

PENGARUH PRD DAN KARAKTERISTIK MARSHALL PADA SERBUK KARET BAN TERHADAP CAMPURAN HRS - WC

Moh. Zulfi Ramadhan¹⁾, Tommy Iduwin²⁾

^{1,2}Program Studi Teknik Sipil, Institut Teknologi PLN, Jakarta

e-mail: tommyiduwin@itpln.ac.id

Abstrak

Sarana transportasi darat memiliki peranan penting dalam perkembangan suatu wilayah terutama dari sektor ekonomi sehingga berdampak pada permintaan pembangunan infrastruktur jalan raya. Konstruksi jalan di Indonesia umumnya menggunakan jenis beton aspal campuran panas, salah satunya adalah Hot Rolled Sheet – Wearing Course (HRS – WC). Dengan upaya pemanfaatan serbuk karet ban yang berlimpah dengan maksud untuk mengetahui kinerja HRS – WC dengan penambahan serbuk karet ban, bahan tersebut diperoleh dari CV. Indo Sakura Ban. Pengujian ini dilakukan dengan pengujian PRD dan pengujian Marshall Immersion, dengan variasi penambahan serbuk karet ban 0%, 1%, 3%, 5%, dan 7%. Didapatkan kadar aspal optimum sebesar 7.2%. Dari hasil pengujian PRD didapatkan hasil Density, VIM, VMA, dan VFA semuanya memenuhi spesifikasi kecuali nilai VFA pada kadar 3% - 7% tidak memenuhi spesifikasi Bina Marga 2018. Pada pengujian Marshall Immersion nilai stabilitas optimum pada kadar 3% dengan waktu perendaman 30 menit sebesar 1682.07 kg. Nilai durabilitas Marshall pada kadar serbuk ban mengalami penurunan dengan nilai 97.63%, 95.71%, 94.70%, 93.60%, 85.40%.

Kata Kunci : HRS – WC, Serbuk Karet Ban, Marshall Immersion, PRD

Abstract

Land transportation facilities have an important role in the development of an area, especially from the economic sector so as to impact on the demand for road infrastructure development. Road construction in Indonesia generally uses a type of hot mix asphalt concrete, one of which is Hot Rolled Sheet – Wearing Course (HRS–WC). Efforts to use rubber powder tires are abundant with the intention to know the performance of HRS - WC with the addition of rubber powder tires, the material is obtained from CV. Indo Sakura Ban. This test was conducted with PRD testing and Marshall Immersion testing, with variations in tire rubber powder additions of 0%, 1%, 3%, 5%, and 7%. Obtained optimum asphalt content of 7.2%. From the prd test results obtained density results, VIM, VMA, and VFA all meet the specifications except the VFA value at the rate of 3% - 7% does not meet the specifications of Bina Marga 2018. In Marshall Immersion testing the optimum stability value was at 3% with a 30-minute immersion time of 1682.07 kg. Marshall durability values in tyre powder levels decreased by 97.63%, 95.71%, 94.70%, 93.60%, 85.40%.

Keywords: HRS–WC, tire rubber powder, Marshall immersion, PRD.

I. PENDAHULUAN

Saat ini Indonesia sudah mengandalkan jalan tol sebagai jalur transportasi antar daerah. Tetapi pembangunan jalan tol di Indonesia terbilang lambat dibandingkan dengan negara-negara tetangga. Hal tersebut dapat dikaitkan dengan pembebasan tanah disekitar daerah untuk pembangunan infrastruktur jalan tol selalu tersendat. kondisi jalan yang aman dan laik pakai bagi penggunaanya dituntut memiliki kondisi lapis

keras dengan kualitas baik yang mampu melindungi subgrade dibawahnya dari kerusakan akibat beban lalu lintas diatasnya atau akibat pengaruh alam. Pembangunan jalan yang digunakan pada masa sekarang dihadapkan pada penyempurnaan kualitas dan penghematan biaya menurut.

