 4 cm.
- b) Lapisan sebagai lapisan antara dikenal dengan nama AC-BC (*Asphalt Concrete-Binder Course*) dengan tebal minimum 5 cm.

Lapisan aspal beton (Laston) secara umum digunakan di berbagai negara adalah direncanakan untuk mendapatkan kepadatan yang tinggi, nilai struktural yang tinggi, dan kadar aspal yang rendah. Hal ini biasanya menjadikan suatu bahan relatif kaku sehingga konsekuensi ketahanan rendah dan keawetan yang terjadi juga rendah.

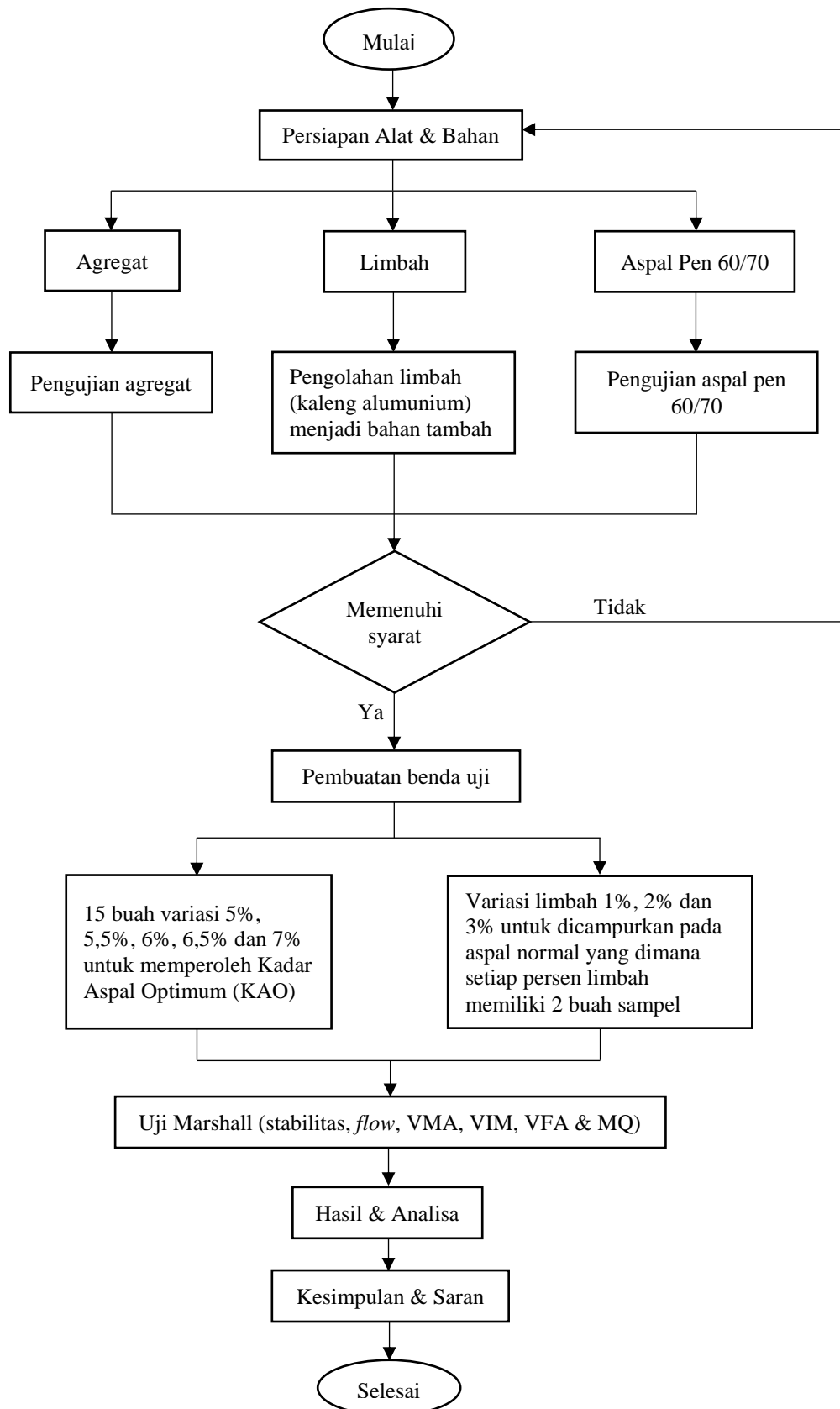
### **Alumunium**

Alumunium adalah salah satu jenis logam yang terdapat pada kerak bumi. Sebagian besar alumunium digunakan dalam proses industri melalui proses *Hell-Heroult*. Dalam prosesnya, alumunium oksida dihilangkan dari *cryilte*, yang telah dilelehkan kemudian dialiri listrik untuk mengubahnya menjadi alumunium murni. Karena kelimpahan, biaya rendah, dan kualitas berguna, maka alumunium dijadikan menjadi suatu kemasan alumunium. Akan tetapi, penggunaan minuman berkaleng ini akan menimbulkan limbah kaleng terhadap lingkungan sekitar kita yang dimana limbah kaleng merupakan salah satu limbah anorganik. Kaleng adalah lembaran baja yang disalur timah atau biasanya orang awam mengartikan bahwa kaleng adalah suatu tempat penyimpanan yang terbuat dan digunakan sebagai kemasan minuman.

