

Karakteristik Campuran AC-BC Dengan Menggunakan Bahan Tambah Plastik PVC

Alfianus Hanssel*¹, Alpius *², Charles Kamba*³

*¹ Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil, Universitas Kristen Indonesia Paulus Makassar, Indonesia alfianhan00@gmail.com

*^{2,3} Dosen Program Studi Teknik Sipil, Universitas Kristen Indonesia Paulus Makassar, Indonesia alpiusnini@gmail.com *² dan kamba.charles@gmail.com *³

Corresponding Author: alfianhan00@gmail.com

ABSTRAK

Plastik PVC sangat banyak dijumpai dilingkungan sekitar kita dan merupakan salah satu penyebab kerusakan unsur tanah, oleh karena itu dilakukan pemanfaatan plastik PVC sebagai bahan tambah. Penelitian ini dimaksudkan untuk studi karakteristik campuran AC-BC dengan menggunakan bahan tambah plastik PVC untuk mengurangi limbah plastik PVC yang sulit terurai. Metode dalam penelitian ini adalah melakukan tes Uji *Marshall* guna mendapatkan nilai Stabilitas *Marshall* Sisa (SMS dengan penggunaan kadar plastik PVC 0% sampai dengan 4% dengan penambahan 1%. Dari penggunaan 5 variasi kadar plastik PVC ini diperoleh kesimpulan bahwa pengaruh penambahan bahan tambah plastik PVC pada campuran AC-BC melalui karakteristik *Marshall* konvensional yaitu meningkatkan nilai Stabilitas dan VFB, serta menurunkan nilai VIM, VMA dan Flow. Juga diperoleh hasil karakteristik campuran AC-BC yang menggunakan bahan tambah plastik PVC melalui pengujian *Marshall* Konvensional diperoleh karakteristik VIM, Stabilitas, VMA, Flow, VFB memenuhi Spesifikasi. Dengan pengujian *Marshall Immersion* diperoleh nilai Stabilitas *Marshall* Sisa sebesar 96,53% pada kadar bahan tambah plastik PVC 4%.

Kata kunci: Plastik PVC, *Marshall Test*, Spesifikasi Bina Marga 2018.

ABSTRACT

This PVC plastic is very much found in the environment around us and is one of the causes of damage to soil elements, therefore the use of PVC plastic as an added material is carried out. This research is intended for the study of the characteristics of the AC-BC mixture by using PVC plastic added materials to reduce PVC plastic waste that is difficult to decompose. The method in this study is to conduct a *Marshall Test* test to obtain the Residual *Marshall Stability* value (SMS with the use of PVC plastic content of 0% to 4% in addition to 1%. From the use of 5 variations in PVC plastic content, it was concluded that the influence of adding PVC plastic added material to the AC-BC mixture through conventional *Marshall* characteristics is to increase the Stability and VFB values, as well as reduce the VIM, VMA and Flow values. Also obtained the characteristics of the AC-BC mixture using PVC plastic added material through Conventional *Marshall* testing obtained the characteristics of VIM, Stability, VMA, Flow, VFB meeting the specifications. With *Marshall Immersion* testing, the Residual *Marshall Stability* value of 96.53% was obtained at a material content of added PVC plastic of 4%.

Keywords: PVC Plastic, *Marshall Test*, Bina Marga Specification 2018.