Permukaan konstruksi jalan juga harus bisa tahan terhadap beban yang bekerja, tahan terhadap deformasi yang tetap (cracking, dll). Dalam pembuatan lapis keras digunakan berbagai

bahan bitumen sebagai bahan pengikat batuan, tetapi yang umum dan banyak digunakan adalah aspal. Proses pembuatan campuran untuk lapis keras bagi permukaan jalan yang terdiri dari campuran batu pecah atau batu alam dengan aspal panas dilakukan dengan alat yang disebut Asphalt Mixing Plant (AMP). Material aspal merupakan hasil alam yang jumlahnya makin terbatas, sehingga perlu inovasi bahan pengganti aspal yaitu serbuk karet ban. Bahan ini mudah didapat dan juga lebih ekonomis.

Agregat alam telah digunakan secara konvensional pada lapisan pondasi dan lapisan pondasi bawah dari struktur perkerasan. Namun, mengingat menipisnya sumber daya alam, upaya telah dilakukan di masa lalu untuk mengeksplorasi bahan non-konvensional/alternatif (misalnya, limbah industri dan limbah dari industri konstruksi), yang dapat membantu mengurangi ketergantungan pada agregat alam untuk konstruksi jalan yang berkelanjutan [1].

Para peneliti sudah banyak yang melakukan inovasi – inovasi bahan pencampuran aspal untuk diuji coba agar bahan penyusunnya menjadi lebih ekonomis. Inovasi-inovasi tersebut dilakukan untuk meningkatkan kualitas aspal yang ada saat ini salah satunya dengan cara memodifikasi sifat fisik dan kimia aspal dengan bahan tambah yang bervariasi demi mendapatkan kualitas aspal yang baik dan murah agar nantinya dapat dipakai pemerintah untuk pembuatan infrastruktur jalan. Aspal beton yang baik tentunya harus memiliki sifat tidak mudah mengelupas dan memiliki nilai perkerasan lentur yang tinggi. Salah satu jenis perkerasan lentur yang sering digunakan adalah lapisan aspal HRS – WC karena memiliki sifat tahan terhadap perubahan cuaca, kedap terhadap air, stabilitas tinggi, dan mudah pelaksanaannya. Aspal HRS-WC merupakan campuran aspal panas bergradasi senjang menggunakan suatu campuran agregat kasar dan halus.

Pada penelitian kali ini, menggunakan serbuk karet ban sebagai bahan penambah aspal HRS-WC yang diharapkan dapat memperbaiki struktur perkerasan jalan pada aspal HRS-WC maupun meningkatkan stabilitas dan mengurangi permasalahan yang ada untuk memenuhi syarat penggunaan dengan komposisi campuran serbuk ban karet sebanyak 0%, 1%, 3%, 5%, dan 7%. Pengujian yang akan dilaksanakan yaitu pengujian

Marshall Immersion dan PRD telah melakukan pengujian pengaruh penggunaan bahan tambah serbuk karet ban pada campuran lapis aspal beton menggunakan aspal penetrasi 60/70 [2]. Rancangan penambahan serbuk karet ban dengan kadar 1%, 3%, 5%, 7%, dan 9% ditinjau dari parameter Marshall. Seiring dengan bertambahnya kadar serbuk karet ban maka nilai stabilitas semakin naik. Nilai flow naik sampai nilai maksimum dan akan menurun semakin bertambahnya serbuk karet ban. Hasil dari penelitian menyebutkan bahwa nilai stabilitas, flow, Marshall quotient, VIM, dan VMA penggunaan bahan tambah serbuk karet ban menunjukkan pengaruh nilai yang lebih baik dibandingkan benda uji tanpa menggunakan bahan tambah serbuk karet ban pada campuran lapis aspal beton ditinjau dari parameter Marshall.

(Kurniawan Pasaribu, 2019) melakukan pengujian penggunaan bahan tambah serbuk karet ban terhadap campuran lapis aspal beton pada aspal penetrasi 60/70 dengan variasi penambahan serbuk sebesar 1%, 3%, 5%, 7%, dan 9%. Dari hasil uji statistik yang menunjukkan adanya perbedaan signifikan adalah nilai stabilitas dan Marshall quotient pada presentase penambahan serbuk karet ban 7% dan 9%, hal ini menunjukkan adanya pengaruh penggunaan bahan tambah serbuk karet ban terhadap nilai stabilitas dan Marshall quotient pada campuran lapis aspal beton. Nilai stabilitas terendah dari campuran serbuk karet ban adalah 1314,57 kg dan nilai tertingginya adalah 1414,87 kg.