### **Metode Penelitian**

Penelitian ini menggunakan metode pengujian laboratorium, yaitu untuk mengetahui pemanfaatan limbah kaleng alumunium sebagai bahan agregat halus pada aspal penetrasi 60/70 pada lapisan aspal beton (AC-BC). Dalam penelitian di laboratorium dilakukan pengamatan dan pemeriksaan terhadap persentase campuran yang memenuhi persyaratan campuran. Data yang dihasilkan selanjutnya akan digunakan untuk perancangan campuran yang kemudian akan dibuat benda uji untuk dilakukan pengujian Marshall sehingga akhirnya untuk mengetahui karakteristik campuran tersebut.

Pengambilan data dilakukan dengan membuat benda uji sebanyak 10 buah untuk lapisan aspal beton variasi 5%, 5,5%, 6%, 6,5% dan 7% terhadap berat total campuran untuk memperoleh Kadar Aspal Optimum (KAO) dalam campuran. Selanjutnya membuat benda uji sebanyak 15 buah untuk lapisan aspal dengan variasi 1%, 2% dan 3% untuk campuran terhadap aspal normal.



Gambar 1. Bagan Alir Penelitian

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

**Kadar Aspal Optimum**

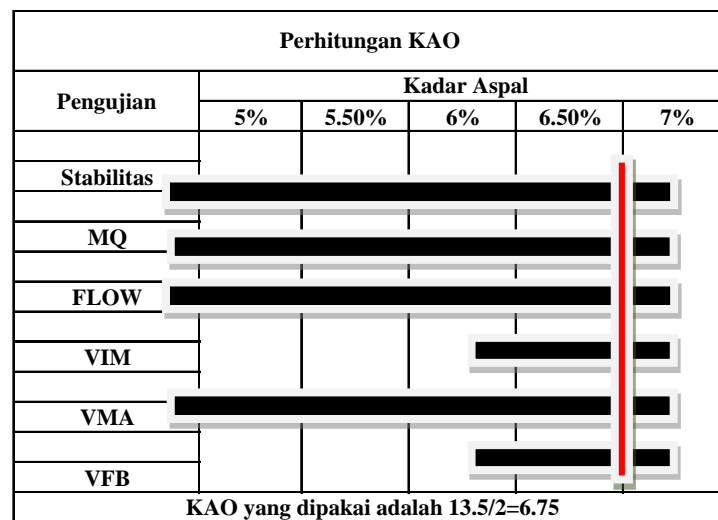
Hasil uji Marshall pada aspal dengan variasi 5%, 5,5%, 6%, 6,5% dan 7% dijabarkan pada Tabel 2 berikut.