PENDAHULUAN

Pembangunan jalan bertujuan melewati lalu lintas dari satu tempat ketempat lainnya dan mempermudah melakukan perjalanan. Pembangunan jalan merupakan hal utama untuk menunjang keamanan dan kenyamanan dalam ber-transportasi, serta akan memacu pertumbuhan ekonomi. Pembangunan jalan harus mempunyai daya dukung dan awet, serta bernilai ekonomis. Diantara Lapis Aus dan Lapis Pondasi (*AC-Base*) ada lapisan yang dikenal sebagai lapisan *AC-BC* (*Asphalts Concrete – Binder Course*). Lapisan ini harus cukup tebal dan cukup kaku untuk mengurangi tegangan dan regangan akibat beban lalu lintas yang akan diteruskan ke lapisan *AC-Base* di bawahnya dan kemudian ke tanah dasar (*subgrade*). Lapisan *AC-BC* terdiri dari lapisan yang tepat sehingga mampu menerima beban kendaraan dan meneruskannya ke lapisan di bawahnya. Dalam penelitian ini, bahan tambah yang digunakan adalah Plastik *PVC*. Plastik *PVC* sering dijumpai dalam kehidupan sehari-hari. Plastik *PVC* memiliki kelebihan antara lain ringan, kuat. Sejalan dengan pesatnya pembangunan yang dilakukan di Indonesia, penggunaan plastik *PVC* semakin banyak digunakan. Dari penggunaan tersebut, muncul banyak limbah plastik *PVC* seperti sisa potongan pipa *PVC*. Untuk mengurangi limbah plastik *PVC* yang berlebihan dan sulit terurai, maka perlu dilakukan pemanfaatan atau pengelolaan dengan baik. Sebelum penelitian ini dilakukan, telah dilakukan penelitian sejenis misalnya Studi Karakteristik Campuran *AC-BC* Berdasarkan Limbah Kantong Plastik Sebagai Bahan Tambah menunjukkan kalau nilai stabilitas dapat ditingkatkan dengan penambahan zat aditif pada campuran aspal beton lapis antara. Campuran beraspal dengan dan tanpa plastik memiliki nilai stabilitas yang lebih rendah dibandingkan dengan campuran aspal dengan dan tanpa plastik. Besarnya plastik baik yang ditambahkan pada campuran aspal adalah 2% dikarenakan parameter *Marshall* seperti *VIM*, *Flow*, *VMA* dan *VFB* juga memenuhi persyaratan Spesifikasi Bina Marga 2018 selain itu juga memiliki nilai stabilitas yang tinggi [1], Pengaruh Penggunaan Limbah Kantong Plastik Sebagai Bahan Tambah Dalam Campuran *AC-Base* menunjukkan bahwa karakteristik material perkerasan dengan campuran limbah kantong plastik dan agregat dari Sungai Jeneberang memenuhi Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 untuk material lapis perkerasan jalan. Melalui uji *Marshall* didapatkan nilai *AC-Base* dengan kadar plastik yaitu 0%, 0,5%, 1%, 1,5% dan 2%. Dengan kadar plastik optimum 2% campuran *AC-Base* lulus uji *Marshall Immersion* dengan Indeks Kekuatan Sisa (IKS) sebesar 98,31% dan telah memenuhi Spesifikasi Bina Marga 2018 sebesar 90% [2], karakteristik Campuran *AC-WC* Menggunakan Batu Sungai Sangatanete Dan Bahan Tambah Kantong Plastik menunjukkan bahwa metode *marshall* konvensional yang mengacu pada Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 digunakan untuk mengkaji karakteristik dan dampak dari dimasukkannya sampah plastik ke dalam campuran perkerasan jalan. Nilai stabilitas 1757kg, *VIM* 4,80%, *Flow* 3,51mm, *VMA* 16,18% dan *VFB* 70,12%. Semua nilai hasil pengujian ini telah memenuhi Standar Bina Marga 2018 [3], Alternatif Penggunaan Plastik *Polypropylene* Pada Campuran Aspal menunjukkan bahwa nilai stabilitas terendah adalah 1136kg pada beban normal, namun nilai tersebut masih memenuhi Spesifikasi Bina Marga >800kg. *Flow* terendah pada Laston normal adalah 3,62 dan masih memenuhi persyaratan Bina Marga >3. Nilai *Marshall* Quotient normal 307 dan masih memenuhi persyaratan Bina Marga >250. Hal ini menunjukkan bahwa hasil yang dihasilkan lebih unggul dari aspal biasa ketika ditambahkan plastik PP (*Polypropylen*) (2% dan 4%). Berdasarkan nilainya dalam stabilitas, *flow* dan *MQ* mereka lebih unggul dibanding dengan aspal standar [4], Evaluasi Kinerja Campuran Beraspal Lapis Aus (*AC-WC*) dengan Bahan Tambah Limbah Plastik Kresek hasilnya menunjukkan bahwa karakteristik nilai stabilitas campuran dengan limbah plastik mengalami peningkatan dari 1100 kg menjadi 1400 kg - 1500 kg. Campuran dengan limbah plastik mengalami peningkatan nilai stabilitas sisa dari 90,54% menjadi 94,70% pada hasil uji durabilitas. Campuran aspal dengan limbah plastik mengalami peningkatan nilai dinamis yang ditunjukkan dari hasil uji ketahanan deformasi. Modulus kelenturan mengalami penurunan saat suhu naik dan mengikat limbah