Menurut [3] hasil penelitiannya, Campuran Serbuk Ban luar pada Pengujian Marshall HRS-WC pada aspal penetrasi 60/70. Dengan kadar penambahannya serbuk 5%, 10%, 15%, 20%, dan 25%. Selanjutnya dilakukan pengujian Marshall yang meliputi Stabilitas, Flow, Rongga Antara Agregat (VMA), VFA, VIM agar didapatkan nilai KAO. Didapatkan nilai KAO sebesar 7,48% dan menggunakan agregat kasar 10/10, agregat sedang 5/10, agregat halus 0/5 dan filler abu batu lolos saringan no. 200 pada campuran HRS-WC didapatkan nilai optimum serbuk ban sebesar 13,44% dari berat total campuran.

II. BAHAN DAN METODOLOGI

Persiapan

Tahapan persiapan dimaksud yaitu mulai dari mempersiapkan segala kebutuhan yang

diperlukan untuk penelitian, mulai dari lokasi penelitian, penyediaan bahan-bahan yang diperlukan serta lokasi pemesanan atau pengambilan bahan-bahan yang diperlukan dan alat-alat lain penunjang penelitian seperti alat tulis dan laptop. Untuk lokasi penelitian bertempat di UP PPP Bina Marga, bahan yang diperlukan baik itu Abu Ampas Tebu diambil dari sekitara daerah Jakarta. Dalam tahap persiapan juga memperkirakan banyaknya bahan-bahan yang dibutuhkan.

Tahap Pelaksanaan

1. Pengujian Bahan-Bahan

Tahapan pengujian bahan-bahan ini adalah pengujian fisik untuk mengetahui apakah agregat, aspal, dan filler telah memenuhi syarat dari pedoman yang dipakai.

Jika tidak memenuhi syarat maka bahan-bahan diperiapkan Kembali dengan mengganti tempat pemesanan atau pengambilan bahan-bahan. Jika memenuhi maka lanjut tahapan selanjutnya yaitu pembuatan benda uji.

2. Pembuatan Benda Uji

Sebelum pembuatan benda uji maka dilakukan perhitungan mix design untuk menentukan kadar dari penggunaan dari masing masing bahan untuk pembuatan 1 (satu) benda uji sesuai dengan pedoman yang digunakan. Untuk pembuatan benda uji yang pertama ialah benda uji untuk kadar aspal optimum (KAO). Setelah didapatkannya KAO maka dilanjutkan dengan pembuatan benda uji untuk penelitian.

Tabel 1. Total Benda uji Penentuan KAO

Presentase Asal Campuran	Benda Uji
Pb-1%	3
Pb-0,5%	3
Pb	3
Pb + 0,5%	3
Pb + 1%	3

Tabel 2. Total benda uji tiap variasi

Variasi Serbuk ban Karet	Marshall Immersion	
	PRD	30 Menit 24 jam

0%	3	3	3
1%	3	3	3
3%	3	3	3
5%	3	3	3
7%	3	3	3
Total	15	15	15

3. Pengujian Benda Uji

Tahapan pengujian benda uji yang dilakukan pada penelitian ini adalah pengujian marshall, pengujian dan pengujian PRD.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian Agregat

Berdasarkan data yang didapatkan dari laboratorium AMP PT. Jaya Konstruksi Mangala Pulogadung Jakarta Timur yang diperoleh dari data [4] , dijelaskan bahwa spesifikasi agregat yang digunakan telah memenuhi syarat umum Bina Marga 2018 divisi 6 [5] untuk dipergunakan sebagai bahan campuran perkerasan jalan. Sedangkan untuk pengujian filler diuji di Laboratorium UP PPP Bina Marga. Hasil uji material agregat sebagai berikut :

1. Split 14-25

Tabel 3 Hasil Pemeriksaan agregat 14-25

No	Jenis Pemeriksaan	Syarat	Hasil
1	Berat Jenis Curah (bulk)		2,520
2	Berat Jenis SSD	≥2,50	2,578
3	Berat Jenis Semu (Apparent)		2,674
4	Penyerapan	Maks 3%	2,28%
5	Abrasi 500 putaran	Maks 40%	22,59%
6	Material lolos ayakan No. 200	Maks 1%	0,28%

Pada uji fisik split didapatkan berat jenis sebesar 2,520 gr/ml, abrasi 22,59% dan penyerapan 2,28% dimana hasil tersebut memenuhi syarat berat jenis tidak boleh berbeda lebih dari 0,2, abrasi dengan syarat maksimum 30% dan penyerapan

dengan syarat maksimum 3% sesuai dengan spesifikasi Bina Marga 2018 divisi 6

2. Split 5-14

Hasil pemeriksaan Abu batu dapat dilihat pada table berikut :

Tabel 4. Hasil Pemeriksaan agregat 5-14

No	Jenis Pemeriksaan	Syarat	Hasil
1	Berat Jenis Curah (bulk)		2,528
2	Berat Jenis SSD	≥2,50	2,575
3	Berat Jenis Semu (Apparent)		2,654
4	Penyerapan	Maks 3%	1,88%
5	Abrasi 500 putaran	Maks 40%	22,95%
6	Material lolos ayakan No. 200	Maks 1%	0,38%

Pada uji fisik split didapatkan berat jenis sebesar 2,528 gr/ml, abrasi 22,95% dan penyerapan 1,88% dimana hasil tersebut memenuhi syarat berat jenis tidak boleh berbeda lebih dari 0,2, abrasi dengan syarat maksimum 30% dan penyerapan dengan syarat maksimum 3% sesuai dengan spesifikasi Bina Marga 2018 divisi 6.

3. Abu Batu

Hasil pemeriksaan Abu batu dapat dilihat pada table berikut :

Tabel 5. Hasil Pemeriksaan Abu Batu

No	Jenis Pemeriksaan	Syarat	Hasil
1	Berat Jenis Curah (bulk)		2,518
2	Berat Jenis SSD	≥2,50	2,577
3	Berat Jenis Semu (Apparent)		2,677
4	Penyerapan	Maks 3%	2,35%

Hasil Hasil Pengujian Fisis Aspal

Berdasarkan data yang diperoleh dari laboratorium AMP PT. Jaya Konstruksi Mangala Pulogadung Jakarta Timur. Hasil pengujian tersebut memenuhi karakteristik dari standar atau spesifikasi umum Bina Marga 2018 divisi 6. Hasil pemeriksaan aspal dapat dilihat pada table berikut :

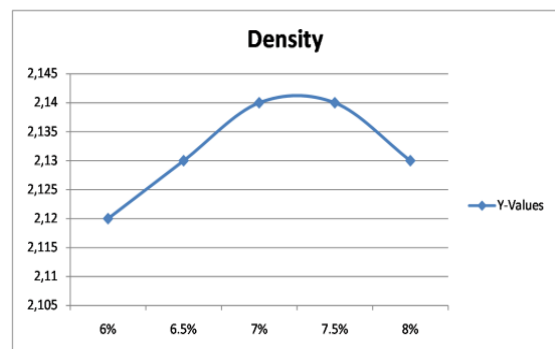
Tabel 6 Hasil Pemeriksaan Aspal

No Pengujian	Jenis	Hasil Pengujian			
		Satuan	Metode Pengujian	Syarat	Hasil
1.	Berat Jenis	-	SNI 2441:2011	Min 1,0	1,032
2.	Daktalitas	Cm	SNI 2432:2011	Min 100	150,00
3.	Titik Lembek	0 _C	SNI 2434:2011	Min 48	51,20
4.	Penetrasi	0,01 mm	SNI 2456:2011	60-70	62,70
5.	Titik Nyala	0 _C	SNI 2433:20 11	Min 232	352,25

Penentuan KAO Berdasarkan AAPA

1. Kepadatan

Nilai density yaitu berat volume campuran aspal. Nilai density berbanding lurus dengan nilai stabilitas aspal, yang mana semakin tinggi nilai density maka semakin tinggi pula nilai stabilitasnya begitu juga sebaliknya. Adapun factor yang mempengaruhi nilai density yaitu kadar filler, komposisi bahan penyusun, temperatur pemadatan dan kadar aspal.



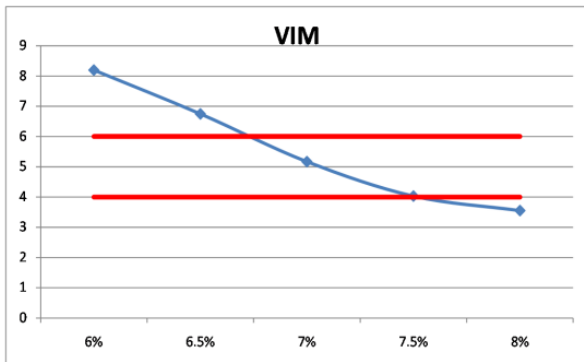
Gambar 1. Grafik Density

Dapat dilihat dari grafik diatas bahwa nilai density naik hingga kadar 7.50% namun mengalami penurunan pada kadar 8.00%. Hal ini dikarenakan semakin tinggi kadar aspal maka menyebabkan aspal tidak mampu lagi diserap oleh rongga dalam campuran.

2. VIM

VIM adalah parameter yang

menunjukkan volume rongga yang berisi udara didalam campuran beraspal, nilai VIM juga dipengaruhi oleh gradasi agregat, jumlah dan suhu pemadatan. Nilai VIM digunakan untuk melihat tingkat durabilitas campuran aspal. Semakin kecil nilai VIM menandakan campuran aspal semakin kedap air karena memiliki rongga udara yang sedikit.

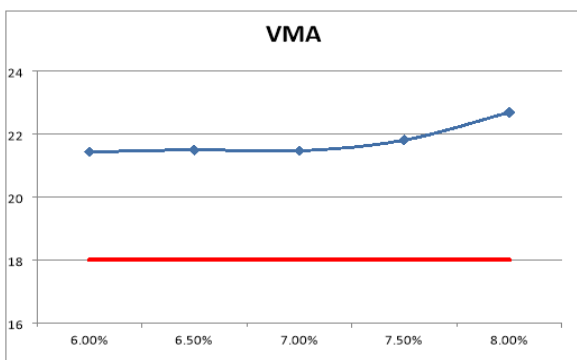


Gambar 3. Grafik VIM untuk Penentuan KAO

Dari hasil pengujian yang telah dilakukan yaitu semakin besar kadar aspal yang digunakan maka pengaruh pada nilai VIM menjadi semakin kecil. Hal ini dikarenakan banyaknya kadar aspal yang digunakan maka rongga yang ada pada campuran lapis tipis aspal beton semakin sedikit karena daya ikat antar agregat semakin kuat dan menyebabkan campuran menjadi terlalu padat. Nilai VIM yang memenuhi spesifikasi pada kadar 7.00% dan 7.50%.

3. VMA

VMA (Void In Mineral Aggregate) yaitu volume rongga yang terdapat diantara butir – butir agregat dari suatu campuran beraspal yang telah dipadatkan, termasuk didalamnya adalah rongga udara dan rongga yang terisi aspal efektif.

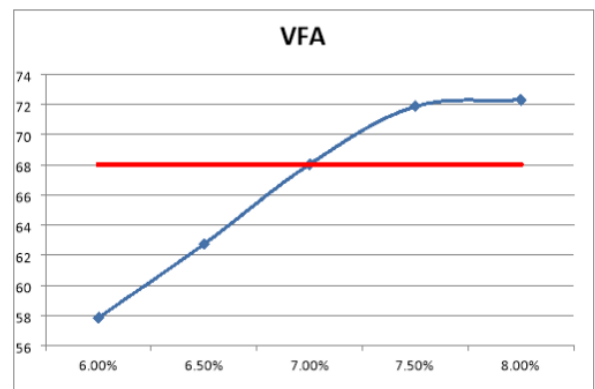


Gambar 4. Grafik VMA Penentuan KAO

Seluruhnya memenuhi persyaratan Bina Marga 2018 yaitu minimal 18. Seiring penambahan kadar aspal, maka nilai VMA juga semakin naik. Hal ini dikarenakan komposisi rongga agregat yang ada berkurang akibat bertambahnya aspal. Oleh karena itu, rongga antar agregat yang semakin bertambah. Hasil Pengujian Terhadap Kadar Aspal Optimum

4. VFA

VFA atau Voids Filled with Bitumen ialah rongga terisi aspal pada campuran setelah mengalami proses pemadatan yang dinyatakan dalam persen terhadap rongga antar butiran agregat VMA (Void In Mineral Aggregate).

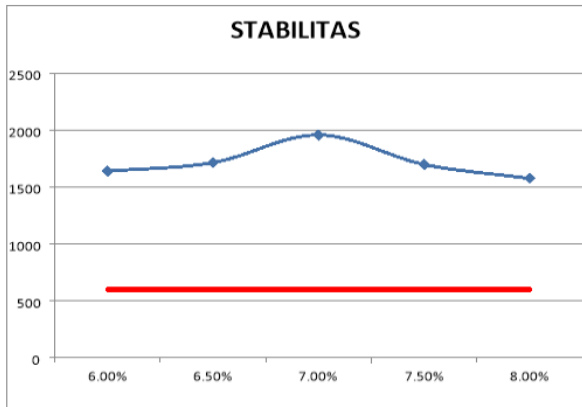


Gambar 5. Grafik VFA

Semakin tinggi kadar aspal yang digunakan maka nilai VFA semakin tinggi. Dapat dilihat bahwa pada kadar aspal 7% hingga 8% sudah sesuai spesifikasi Bina Marga 2018. Hal ini dikarenakan semakin tinggi komposisi aspal yang memasuki rongga campuran maka nilai VFA juga semakin tinggi.

5. Stabilitas

Stabilitas merupakan kesanggupan lapis perkerasan aspal untuk menahan beban yang terdapat pada lalu lintas. Nilai stabilitas dipengaruhi oleh beberapa factor yaitu penetrasi aspal, kadar aspal, bentuk dan tekstur permukaan dan gradasi agregat. Adapun hasilnya sebagai berikut:

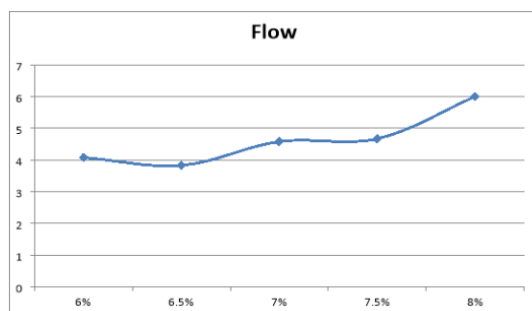


Gambar 6. Grafik Stabilitas

Berdasarkan hasil yang diperoleh dari pengujian, nilai stabilitas tertinggi pada kadar 7% yaitu 1957.68. Namun setelah mencapai titik stabilitas optimum, nilai stabilitas turun sampai kadar 8%. Maka semakin bertambahnya kadar aspal dalam campuran akan meningkatkan nilai stabilitas hingga mencapai optimum yang kemudian akan mengalami penurunan. Hal ini disebabkan nilai stabilitas yang terlalu tinggi akan menyebabkan perkerasan mudah retak dan nilai stabilitas yang rendah mudah terjadi deformasi.

6. Flow

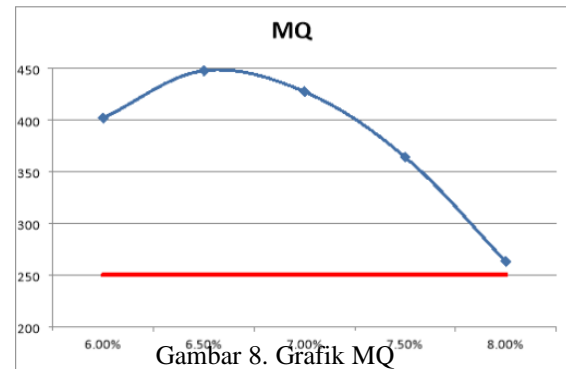
Flow ialah nilai penurunan yang terjadi pada campuran benda uji akibat menahan beban sampai batas runtuh, dinyatakan dalam satuan mm. Penurunan Gambar 7. Grafik Data Pengujian Nilai Stabilitas yang terjadi sangat berkaitan dengan nilai VIM, VFA dan stabilitas. Nilai flow dipengaruhi antara lain oleh kadar dan viskositas aspal, gradasi agregat dan proses pemadatan. Flow juga dapat di definisikan sbg besarnya deformasi yang terjadi pada lapis perkerasan akibat menaha beban yang diterima.



Gambar 7. Grafik Flow

7. Marshall Quotient (MQ)

Nilai MQ akan menjelaskan tinggi rendahnya kekakuan serta fleksibilitas campuran. Jika nilai MQ terlalu tinggi campuran Iapis Aspal Beton akan menjadi kaku dan mudah retak, dan jika terlalu rendah akan membuat aspal menjadi plastis sehingga tidak memiliki daya layan yang tinggi.



Gambar 8. Grafik MQ

Berdasarkan hasil Marshall Quotient yang didapat, bahwa semakin tinggi kadar aspal yang digunakan maka nilai Marshall Quotient semakin rendah. Hal ini disebabkan oleh semakin banyaknya kandungan aspal pada campuran sehingga menjadi sangat lentur dan sebaliknya, kenaikan yang tidak signifikan terhadap nilai MQ.

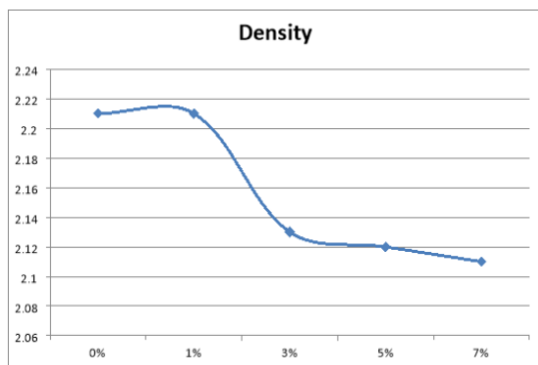
8. Penentuan KAO

Mencari nilai Kadar Aspal Optimum (KAO) di maksudkan agar mendapat nilai kadar aspal paling efektif untuk campuran Iapis Aspal HRS-WC. Berdasarkan dari hasil pengujian yang dilakukan didapatkan nilai parameter seperti VIM, VMA, VFA, Stabilitas dan Flow, maka didapat nilai kadar aspal optimum dari parameter yang memenuhi spesifikasi.

Hasil dari penelitian menyebutkan bahwa nilai stabilitas, flow, marshall quotient, VIM, dan VMA penggunaan bahan tambah serbuk karet ban menunjukkan pengaruh nilai yang lebih baik dibandingkan benda uji tanpa menggunakan bahan tambah serbuk karet ban pada campuran lapis aspal beton ditinjau dari parameter marshall. Didapatkan nilai KAO sebesar 7.2%, maka digunakanlah KAO untuk campuran berikutnya dengan menggunakan bahan serbuk karet ban.

9. Pengujian PRD (Percentage Refusal Density)

Setelah mendapatkan nilai KAO, nilai KAO tersebut dijadikan acuan sebagai kadar aspal yang akan digunakan pada campuran aspal yang menggunakan serbuk karet ban sebagai substitusi aspal dengan variasi 0%, 1%, 3%, 5%, dan 7%. Pengujian PRD dilakukan dengan jumlah tumbukan 2x400 tumbukan. Berikut adalah hasil pengujian PRD :

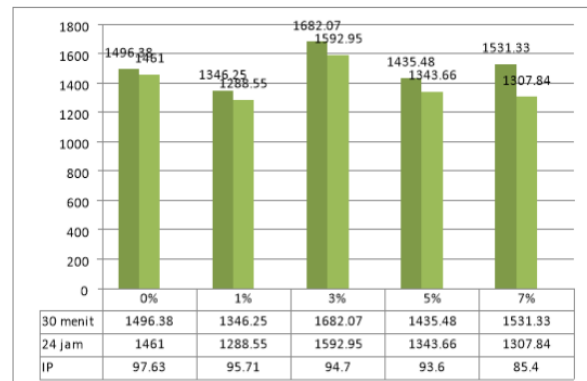


Gambar 9. Grafik hasil pengujian PRD

Berdasarkan pengujian yang sudah dilakukan, menunjukkan kepadatan yang dihasilkan dari pengujian PRD lebih besar nilainya daripada pengujian marshall immersion, dari data diatas menunjukkan semakin besar kadar aspal yang digunakan maka nilai density akan semakin menurun.

10. Marshall Immersion

Pada pengujian ini dilakukan perendaman benda uji dengan waktu perendaman 30 menit dan 24 jam pada waterbath dengan suhu 60°C. Data yang didapat biasanya pada waktu perendaman 24 jam lebih rendah daripada waktu perendaman 30 menit. Hal ini dikarenakan, pada waktu perendaman 24 jam air yang masuk ke benda uji lebih banyak yang terserap pada material dan lebih lama terendam pada suhu 60°C sehingga stabilitas turun dan ketahanan sampel pada tekanan menurun.



Gambar 10. Grafik hasil pengujian MI

Berdasarkan hasil yang didapat dari perbandingan nilai stabilitas perendaman 24 jam dengan nilai stabilitas perendaman 30 menit menunjukkan semakin banyak kadar aspal yang digunakan maka semakin kecil nilai durabilitasnya. Pada penambahan kadar serbuk karet ban sebesar 7% didapat nilai durabilitas tidak memenuhi persyaratan Bina Marga 2018 yaitu $\geq 90\%$, selebihnya masih memenuhi persyaratan.

Pada pengujian diatas, didapatkan nilai durabilitas pada kadar 0% sebesar 97.63%, 1% sebesar 95.71%, 3% sebesar 94.7%, 5% sebesar 93.6%, 7% sebesar 85.4%. Sehingga nilai terendah pada kadar 7% dengan nilai 85.4% dan nilai tertinggi pada kadar 0% sebesar 97.63%.

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang dan pengolahan data yang diperoleh maka dapat disimpulkan bahwa:

1. Pada penelitian yang telah dilakukan didapatkan nilai Kadar aspal Optimum (KAO) sebesar 7.2%. Hasil pengujian PRD yang didapat berdasarkan penambahan serbuk karet ban yaitu pada nilai Density, VMA, VIM semua memenuhi spesifikasi Bina Marga 2018, hanya pada VFA kadar 3% hingga 7% tidak memenuhi spesifikasi.
2. Nilai durabilitas yang didapat berdasarkan penambahan serbuk karet ban 0%, 1%, 3%, 5%, dan 7% berturut – turut yaitu sebesar 97.63%, 95.71%, 94.70%, 93.60%, 85.40%. Dimana nilai durabilitas pada kadar 7% tidak memenuhi spesifikasi.

3. Kadar penambahan serbuk karet ban yang optimum untuk bahan campur aspal HRS – WC sebagai substitusi aspal yaitu sebesar 5%, lebih dari itu tidak memenuhi spesifikasi.

Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, 2018.

Saran

Berdasarkan hasil penelitian diatas, maka untuk penelitan selanjutnya ada beberapa saran yang dapat diberikan sebagai berikut :

1. Penelitian selanjutnya dapat dilakukan serupa dengan mengganti variasi kadar ataupun dengan menambahkan bahan tambah lainnya untuk melihat pengaruh terhadap campuran.
2. Penelitian selanjutnya dapat dilakukan serupa dengan pengujian mekanik lainnya.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] S. Khan, P. K. Ashish, V. Kannelli, K. Hossain, M. Nagabhushana, and D. Tiwari, "Potential application of over-burnt brick and fly ash for sustainable inverted pavement structure," *Construction and Building Materials*, vol. 345, p. 128298, 2022.
- [2] T. D. Septiawan, "Pengaruh Penggunaan Bahan Tambah Serbuk Karet Ban Pada Campuran Lapis Aspal Beton," *Jurnal Rekayasa Sipil*, vol. 1, no. 1, 2018.
- [3] M. Jatmiko, "PENGUJIAN MARSHALL HRS-WC DENGAN CAMPURAN SERBUK BAN LUAR," *Jurnal sondir*, vol. 2, no. 1, 2019.
- [4] T. Iduwin, D. Mayasari, and T. Yuhanah, "PENGARUH AIR MENGGUNAKAN RECLAIMED ASPHALT PAVEMENT PADA CAMPURAN BETON ASPAL BERDASARKAN UJI CANTABRO DAN INDIRECT TENSILE STRENGTH," in *JURNAL FORUM MEKANIKA*, 2021, vol. 10, no. 1.
- [5] D. J. B. Marga, "Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 untuk Pekerjaan Konstruksi Jalan dan Jembatan Divisi 6," *Jakarta:*