**Tabel 2.** Pengujian Sampel Dengan Menggunakan Marshall Test

Kadar aspal (%)	Hasil Pengujian					
	VMA (%)	VIM (%)	VFB (%)	Stabilitas (kg)	Flow (mm)	MQ (kg/mm)
Syarat	min. 14	3 – 5	min. 65	min. 800	2 – 4	min. 250
5	21,804	11,677	49,023	2794,875	2,6	1077,975
5,5	22,695	11,017	54,486	2698,5	2,85	956,576
6	20,573	7,414	64,029	2968,35	2,7	1102,488
6,5	19,504	4,980	74,978	2756,325	2,95	934,948
7	20,097	4,486	77,779	2814,15	3,08	918,727

Sumber : Hasil perhitungan (2021)

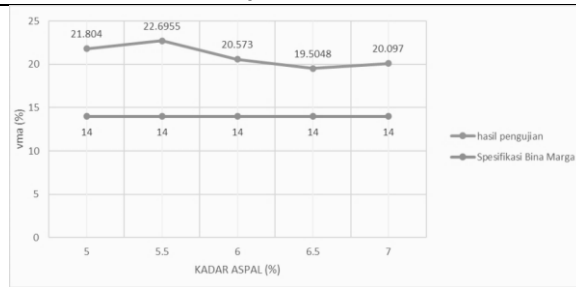
Berdasarkan Tabel 2 diperoleh bahwa nilai stabilitas yang paling tinggi ada pada kadar aspal 6% namun, nilai VIM tidak memenuhi persyaratan dari spesifikasi umum Bina Marga 2018 yaitu berkisar 3-5%. Hal ini berarti kadar aspal 6,5% dan 7% yang telah memenuhi persyaratan dari spesifikasi umum Bina Marga 2018 untuk mengetahui kadar aspal optimum yang dapat diambil dari nilai rata-rata 6,5% dan 7% tersebut. Gambar grafik Kadar Aspal Optimum (KAO) dijelaskan pada Gambar 2 berikut.



**Gambar 2.** Grafik hubungan nilai parameter Marshall terhadap Kadar Aspal Optimum (KAO)

Pada Gambar 2 terlihat kadar aspal optimum yang didapat berada pada kadar aspal 6,5% dan 7% karena kadar aspal ini telah memenuhi semua persyaratan baik stabilitas, MQ, flow, VIM, VMA dan VFB. Sedangkan kadar aspal optimum hanya dapat diambil salah satunya, maka diambil rata-rata dari kadar aspal 6,5% dan 7% tersebut. Sehingga kadar aspal optimum sebesar 6,75%. Untuk lebih dapat memahami hasil pengujian maka dijabarkan sebagai berikut :

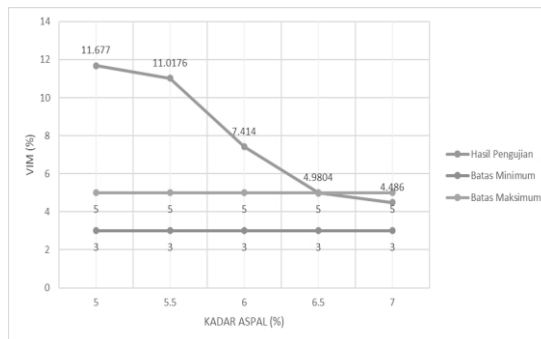
- a) *Void in Mineral Aggregate (VMA)* / Rongga di antara Mineral Agregat



Gambar 3. Grafik VMA

Berdasarkan Gambar 3 dapat disimpulkan bahwa nilai VMA pada setiap kadar aspal melewati dari batasan minimum yang ada pada spesifikasi Bina Marga. Nilai maksimum yang diperoleh pada kadar aspal 5,5% yaitu dengan nilai VMA sebesar 22,6955% dan dari grafik VMA terjadi kenaikan dan penurunan nilai VMA dari masing-masing kadar aspal yang telah dibuat.

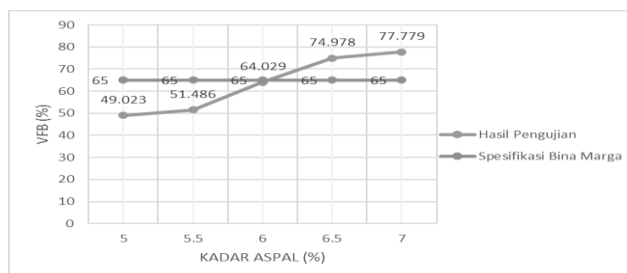
b) *Void in the Mix (VIM) / Rongga Udara dalam Campuran*



Gambar 4. Grafik VIM

Pada Gambar 4 kadar aspal yang memenuhi syarat yaitu kadar aspal 6,5% dan 7% karena nilainya masih berada dalam rentang batas minimum dan batas maksimum dari spesifikasi yang telah ditetapkan. Nilai VIM paling tinggi berada pada kadar aspal 5% dan selanjutnya grafik VIM menunjukkan penurunan nilai hingga masuk pada rentang yang telah disyaratkan yaitu pada kadar aspal 6,5% dan 7%.

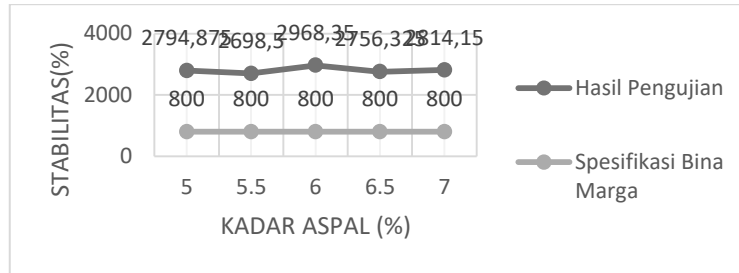
c) *Void Filled with Bitumen (VFB) / Rongga Terisi Aspal*



Gambar 5. Grafik VFB

Dari Gambar 5 dapat disimpulkan bahwa kadar aspal yang telah lolos atau memenuhi spesifikasi Bina Marga adalah kadar aspal dengan kadar 6,5% dan 7%. Berdasarkan grafik di atas terlihat bahwa peningkatan nilai VFB bersamaan dengan meningkatnya kadar aspal yang telah diberikan.

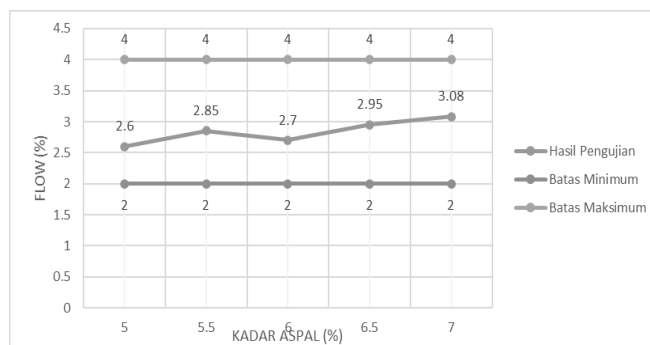
d) Stabilitas



Gambar 6. Grafik Stabilitas

Berdasarkan Gambar 6 diketahui bahwa nilai stabilitas setiap kadar aspal telah lolos atau memenuhi syarat spesifikasi Bina Marga. Nilai batasan dari spesifikasi Bina Marga yaitu minimum 800 kg, sedangkan nilai stabilitas yang paling tinggi didapatkan berada pada kadar aspal 6% dengan nilai stabilitas sebesar 2968,35 kg.

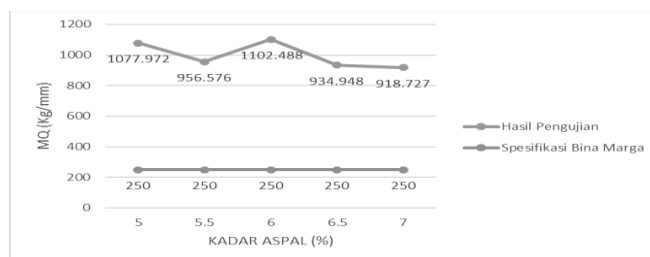
e) Flow



Gambar 7. Grafik Flow

Dari Gambar 4.7 dapat disimpulkan bahwa setiap persen kadar aspal normal yang telah dibuat berada pada rentang batas maksimum dan batas minimum berdasarkan spesifikasi Bina Marga.

f) Marshall Quantient (MQ)



Gambar 8. Grafik MQ

Berdasarkan Gambar 8 diketahui bahwa semua kadar aspal telah memenuhi standar minimum yang telah disyaratkan. Nilai MQ paling tinggi didapatkan oleh kadar aspal 6% yaitu sebesar 1102,488 kg/mm. Bila campuran mempunyai nilai MQ tinggi maka berarti campuran itu kaku dan fleksibilitasnya rendah.

**Penentuan Kadar Aspal Optimum (KAO)**

Setelah mendapatkan nilai kadar aspal optimum yaitu sebesar 6,75% maka selanjutnya dilakukan uji Kadar Aspal Optimum (KAO). Hasil pengujian KAO dijabarkan pada Tabel 3 berikut.

Tabel 3. Hasil Pengujian KAO

Kadar aspal (%)	Hasil Pengujian					
	VMA (%)	VIM (%)	VFB (%)	Stabilitas (kg)	Flow (mm)	MQ (kg/mm)
Syarat	min. 14	3 – 5	min. 65	min. 800	2 – 4	min. 250
6,75	19,613	4,510	77,089	2794,875	3	933,73

Sumber : Hasil perhitungan (2020)

Berdasarkan Tabel 3 di atas diketahui bahwa pada nilai VMA KAO telah memenuhi syarat yang telah ditetapkan yaitu sebesar 19,613% > 14%. Untuk nilai VIM KAO, nilai hasil pengujian didapatkan 4,510% yang masih berada pada rentang syarat VIM 3% – 5%. Nilai VFB KAO yang ditunjukkan hasil pengujian yaitu sebesar 77,089% yang berada di atas standar minimum 65%. Sedangkan nilai stabilitas KAO pada pengujian ini menghasilkan nilai 2794,875 kg > 800 kg. Sedangkan nilai *flow* yang didapatkan adalah 3 mm yaitu masih berada pada batas minum *flow* 2 mm dan maksimum *flow* 4 mm. Dan nilai MQ yang dihasilkan oleh pengujian ini adalah 933,73 kg/mm > 250 kg/mm.

### Penentuan Kadar Limbah

Sebelum benda uji dibuat maka dilakukan penentuan kadar limbah yaitu sebesar 1%, 2% dan 3% dari berat agregat halus. Setelah mendapatkan berat kadar limbah ini, kemudian limbah ini akan ditambahkan ke dalam total berat campuran dari kadar aspal normal dan berat setiap agregat tersebut. Dalam Tabel 4 berikut ditunjukkan kombinasi campuran aspal normal ditambahkan limbah kaleng aluminium 1%, Tabel 5 berikut ditunjukkan kombinasi campuran aspal normal ditambahkan limbah kaleng aluminium 2% dan Tabel 6 berikut ditunjukkan kombinasi campuran aspal normal ditambahkan limbah kaleng aluminium 3%.

**Tabel 4.** Hasil Perhitungan Kombinasi Berat Aspal + Limbah Aluminium 1%

Uraian	Kadar aspal (%)				
	5	5,5	6	6,5	7
Berat aspal (gr)	60	66	72	78	84
Berat agregat kasar (gr)	228	226,8	225,6	244,4	223,2
Berat agregat sedang (gr)	285	283,5	282	280,5	279
Berat agregat halus (gr)	558,6	555,6	552,72	549,78	546,84
Filler (gr)	68,4	68,04	67,68	67,32	66,96
Berat limbah (gr)	5,586	5,556	5,5277	5,556	5,468
Total (gr)	1205,586	1205,556	1205,553	1205,556	1205,468

Sumber : Hasil perhitungan (2020)

**Tabel 5.** Hasil Perhitungan Kombinasi Berat Aspal + Limbah Aluminium 2%

Uraian	Kadar aspal (%)				
	5	5,5	6	6,5	7
Berat aspal (gr)	60	66	72	78	84
Berat agregat kasar (gr)	228	226,8	225,6	244,4	223,2
Berat agregat sedang (gr)	285	283,5	282	280,5	279
Berat agregat halus (gr)	558,6	555,66	552,72	549,78	546,84
Filler (gr)	68,4	68,04	67,68	67,32	66,96
Berat limbah (gr)	11,172	11,113	11,054	11,113	10,936
Total (gr)	1211,172	1211,113	1211,054	1211,113	1210,936

Sumber : Hasil perhitungan (2020)

**Tabel 6.** Hasil Perhitungan Kombinasi Berat Aspal + Limbah Aluminium 3%



Uraian	Kadar aspal (%)				
	5	5,5	6	6,5	7
Berat aspal (gr)	60	66	72	78	84
Berat agregat kasar (gr)	228	226,8	225,6	244,4	223,2
Berat agregat sedang (gr)	285	283,5	282	280,5	279
Berat agregat halus (gr)	558,6	555,66	552,72	549,78	546,84
Filler (gr)	68,4	68,04	67,68	67,32	66,96
Berat limbah (gr)	16,758	16,669	16,581	16,669	16,405
Total (gr)	1216,758	1216,669	1216,581	1216,669	1216,405

Sumber : Hasil analisa (2020)

### Analisa Perhitungan Kadar Aspal Normal Dengan Limbah Alumunium

Selanjutnya pada Tabel 7 berikut dijabarkan hasil pengujian aspal dengan limbah kaleng alumunium 1% terhadap kadar aspal 5%, 5,5%, 6%, 6,5% dan 7% terhadap nilai VMA, VIM, VFB, Stabilitas, *Flow* dan MQ.

**Tabel 7.** Hasil Pengujian Kadar Aspal Nomal + Limbah 1%

Kadar aspal (%)	Hasil Pengujian Kadar Limbah 1 %					
	VMA (%)	VIM (%)	VFB (%)	Stabilitas (kg)	<i>Flow</i> (mm)	MQ (kg/mm)
<b>Syarat</b>	<b>min. 14</b>	<b>3 – 5</b>	<b>min. 65</b>	<b>min. 800</b>	<b>2 – 4</b>	<b>min. 250</b>
5	36,301	27,599	23,972	3315,3	3,60	920,92
5,5	36,788	27,238	25,977	3546,6	3,6	1013,31
6	34,393	23,524	31,694	3546,6	3	1182,20
6,5	31,529	23,524	31,694	3238,2	3,55	912,17
7	33,562	20,582	38,685	2891,25	3,55	814,44

Sumber : Hasil perhitungan (2020)

Tabel 8 berikut dijabarkan hasil pengujian aspal dengan limbah kaleng alumunium 1% terhadap kadar aspal 5%, 5,5%, 6%, 6,5% dan 7% terhadap nilai VMA, VIM, VFB, Stabilitas, *Flow* dan MQ.

**Tabel 8.** Hasil Pengujian Kadar Aspal Normal + Limbah 2%

Kadar aspal (%)	Hasil Pengujian Kadar Limbah 2 %					
	VMA (%)	VIM (%)	VFB (%)	Stabilitas (kg)	<i>Flow</i> (mm)	MQ (kg/mm)
<b>Syarat</b>	<b>min. 14</b>	<b>3 – 5</b>	<b>min. 65</b>	<b>min. 800</b>	<b>2 – 4</b>	<b>min. 250</b>
5	38,445	30,036	21,876	4298,33	3,20	1345,86
5,5	35,149	25,352	27,900	3932,1	3,3	1191,55
6	36,179	25,605	29,360	4067,03	3,65	1114,25
6,5	35,838	24,260	32,319	3276,75	3,4	963,75
7	33,994	21,099	38,095	3681,53	3,5	1051,86

Sumber : Hasil perhitungan (2020)

Tabel 9 berikut dijabarkan hasil pengujian aspal dengan limbah kaleng alumunium 1% terhadap kadar aspal 5%, 5,5%, 6%, 6,5% dan 7% terhadap nilai VMA, VIM, VFB, Stabilitas, *Flow* dan MQ.

**Tabel 9.** Hasil Pengujian Kadar Aspal Nomal + Limbah 3%

Kadar aspal (%)	Hasil Pengujian Kadar Limbah 2 %					
	VMA (%)	VIM (%)	VFB (%)	Stabilitas (kg)	<i>Flow</i> (mm)	MQ (kg/mm)
<b>Syarat</b>	<b>min. 14</b>	<b>3 – 5</b>	<b>min. 65</b>	<b>min. 800</b>	<b>2 – 4</b>	<b>min. 250</b>
5	38,809	30,450	21,539	4163,4	3,30	1261,64
5,5	36,043	26,382	26,805	3546,6	3,2	1108,31
6	35,490	24,802	30,118	3565,88	3,45	1033,59

CONSTRUCT : Jurnal Teknik Sipil Vol. 1, No. 1, November 2021						
6,5	39,380	28,442	27,795	3334,58	3,55	939,32
7	32,133	18,874	41,270	3199,650	3	1066,55

Sumber : Hasil perhitungan (2020)

## KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan maka diperoleh kesimpulan sebagai berikut :

1. Untuk kadar aspal dengan campuran limbah kaleng alumunium tidak dapat digunakan dikarenakan nilai VIM dan VFB tidak memenuhi syarat sehingga nilai Kadar Aspal Optimum (KAO) untuk aspal campuran ini tidak dapat ditentukan.
2. Nilai karakteristik aspal beton yang diperoleh berdasarkan pengujian Marshall pada kondisi KAO tanpa campuran limbah untuk nilai VMA yaitu 19,613%, nilai VIM 4,51%, nilai VFB 77,089%, nilai stabilitas 2794,876 kg dan nilai flow 3 mm dan MQ sebesar 933,73 kg/mm.
3. Dengan tidak tercapainya nilai standar minimum VIM dan VFB pada kadar aspal normal ditambahkan limbah kaleng alumunium, hal ini menyebabkan karakteristik lapisan aspal tersebut tidak begitu baik kualitasnya, sehingga air dan udara mudah masuk ke rongga tersebut. Hal ini menimbulkan retak dini, pelepasan butir dan pengelupasan serta dapat mengurangi keawetannya. Untuk campuran aspal ditambah limbah kaleng ini tidak disarankan untuk digunakan pada campuran perkerasan jalan raya.

## DAFTAR PUSTAKA

- Andi Tenrisukki Tenriajeng. 2002. *Rekayasa Jalan Raya*. Gunadarma. Jakarta.
- Sukirman, S. 1992. *Perkerasan Lentur Jalan Raya*. Penerbit Nova. Bandung