plastik setelah ditambahkan yang menunjukkan perilaku bercampur dengan limbah plastik. Kandungan berat aspal 6% adalah yang paling efektif. Tes ekstraksi mengungkapkan bahwa tidak ada perbedaan yang terlihat antara lapangan dan campuran rencana. Nilai IRI untuk kondisi perkerasan masing-masing adalah <4 dan 4 sampai 8 [5], Penggunaan PVC Sebagai Bahan Tambah Pada Beton Aspal menunjukkan bahwa penggunaan PVC dari pipa air sebagai bahan tambah pada beton menghasilkan nilai densitas yang tidak beraturan, nilai *Marshall Quotient (MQ)* dan stabilitas yang menurun, *flow* dan *Void In The Mix (VITM)* yang meningkat dan nilai *Void Fill With Asphalt (VFWA)* yang menurun. Campuran dengan variasi aspal 5,5% dan PVC 4% serta aspal 6% dan PVC 4% dan 8% mencapai aspal tertinggi [6], Pengaruh Penambahan Plastik High Density Polyethylene Pada Lapisan Perkerasan Aspal Beton AC-BC menunjukkan nilai Kadar Aspal Optimum (KAO) masing-masing 5,9%, 5% dan 5,8% dengan 3% dan 6% campuran aspal biji plastik HDPE memenuhi Spesifikasi Bina Marga revisi III 2010. Hasil uji *Marshall* dianalisis dan nilai parameter karakteristik untuk ditentukan menjadi: *VIM* (4,46%), *VMA* (16,42%), *VFB* (72,78%), stabilitas (1155kg), *flow* (3,56mm) dan *MQ* (325 kg/mm); campuran aspal plastik HDPE 6% yang terdiri dari *VIM* (3,71%), *VMA* (15,60%), *VFB* (76,28%), stabilitas (1408 kg), *flow* (3,71 mm) dan *MQ* (379,60 kg/mm) dan 3% *VIM* (3,98%), *VMA* (14,67%), *VFB* (72,88%), stabilitas (1417 kg), *flow* (3,49 mm) dan *MQ* (406 kg/mm). Secara keseluruhan, nilai stabilitas naik diatas nilai aspal normal ketika kandungan plastik HDPE ditambahkan 3% atau 6% [7], Pengaruh Penambahan Limbah Serbuk PVC Pada Campuran Laston Lapis Aus diperoleh kesimpulan benda uji campuran aspal konvensional memiliki *MQ* 825,769 kg/mm, *VIM* 6,8%, *VFA* dan *VMA* masing-masing 77,88% dan 19,475%. Sementara itu, benda uji ditambah limbah PVC dengan kadar 2%, 4%, dan 6% secara terpisah memiliki nilai *MQ*, *VIM*, *VMA* dan *VFA* masing-masing adalah (734.180 kg/mm), (7,0%), (19.575%) dan (78.791%). (820,691 kg/mm), (6,9%), (19.213%) dan (85.657%). (1165.360 kg/mm), (6,7%), (19.352%) dan (84.782%). Nilai *MQ* dan *VFA* pada benda uji campuran aspal dengan tambahan limbah serbuk PVC cenderung lebih tinggi dibandingkan dengan benda uji campuran aspal konvensional, sedangkan pada nilai *VIM* dan *VMA* seluruh benda uji memiliki nilai cenderung fluktuatif dan tidak berbeda jauh. Seluruh benda uji telah memenuhi spesifikasi Bina Marga tahun 2018 [8], Pengaruh *Penetration Index* Terhadap Karakteristik *Marshall* Laston Menggunakan Limbah *Styrofoam* dan PVC dapat disimpulkan bahwa pemanfaatan limbah PVC dan limbah *styrofoam* mampu meningkatkan nilai indeks penetrasi yang berdampak signifikan terhadap karakteristik campuran laston [9], Pengaruh Penambahan Limbah Plastik Jenis *Thermosetting* terhadap Parameter *Marshall* Laston AC-WC menunjukkan bahwa jenis sampah plastik *Thermosetting* berpengaruh signifikan terhadap Aspal Campuran beton campuran panas AC-WC. Dengan demikian bahan tambah ini dapat dimanfaatkan sebagai pengganti agregat dalam lapisan laston AC-WC dengan kandungan bahan tambah dibatasi maksimal 10% dan optimal kadar aspal 5, 55%. Dengan demikian penelitian ini diharapkan dapat bermanfaat bagi industri dan masyarakat Semarang dalam kaitannya dengan pemanfaatan sampah plastik untuk jalan trotoar [10].

METODOLOGI

1. Persiapan Material

a. Agregat

Batu Sungai Jeneberang telah banyak digunakan sebagai bahan penelitian dikarenakan lokasinya dekat dengan kota Makassar dan akses menuju lokasi yang cukup bagus. Adapun lokasi agregat diperoleh dari Sungai

Jeneberang, Kecamatan Bili-bili, Kabupaten Gowa, Provinsi Sulawesi Selatan dan dapat dilihat pada Gambar di bawah ini.



Gambar 1. Peta Lokasi Pengambilan Material

b. Aspal Penetrasi 60/70

Aspal penetrasi 60/70 yang diperoleh dari balai pengujian dan penelitian aspal Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat (PUPR) Baddoka Makassar merupakan aspal yang digunakan untuk penelitian ini.

c. *Filler*

Dalam penelitian ini digunakan jenis *filler* yaitu semen Portland. Semen Portland yang digunakan adalah semen Tonasa dari Kabupaten Pangkep Provinsi Sulawesi Selatan.

d. Plastik *PVC*

Penelitian ini menggunakan plastik *PVC* berupa limbah atau *waste material* pipa *PVC* sebagai bahan tambah untuk pembuatan benda uji. Pipa *PVC* yang diperoleh dari pembangunan Perumahan Citra Pesona Indah berupa potongan-potongan sisa dari pemasangan instalasi air. Potongan pipa *PVC* tersebut terletak di sekitar pemasangan instalasi air yang menyebabkan potongan pipa *PVC* tersebut kotor, sehingga sebelum digunakan dalam penelitian dilakukan pembersihan terlebih dahulu. Selain itu, potongan pipa *PVC* tersebut masih berbentuk utuh sehingga untuk mencampurkannya dengan aspal harus diparut sehingga berbentuk butiran. Butiran hasil parutan pipa *PVC* kemudian disimpan pada plastik bersih agar menghindari bahan organik yang akan mencemari campuran beraspal. Bahan tambah plastik *PVC* siap digunakan dalam penelitian.



Gambar 2. Pengambilan Material Plastik PVC

2. Karakteristik Agregat, Aspal, *Filler* (Data Sekunder)

a. Karakteristik Agregat

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan oleh Sri Yuniarti (2020), diperoleh data karakteristik keausan agregat yaitu Fraksi A, Fraksi B, Fraksi C dan Fraksi D nilainya ialah 4,96%, 4,48%, 4,20%, 4,90%. Nilai tersebut mampu memenuhi ketentuan SNI 2471:2008 dengan nilai maksimalnya 40%. Untuk berat jenis dan penyerapan air agregat kasar diperoleh hasil untuk Bulk, SSD, Apparent dan Penyerapan yaitu 2,64%, 2,69%, 2,77%, 1,86% sedangkan nilai agregat halus untuk Bulk, SSD, Apparent dan Penyerapan ialah 2,58%, 2,61%, 2,66%, 1,11%. Hasil tersebut telah sesuai dengan SNI 1969:2008 untuk agregat kasar dan untuk agregat halus SNI 1970:2008 dengan minimal 2,5% untuk Bulk, SSD dan Apparent sedangkan untuk penyerapan ialah 3% maksimalnya. Untuk analisa saringan, telah melalui penyaringan dengan nomor saringan 1, $\frac{3}{4}$, $\frac{1}{2}$, $\frac{3}{8}$, 4, Nomor 8, Nomor 16, Nomor 30, Nomor 50, Nomor 100, Nomor 200. dan PAN. Hasilnya telah memenuhi SNI ASTM C 136:2012. Untuk material lolos saringan no. 200 diperoleh nilainya yaitu 8% dan mampu mencapai SNI ASTM C 117:2012 dengan nilai maksimalnya 10%. Untuk kadar lumpur agregat halus pada *Sand Equivalent* nilainya ialah 96,26% dan kadar lumpur nilainya ialah 3,74%, nilai ini juga telah memenuhi ketentuan SNI 03-4428-1997 dengan syarat yaitu nilai *sand equivalent* minimalnya ialah 60% dan kadar lumpurnya maksimal 5%. Pada pengujian partikel pipih nilai yang dihasilkan pada saringan $\frac{3}{4}$, $\frac{1}{2}$, dan $\frac{3}{8}$ ialah 7,97%, 8,99%, dan 4,81% sedangkan untuk partikel lonjong diperoleh hasil pada saringan $\frac{3}{4}$, $\frac{1}{2}$, dan $\frac{3}{8}$ dengan nilai 8,68%, 9,77% dan 7,89%, hasil tersebut telah mencapai standar ASTM D 4791-10 dengan maksimal persentasenya ialah 10%. Dan yang terakhir untuk kelekatan agregat terhadap aspal diperoleh nilai >98 dengan minimalnya yaitu 95% dan telah mencapai ketentuan SNI 2439-2011.

b. Karakteristik Aspal

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan oleh Sri Yuniarti (2020) pada pemeriksaan karakteristik aspal sebelumnya dapat dilihat bahwa telah memenuhi ketentuan SNI seperti pada pengetesan Penetrasi pada suhu 25°C dengan nilai 66,7 dan telah sesuai dengan SNI 2456-2011. Daktalitas pada suhu 25°C dengan nilai 150 cm dan telah sesuai dengan SNI 2432-2011. Titik lembek aspal dengan nilai 50,2°C dan telah sesuai dengan SNI 2434-2011. Titik nyala dengan nilai 240°C dan telah sesuai dengan SNI 2433-2011. Berat jenis dengan nilai 1.015 dan telah sesuai dengan SNI 2441-2011. Berat yang hilang nilainya adalah 0,434% dan telah sesuai dengan SNI 06-2441-1991. Dan yang terakhir pengujian Penetrasi pada suhu 25°C TFOT nilainya adalah 84,7% dan telah sesuai dengan SNI 2456-2011.

c. Karakteristik Berat Jenis *Filler*

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan pada pemeriksaan Berat Jenis *Filler* yang berupa semen PC yang dilakukan oleh Sri Yuniarti (2020) sebelumnya dapat dilihat bahwa pemeriksaan berat jenis *filler* semen diperoleh nilai 3,09% dan telah sesuai dengan SNI ASTM C 136:2012.

3. Komposisi Campuran

Komposisi campuran AC-BC yang digunakan adalah campuran aspal panas (*Hot mix*). Kadar aspal adalah salah satu faktor yang sangat penting diperhatikan dalam mencapai umur maksimum suatu jalan, oleh karena itu pada

pengujian ini digunakan kadar aspal 5% karena mampu mengikat aspal dan agregat dengan baik. Jika kadar aspal terlalu tinggi akan menyebabkan kerusakan berupa jalan yang bergelombang. Selanjutnya dilakukan penambahan parutan pipa *PVC* ke dalam komposisi campuran *AC-BC* yang menggunakan kadar aspal 5%. Komposisi campuran dengan penambahan limbah plastik *PVC* dapat dilihat dalam Tabel 2 berikut:

Tabel 1. Komposisi Campuran dengan Limbah Plastik *PVC*

Komposisi Campuran	Berat Campuran (gr)				
	0%	1%	2%	3%	4%
Agregat Kasar	518.20	518.20	518.20	518.20	518.20
Agregat Halus	555.30	555.30	555.30	555.30	555.30
Filler	66.50	66.50	66.50	66.50	66.50
Aspal	60.00	60.00	60.00	60.00	60.00
Bahan tambah Plastik <i>PVC</i>	0	0.60	1.20	1.80	2.40
Total	1200	1200.60	1201.20	1201.80	1202.40

HASIL ANALISIS

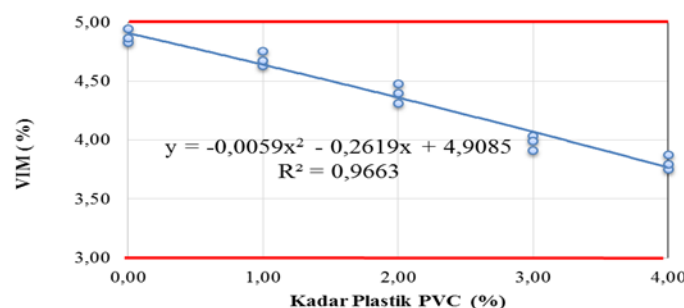
1. Karakteristik dan Analisis Marshall Konvensional Campuran *AC-BC*

a. *VIM*

Berikut ini adalah hasil uji karakteristik nilai *VIM* yang dapat dilihat pada Tabel 3 serta Gambar 3 dibawah ini:

Tabel 3. Hasil Uji Karakteristik Nilai *VIM*

Kadar Plastik <i>PVC</i> (%)	0.00	1.00	2.00	3.00	4.00
<i>VIM</i>	4.828	4.753	4.477	4.034	3.752
	4.947	4.633	4.395	3.911	3.875
	4.866	4.672	4.314	3.993	3.794
Rata-Rata	4.880	4.686	4.395	3.979	3.807
Persyaratan	3 – 5 %				



Gambar 3. Grafik Hubungan *VIM* dengan Kadar Plastik *PVC*

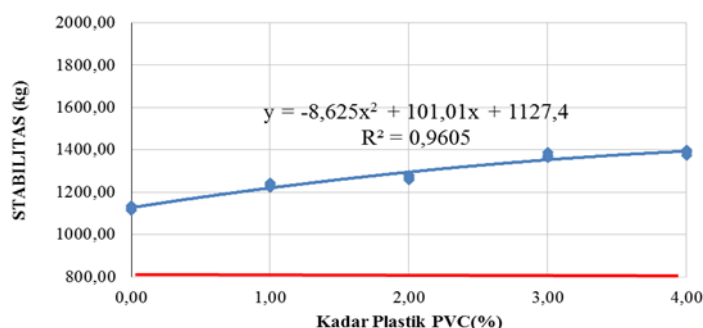
Dengan menggunakan kadar plastik *PVC* 0% - 4% diperoleh nilai *VIM* untuk kadar 0% diperoleh nilai 4.880, kadar 1% diperoleh nilai *VIM* 4.686, kadar 2% diperoleh nilai *VIM* 4.395, untuk kadar 3% diperoleh nilai *VIM* 3.979, dan untuk kadar 4% diperoleh nilai *VIM* 3,807. Nilai *VIM* dengan kadar plastik *PVC* 0%, 1%, 2%, 3% dan 4% telah memenuhi persyaratan yang ditetapkan Direktorat Jendral Bina Marga 2018. Dari grafik diatas dapat ditarik kesimpulan bahwa nilai *VIM* semakin menurun dengan bertambahnya kandungan plastik *PVC*. Hal ini disebabkan kandungan plastik yang meningkat akan mengisi rongga campuran sehingga mengakibatkan berkurangnya bitumen pada rongga-rongga yang tidak terisi.

b. Stabilitas

Berikut ini adalah hasil uji karakteristik nilai stabilitas yang dapat dilihat pada Tabel serta Gambar dibawah ini:

Tabel 4. Hasil Uji Karakteristik Nilai Stabilitas

Kadar Plastik <i>PVC</i> (%)	0.00	1.00	2.00	3.00	4.00
	1137,15	1220,94	1268,82	1361,96	1386,95
Stabilitas	1125,18	1232,91	1280,79	1386,95	1374,45
	1113,21	1244,88	1256,85	1374,45	1399,44
Rata-rata	1125,18	1232,91	1268,82	1374,45	1386,90
Persyaratan	Min 800 kg				



Gambar 4. Grafik Hubungan Stabilitas dengan Kadar Plastik *PVC*

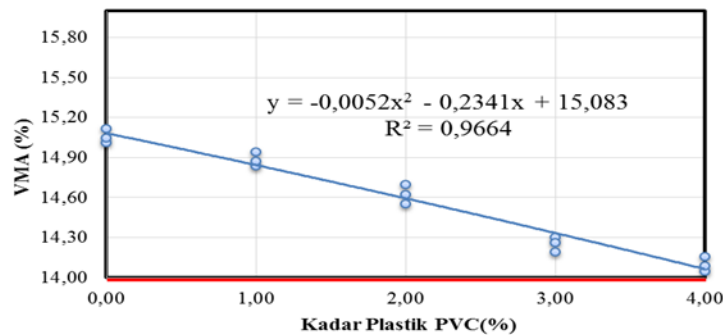
Dengan menggunakan kadar plastik *PVC* 0% - 4% diperoleh nilai Stabilitas untuk kadar 0% sebesar 1125,18, kadar 1% diperoleh nilai stabilitas sebesar 1232,91, kadar 2% diperoleh nilai stabilitas sebesar 1268,82, untuk kadar 3% diperoleh nilai stabilitas sebesar 1374,45 dan untuk kadar 4% diperoleh nilai stabilitas sebesar 1386,90. Dengan demikian nilai Stabilitas dengan kadar plastik *PVC* 0%, 1%, 2%, 3%, dan 4% memenuhi persyaratan yang telah dikeluarkan oleh Direktorat Jenderal Bina Marga 2018. Pada kandungan plastik *PVC* 4%, nilai stabilitas paling tinggi yaitu 1386,90. Stabilitas akan meningkat sebanding dengan jumlah aditif plastik *PVC* yang digunakan.

c. VMA

Berikut ini adalah hasil uji karakteristik nilai *VMA* yang dapat dilihat pada Tabel serta Gambar dibawah ini:

Tabel 5. Hasil Uji Karakteristik Nilai *VMA*

Kadar Plastik PVC (%)	0.00	1.00	2.00	3.00	4.00
VMA	15,01	14,94	14,70	14,30	14,05
	15,12	14,84	14,62	14,19	14,16
	15,04	14,87	14,55	14,26	14,09
Rata-rata	15,06	14,88	14,62	14,25	14,10
Persyaratan	Min 14 %				



Gambar 5. Grafik Hubungan VMA Dengan Kadar Plastik PVC

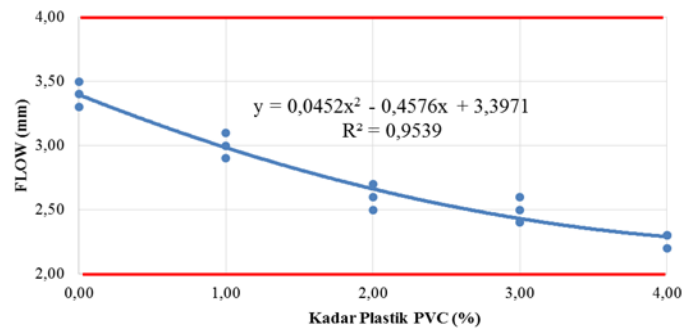
Dengan menggunakan kadar plastik PVC 0% - 4% diperoleh nilai VMA antara 15,06 - 14,10. Nilai VMA dengan kadar plastik PVC 0%, 1%, 2%, 3% dan 4% memenuhi persyaratan yang ditetapkan Spesifikasi Umum Bina Marga 2018. Nilai VMA menurun dengan meningkatnya kandungan plastik PVC karena aspal masuk mengisi rongga agregat sehingga mengurangi volume rongga pada butir agregat.

d. