

# KAJIAN OPTIMASI KOMBINASI LDPE, CPO, BAN DALAM SEBAGAI PENGIKAT TERHADAP CAMPURAN AC-WC

Meidia Refiyanni\*<sup>1</sup>, Lissa Opirina<sup>2</sup>, Muhammad Ikhsan<sup>3</sup>, Azwanda<sup>4</sup>, Andrisman Satria<sup>5</sup>,  
Bambang Tripoly<sup>6</sup>

<sup>1,2,3,4</sup>Universitas Teuku Umar; Alue Peunyareng

<sup>1,2,3,4</sup>Jurusan sipil, FTEKNIK UTU, Meulaboh

e-mail: \*<sup>1</sup>[meidiarefiyanni@utu.ac.id](mailto:meidiarefiyanni@utu.ac.id), <sup>2</sup>[lissaopirina@utu.ac.id](mailto:lissaopirina@utu.ac.id), <sup>3</sup>[muhammadikhsan@utu.ac.id](mailto:muhammadikhsan@utu.ac.id),  
<sup>4</sup>[azwanda@utu.ac.id](mailto:azwanda@utu.ac.id), <sup>5</sup>[andrismansatria@utu.ac.id](mailto:andrismansatria@utu.ac.id), <sup>6</sup>[bambangtripoli@utu.ac.id](mailto:bambangtripoli@utu.ac.id),

## Abstract

Infrastructure development continues to increase, especially on highway pavement, requiring a lot of materials such as coarse aggregate, fine aggregate, filler and asphalt (Pen 60/70) as a binder. However, the depletion of petroleum reserves which has an impact on the availability of asphalt has encouraged innovation to reduce its use. One potential innovation is the use of a combination of plastic waste (LDPE), Crude Palm Oil (CPO), and used inner tubes as an alternative binding material. This research examines the optimization of the use of this combination in the Asphalt Concrete-Wearing Course (AC-WC) mixture. Indonesia, as a tropical country with a significant area of oil palm plantations, produces abundant CPO. In addition, high use of plastic produces plastic waste that is difficult to decompose, and Indonesia is one of the largest contributors of plastic waste in the world. By utilizing this waste in road pavement, this research seeks to reduce environmental impacts while providing alternative solutions for pavement materials. Tests were carried out with three variations, namely V1 = 3% LDPE : 2% CPO : 10% inner tube : 85% pen 60/70; V2 = 4%LDPE : 2%CPO : 10% inner tube : 84% pen 60/70; V3 = 5%LDPE : 2%CPO : 10% inner tube : 83% pen 60/70 to determine the characteristics of stability, flow, VMA, Void in Mix (VIM), VFB, and Marshall Quotient (MQ). The test results show that the Optimum Asphalt Content (KAO) value is 5.5%. All variations meet the minimum stability specifications set by Bina Marga (2018).

**Keywords :** LDPE, CPO, Karet Ban Dalam, Pen 60/70, AC-WC

## 1. PENDAHULUAN

Pembangunan infrastruktur terus meningkat, khususnya perkersana jalan raya sehingga membutuhkan banyak material. Pembuatan perkerasan jalan menggunakan material alam, yaitu : agregat kasar, agregat halus, filler dan Pen 60/70 [1]. Material aspal (pen 60/70) digunakan sebagai pengikat pada campuran perkerasan. Menipisnya cadangan minyak bumi berpengaruh terhadap aspal karena aspal berasal dari hasil destilasi minyak bumi, sehingga membutuhkan inovasi untuk mengurangi penggunaan aspal tersebut. Selain meningkatnya pembangunan infrastruktur, kebutuhan manusia juga terus meningkat sehingga menghasilkan limbah plastik dan limbah ban bekas.

Plastik sering digunakan untuk memenuhi kebutuhan manusia. Hal ini disebabkan karena plastik memiliki sifat yang elastis, ringan dan mudah digunakan. Plastik yang digunakan berupa kantong plastik dan plastik air mineral ini sulit terurai secara sempurna

dan membutuhkan waktu lama sehingga menghasilkan limbah. Indonesia menjadi negara ke 2 terbesar di dunia menghasilkan limbah plastik dan membuang limbah plastik ke lautan [2].

Indonesia merupakan negara yang beriklim tropis sehingga banyak dijumpai pohon kelapa sawit. Menurut data statistik 2023, Indonesia memiliki luas area perkebunan sawit 15,44 juta hektare (ha). Jumlah itu meningkat 0,65% dibandingkan dengan tahun sebelumnya seluas 15,34 juta ha. Perkebunan kelapa sawit akan memproduksi buah kepala sawit yang terdiri dari serabut buah 56% dan dan inti 44%. Proses ekstraksi buah sawit akan menghasilkan minyak kelapa sawit mentah atau *Crude Palm Oil (CPO)*. Dengan luasnya perkebunan sawit maka, Indonesia sebagai salah satu negara yang memproduksi.



Gambar 1. Buah sawit dan *Crude Palm Oil (CPO)*

[3], industri ban akan memproduksi lebih dari 2700 juta ban pada akhir tahun 2027 untuk memenuhi permintaan pasar. Masa pakai ban adalah empat tahun. Setelah masa pakai ban habis maka ban akan berubah menjadi limbah, dan akan dibuang ke lingkungan. Limbah ban ini akan membutuhkan area yang luas untuk tempat pembuangan [4]. Masalah ini semakin kompleks jika tidak segera menemukan solusi, mengingat ban tidak dapat terurai dengan mudah apabila dibiarkan begitu saja. penelitian penggunaan material alternatif saat ini telah banyak dilakukan untuk menggantikan material alam yang terbatas tersebut menjadi bahan substitusi pada aspal [5]. Limbah ban dalam kendaraan adalah karet alam yang telah melewati proses pabrikasi dan sudah melewati penambahan campuran-campuran tertentu kemudian dicetak dalam bentuk ban dalam untuk kendaraan bermotor [6].

Penggunaan *Low Density Poly Ethylene (LDPE)* sebagai *additive*, *Crude Palm Oil (CPO)* dan pen 60/70 dalam campuran aspal porus belum dapat meningkatkan nilai durabilitas. Tetapi untuk nilai stabilitas normal sudah memenuhi persyaratan AAPA, 2004 [7]. Kombinasi pen 60/70 dan plastik *Low Linier Density Poly Ethylene (LLDPE)*, pada lapisan AC-BC. Hasil menunjukkan semakin tinggi kadar LLDPE maka semakin tinggi nilai stabilitas [8]. Berdasarkan uraian diatas, untuk mengurangi penggunaan pen 60/70 dilakukan penelitian penentuan KAO yaitu kombinasi LDPE, CPO, ban dalam dan pen 60/70 pada campuran AC-WC. Tujuan penelitian ini ialah untuk mengetahui berapa besar KAO pada persentase kombinasi masing-masing material.

---

## 2. METODE PENELITIAN

Material yang digunakan pada penelitian ini terdiri dari agregat, *filler*, LDPE, CPO, karet ban dalam dan pen 60/70. Agregat yang digunakan yaitu batu pecah (*split*). Agregat dan CPO berasal dari Kabupaten Nagan Raya. LDPE dan karet ban dalam berasal dari Kabupaten Aceh Barat, sedangkan pen 60/70 berasal dari Laboratorium Material Jalan Raya Fakultas Teknik Universitas Syiah Kuala Banda Aceh. *Filler* yang digunakan semen *portland*. Penelitian ini mengacu pada Spesifikasi Bina Marga (2018) untuk lapisan AC-WC.

### Prosedur pelaksanaan

Berikut ini merupakan langkah-langkah pelaksanaan penelitian yang dilakukan sebagai berikut :

1. Gradasi yang digunakan pada penelitian ialah gradasi menerus, dan menggunakan spesifikasi Bina Marga (2018).
2. Menghitung nilai tengah untuk penentuan kadar aspal sementara ( $P_b$ ) menggunakan rumus sebagai berikut :
$$P_b = 0,035(\% CA) + 0,045(\%FA) + 0,18(\%Filler) + \text{Konstanta} \quad (1)$$
3. Setelah diperoleh nilai  $P_b$  maka menjadi dasar nilai kadar aspal, dan selanjutnya dilakukan perencanaan campuran (*job mix*) yang akan di substitusi dengan CPO, LDPE, ban dalam dan pen 60/70;
4. Substitusi dibuat dalam 3 variasi yaitu : V1 = 3%LDPE : 2%CPO : 10% ban Dalam : 85% pen 60/70; V2 = 4%LDPE : 2%CPO : 10% ban dalam : 84% pen 60/70; V3 = 5%LDPE : 2%CPO : 10% ban dalam : 83% pen 60/70;
5. Siapkan peralatan untuk dilakukan penggorengan campuran agregat;
6. Panaskan ban dalam hingga mencair lalu masukan LDPE, setelah LDPE mencair masukan CPO dan pen 60/70, aduk hingga mencair kemudian masukan agregat dan aduk hingga agregat terselimuti oleh aspal secara sempurna. Pencampuran agregat dan aspal dilakukan hingga suhu  $(160 \pm 5) ^\circ\text{C}$ ;
7. Bersihkan cetakan ( *mold*) benda uji yang akan dipakai lalu dibuat alas benda uji sesuai dengan diameter cetakan. Bagian dalam  *mold* diolesi pelumas agar benda uji tidak melekat dengan cetakan  *mold*;
8. Tusuk campuran yang telah dimasukan dalam  *mold* menggunakan spatula sebanyak 15 kali bagian tepi dan 10 kali bagian tengah;
9. Kontrol suhu dengan menggunakan metal thermometer, untuk suhu pemadatan yaitu  $140^\circ\text{C}$ ;
10. Pemadatan dilakukan dengan jumlah 2 x 75 tumbukan, setelah selesai pemadatan maka benda uji dikeluarkan dari cetakan, diberi kode dan didiam dalam suhu ruang selama 24 jam;
11. Benda uji dibersihkan dari kotoran dan diukur tinggi benda uji di ketiga sisi benda uji dan ditimbang berat untuk mendapatkan berat kering.
12. Benda uji direndam dalam air selama 24 jam agar jenuh, dan dilakukan penimbangan untuk mengetahui berat didalam air;
13. Angkat benda uji dan keringkan dengan kain hingga kering permukaan, dan di timbang untuk mengetahui berat jenuh – kering permukaan (SSD).

14. Selanjutnya benda uji di direndam dalam *water bath* selama 30 menit pada suhu 60° C dan dilakukan pengujian dengan alat *marshall test*.

Tabel 1. Jumlah Benda Uji Kadar Aspal Tengah

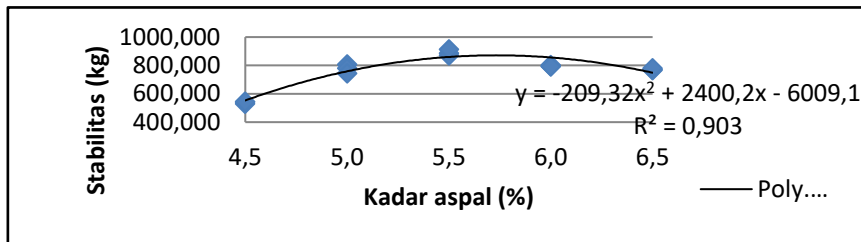
Benda Uji	Kadar Aspal Tengah (%)					Jumlah
	Pb-1%	Pb-0,5%	Pb	Pb+0,5%	Pb+1%	
V1	3	3	3	3	3	15
V2	3	3	3	3	3	15
V3	3	3	3	3	3	15
Total						45

Setelah diperoleh persen kadar aspal optimum (KAO), selanjutnya dibuat benda uji tahap kedua untuk pengujian stabilitas dan durabilitas menggunakan persen kadar aspal optimum dengan variasi V1=(3%:2%:10%:85%), V2=(4%:2%:10%:84%), V3=(5%:2%:10%:83%).

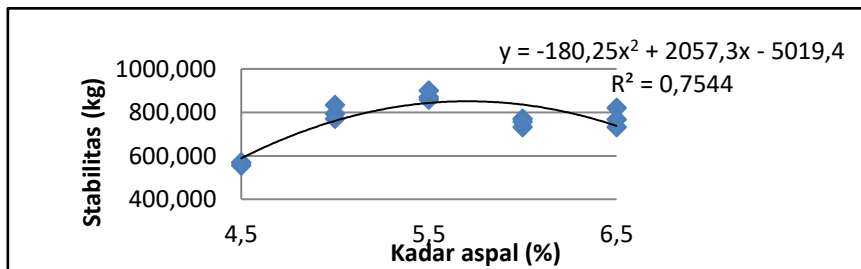
### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pengujian untuk menentukan optimasi kombinasi LDPE, CPO, Limban ban dalam, dan pen 60/70 sebagai pengikat terhadap nilai karakteristik campuran AC-WC meliputi : stabilitas, flow, VMA, VIM, VFB, dan *marshall quotien*. Campuran aspal buat dalam tiga variasi:

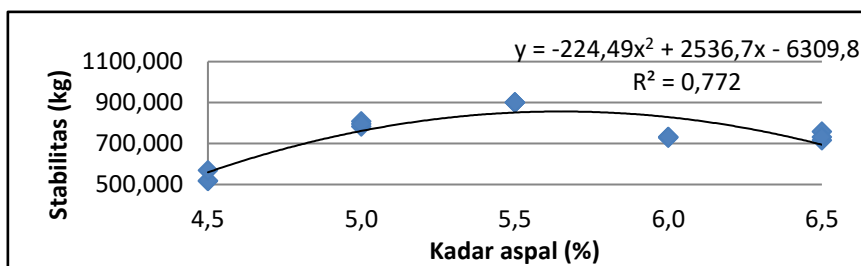
#### Stabilitas



Gambar 2. Stabilitas V1 = 3% : 2% : 10% : 83%



Gambar 3. Stabilitas V2 = 4% : 2% : 10% : 84%

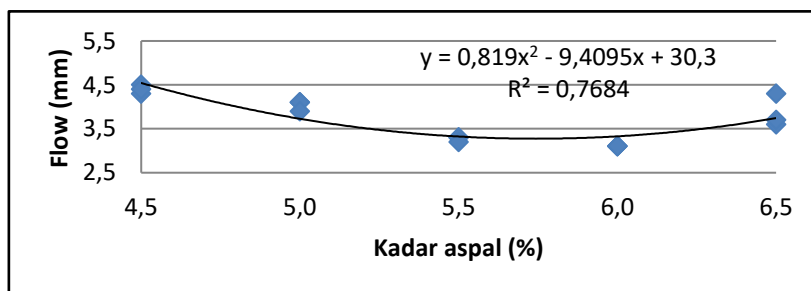


Gambar 4. Stabilitas V3 = 5% : 2% : 10% : 82%

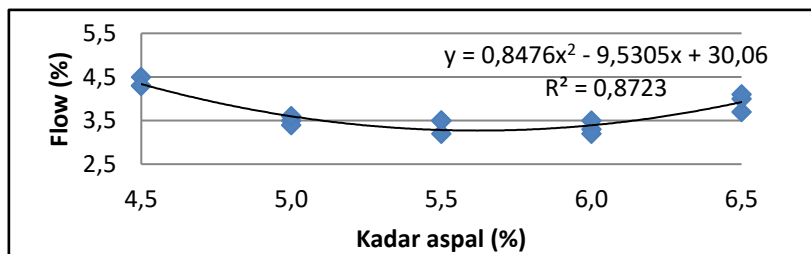
Stabilitas merupakan suatu parameter untuk mengukur kemampuan dari campuran aspal untuk dapat menahan deformasi yang disebabkan oleh suatu pembebanan..Faktor yang dapat mempengaruhi nilai stabilitas adalah gradasi agregat dan kadar aspal. Penelitian ini menggunakan gradasi menerus untuk ketiga variasi campuran aspal. Nilai rata-rata stabilitas rendaman 30 menit semua variasinya memenuhi spesifikasi bina marga (2018) yaitu dengan nilai pada variasi V1= 3%:2%:10%:85% sebesar 862,678 kg, V2= 4%:2%:10%:84% sebesar 871,095 dan V3= 5%:2%:10%:83% sebesar 968,045 dengan persyaratan parameter *marshall* min 800 kg. Semakin bertambahnya LDPE dan berkurangnya pen 60/70 yang digunakan maka nilai stabilitasnya akan semakin tinggi.

**Flow**

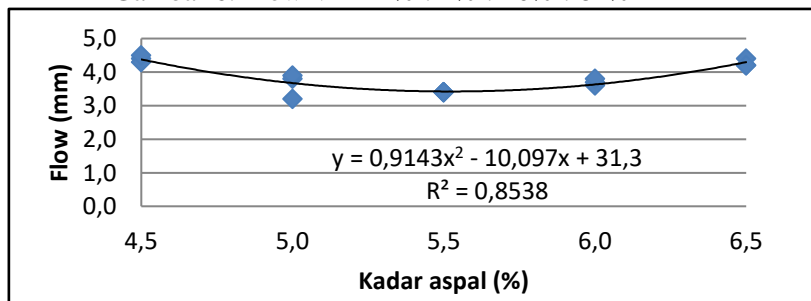
Kelelahan (*flow*) adalah besarnya penurunan campuran benda uji akibat beban sampai batas runtuh yang dinyatakan dalam satuan mm. *Flow* merupakan parameter *marshall* yang menunjukkan kelenturan suatu campuran aspal pada saat menerima beban. Nilai *flow* diperoleh dari hasil pembacaan jarum penunjuk pada arloji pengujian *marshall*.



Gambar 5. Flow V1 = 3% : 2% : 10% : 83%



Gambar 6. Flow V2 = 4% : 2% : 10% : 84%



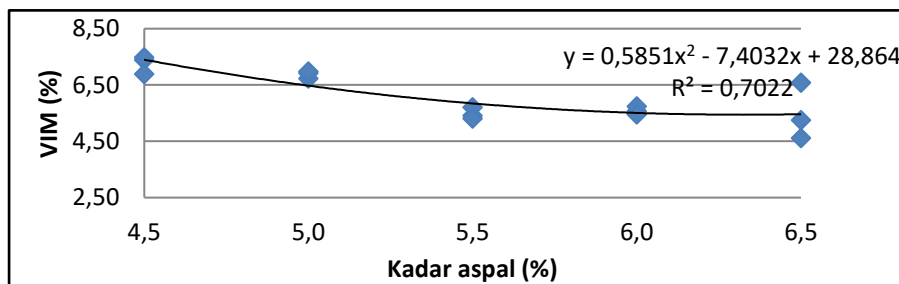
Gambar 7. Flow V3 = 5% : 2% : 10% : 82%

Nilai rata-rata *flow* untuk benda uji rendaman 30 menit semua variasi memenuhi spesifikasi yaitu pada variasi V1= 3%:2%:10%:85% sebesar 3,17 mm, V2= 4%:2%:10%:84%

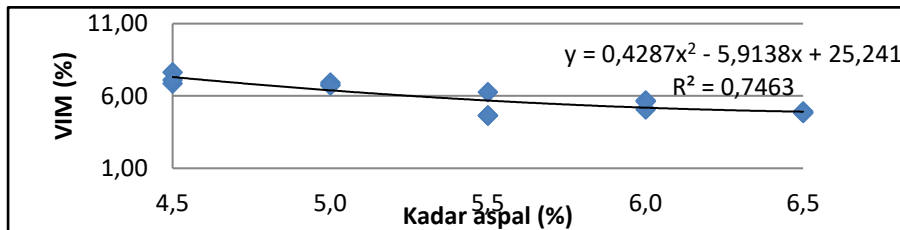
sebesar 3,47 mm dan V3=5%:2%:10%:83% sebesar 3,37 mm dimana persyaratan min 3 mm. Nilai *flow* juga berpengaruh terhadap lamanya perendaman hal ini disebabkan karena aspal yang terdapat di dalam campuran semakin lunak sehingga meningkatkan plastisitas dan menurunkan kegetasan dalam campuran.

### Void In Mineral (VIM)

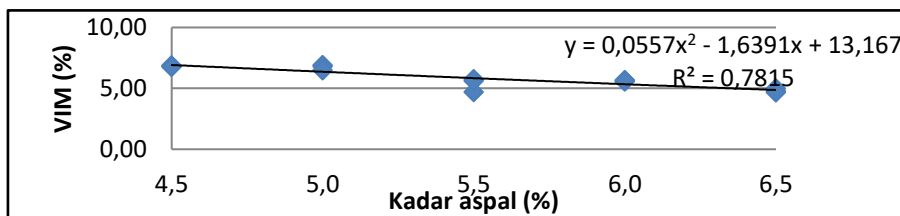
VIM merupakan rongga dalam campuran yang telah dipadatkan dan dinyatakan dalam persen terhadap volume total campuran. Nilai VIM yang terlalu tinggi akan mengurangi keawetan karena rongga yang terlalu besar akan memudahkan untuk masuk air dan udara ke dalam benda uji. nilai VIM untuk setiap variasi substitusi LDPE, CPO, Karet Ban Dalam dan pen 60/70 memenuhi syarat spesifikasi karakteristik parameter *marshall* yaitu 3.5- 5.5%. Nilai VIM tertinggi terdapat pada variasi V1= 3%:2%:10%:85% sebesar 5,55% pada rendaman 30 menit. variasi V2= 4%:2%:10%:84% nilai VIM 5,40%, variasi V3= 5%:2%:10%:83% yaitu 5,33%. Nilai VIM yang rendah di bawah 3% berarti rongga pada campuran relatif kecil menjadikan tidak tersedianya ruang yang cukup, sehingga menyebabkan aspal akan naik ke permukaan (*bleeding*). Sebaliknya VIM tinggi di atas 5% akan menyebabkan campuran kurang kedap air dan udara, sehingga campuran tersebut kurang awet dan mudah retak (*crack*).



Gambar 8. VIM V1 = 3% : 2% : 10% : 83%



Gambar 9. VIM V2 = 4% : 2% : 10% : 84%

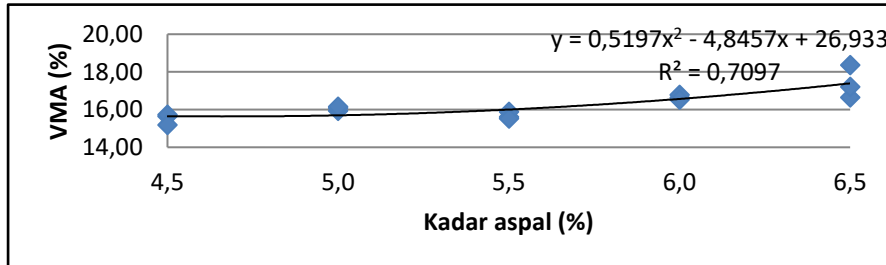


Gambar 10. VIM V3 = 5% : 2% : 10% : 82%

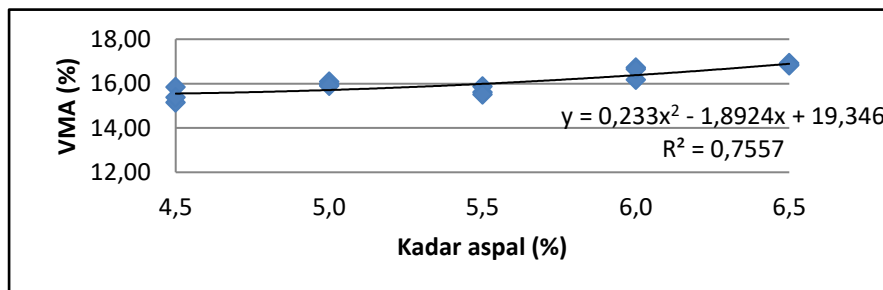
### VMA

VMA adalah rongga udara yang ada diantara mineral agregat di dalam campuran beraspal panas yang telah dipadatkan. VMA digunakan sebagai ruang untuk menampung aspal dan volume udara yang diperlukan dalam campuran aspal. nilai VMA mengalami kenaikan untuk ketiga variasi campuran aspal untuk benda uji rendaman 30 menit sebesar 15,73%, 15,61% dan

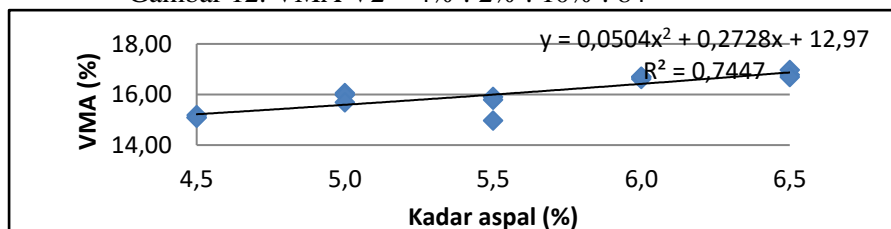
15,54%. Nilai VMA untuk semua variasi memenuhi spesifikasi bina marga yaitu min 15%. Hal tersebut menunjukkan bahwa besarnya nilai VMA pada variasi V1= 3%:2%:10%:85% dikarenakan terdapat kadar aspal yang lebih banyak. Nilai VMA juga dapat dipengaruhi oleh jumlah kadar aspal dan temperature pemadatan serta gradasi yang digunakan.



Gambar 11. VMA V1 = 3% : 2% : 10% : 83%



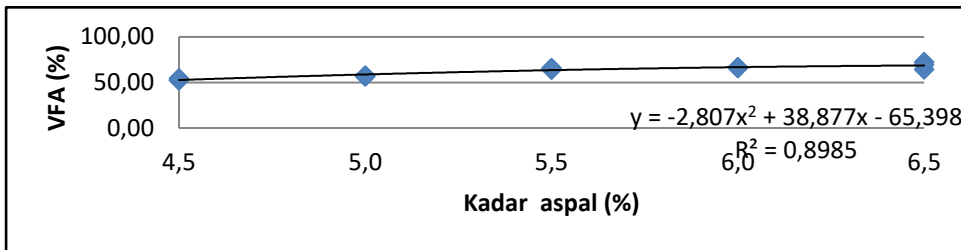
Gambar 12. VMA V2 = 4% : 2% : 10% : 84%



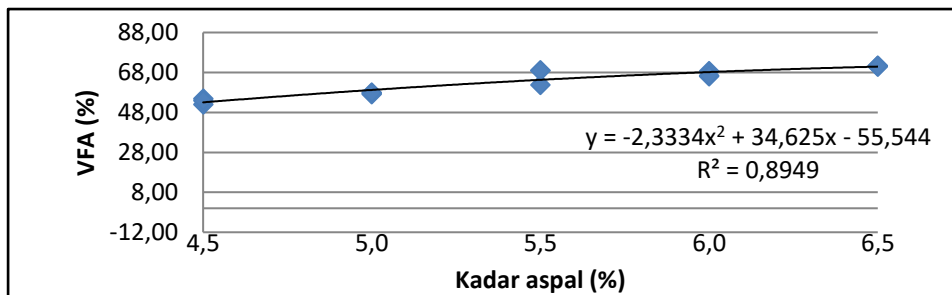
Gambar 13. VMA V3 = 5% : 2% : 10% : 82%

### VFA

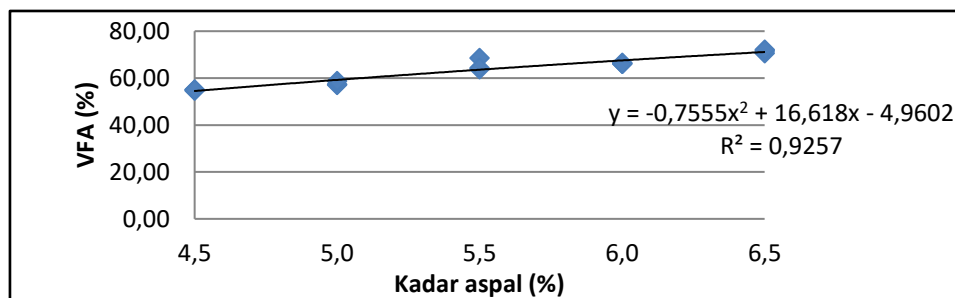
VFA menyatakan persentase rongga udara yang terisi aspal pada campuran yang telah mengalami pemadatan. Nilai VFA yang semakin tinggi berarti semakin banyaknya rongga udara yang terisi aspal sehingga kedapatan campuran terhadap air dan udara semakin tinggi. Nilai VFA yang terlalu kecil akan menyebabkan kedapatan campuran terhadap air berkurang karena sedikit rongga yang terisi aspal sehingga mempengaruhi keawetan lapis perkerasan. nilai VFA pada variasi V1= 3%:2%:10%:85% sebesar 64,76% rendaman 30 menit tidak memenuhi spesifikasi bina marga yaitu min 65%, variasi V2= 4%:2%:10%:84% sebesar 65,38% untuk benda uji rendaman 30 menit. Sementara pada variasi V3= 5%:2%:10%:83% sebesar 65,72% untuk benda uji rendaman 30 menit. Grafik menunjukkan bahwa pada variasi V3= 5%:2%:10%:83% memiliki nilai VFA yang lebih tinggi dari pada variasi lainnya.



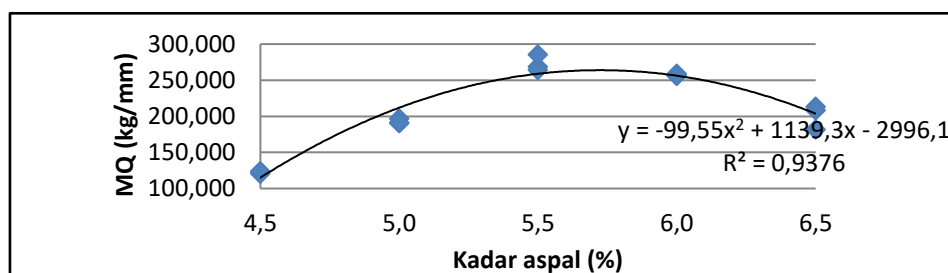
Gambar 14. VFA V1 = 3% : 2% : 10% : 83%



Gambar 15. VFA V2 = 4% : 2% : 10% : 84

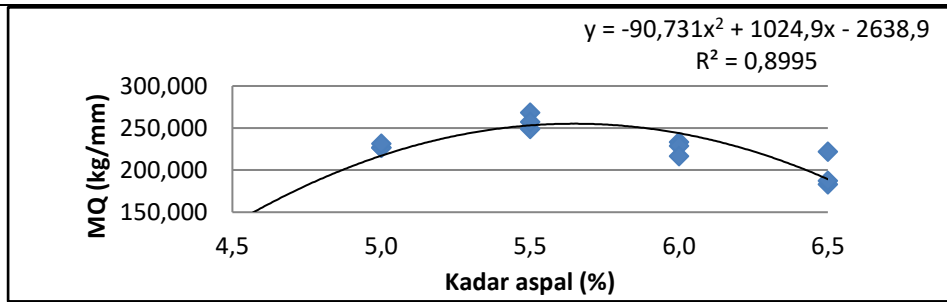


Gambar 16. VFA V3 = 5% : 2% : 10% : 82%

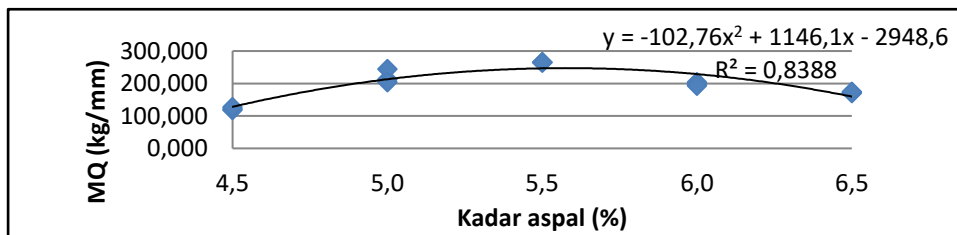


Gambar 17. MQ V1 = 3% : 2% : 10% : 83%



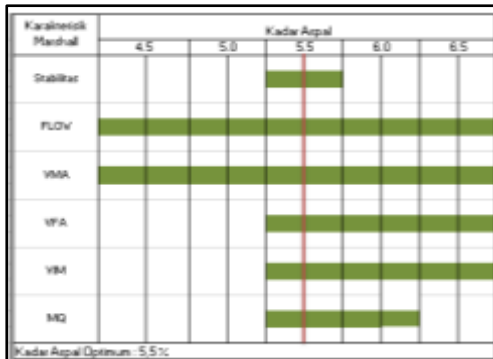


Gambar 18. MQ V2 = 4% : 2% : 10% : 84

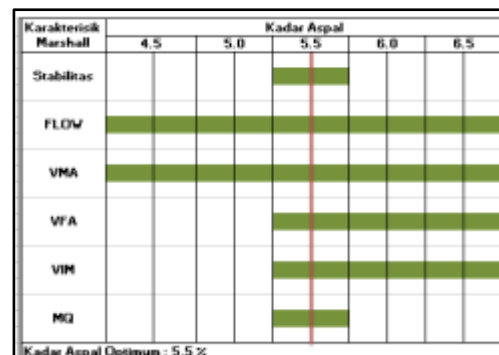


Gambar 19. MQ V3 = 5% : 2% : 10% : 82%

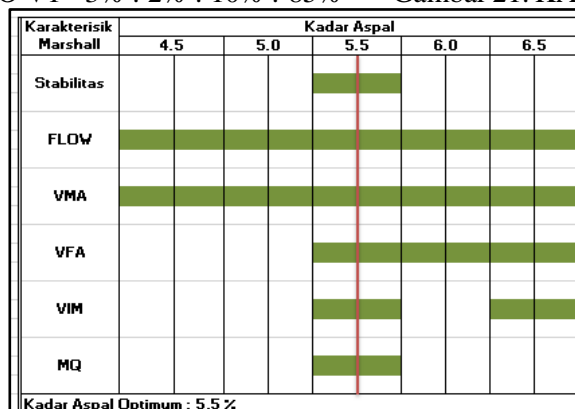
Nilai *Marshall Quotient* (MQ) merupakan indeks kelenturan suatu campuran berupa perbandingan antara stabilitas terhadap *flow* dengan satuan kg/mm. Nilai MQ untuk semua variasi untuk benda uji rendaman 30 menit telah memenuhi spesifikasi yaitu min 250 kg/mm, nilai MQ seluruh variasi tersebut yaitu sebesar 272,607 kg/mm, 251,289 kg/mm dan 287,496 kg/mm. Tinggi rendahnya nilai MQ dipengaruhi oleh nilai stabilitas dan *flow*.



Gambar 20. KAO V1= 3% : 2% : 10% : 85%



Gambar 21. KAO V2= 4% : 2% : 10% : 84%



Gambar 22. KAO V3 = 5% : 2% : 10% : 83%

#### 4. KESIMPULAN

Karakteristik parameter *marshall* berdasarkan hasil analisis data, maka dapat diperoleh kesimpulan dari penelitian ini adalah sebagai berikut

1. Hasil pengujian *marshall* meliputi stabilitas, *flow*, VIM, VMA, VFA dan MQ. Penggunaan LDPE, CPO, Karet Ban Dalam dan pen 60/70 pada variasi V1= 3%:2%:10%:85%, V2= 4%:2%:10%:84%, dan V3= 5%:2%:10%:83% menghasilkan Kadar Aspal Optimum (KAO) sebesar 5,5%;
2. Dilihat dari keseluruhan hasil pengujian pada rendaman 30 menit untuk ketiga variasi diperoleh nilai KAO 5,5%. Seluruh karakteristik untuk ketiga variasi memenuhi spesifikasi Bina Marga (2018);
3. Nilai karakteristik untuk variasi V1 = 3% : 2% : 10% : 85% diperoleh nilai stabilitas 862,678 kg, nilai *flow* 3,17 mm, VIM 5,55%, VMA 15,73%, VFA 64,76% dan MQ 272,607 kg/mm;
4. Nilai karakteristik untuk variasi V2 = 4% : 2% : 10% : 84% diperoleh nilai stabilitas 862,678 kg, nilai *flow* 3,17 mm, VIM 5,55%, VMA 15,73%, VFA 64,76% dan MQ 272,607 kg/mm;
5. Nilai karakteristik untuk variasi V3 = 5% : 2% : 10% : 83% diperoleh nilai stabilitas 968,045 kg, nilai *flow* 3,37 mm, VIM 5,33%, VMA 15,54%, VFA 65,72% dan MQ 287,496 kg/mm;
6. Berdasarkan nilai karakteristik yang diperoleh untuk ketiga variasi memenuhi spesifikasi Bina Marga 2018.

#### 5. SARAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan di laboratorium ada beberapa saran yang bias disampaikan sebagai berikut :

1. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut terhadap komposisi campuran, agar penggunaan aspal pen 60/70 tidak digunakan lagi sebagai pengikat.
2. Perlu dilakukan penelitian terhadap unsur ikatan kimia pada kombinasi LDPE, CPO, ban dalam, dan pen 60/70

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada yang telah memberi dukungan **materi dan financial** terhadap penelitian ini.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. Refiyanni and azwanda, "Subtitusi CPO Terhadap ASPHALT PEN 60 / 70 Pada Campuran Asphalt Concrete Wearing Course (AC-WC)," vol. 5, no. 1, pp. 360–367, 2020.

- 
- [2] S. Suharwanto and N. Suhana, "PERFORMA BATA BETON (PAVING BLOCK) YANG DIBUAT DARI BETON DAUR ULANG DAN SERAT KANTONG PLASTIK: STUDI EKSPERIMENTAL," *J. Rekayasa Infrastruktur*, vol. 8, no. 1, pp. 30–37, Jun. 2022, doi: 10.31943/jri.v8i1.164.
- [3] N. H. Zerine, M. G. Rasul, M. I. Jahirul, and A. S. M. Sayem, "End-of-life tyre conversion to energy: A review on pyrolysis and activated carbon production processes and their challenges," *Sci. Total Environ.*, vol. 905, p. 166981, Dec. 2023, doi: 10.1016/j.scitotenv.2023.166981.
- [4] A. Ahmed, S. R. Khan, and M. Zeeshan, "Application of low-cost natural zeolite catalyst to enhance monoaromatics yield in co-pyrolysis of wheat straw and waste tire," *J. Energy Inst.*, vol. 105, pp. 367–375, Dec. 2022, doi: 10.1016/j.joei.2022.10.014.
- [5] Y. Cheng, C. Chai, Y. Zhang, Y. Chen, and B. Zhu, "A New Eco-Friendly Porous Asphalt Mixture Modified by Crumb Rubber and Basalt Fiber," *Sustainability*, vol. 11, no. 20, p. 5754, Oct. 2019, doi: 10.3390/su11205754.
- [6] J. Xu *et al.*, "High-value utilization of waste tires: A review with focus on modified carbon black from pyrolysis," *Sci. Total Environ.*, vol. 742, p. 140235, 2020.
- [7] M. Refiyanni and C. Chaira, "Characteristics of Mixed Porus Asphalt with Combination of LDPE, CPO and PEN 60/70," *Int. J. Eng. Sci. Inf. Technol.*, vol. 1, no. 4, pp. 19–24, 2021, doi: 10.52088/ijesty.v1i4.146.
- [8] P. Pratomo, H. Ali, and S. Diansari, "Aspal Modifikasi dengan Penambahan Plastik Low Linear Density Poly Ethylene ( LLDPE ) Ditinjau dari Karakteristik Masrhall dan Uji Penetrasi pada Lapisan Aspal Beton ( AC-BC )," *J. Rekayasa*, vol. 20, no. 3, pp. 155–166, 2016.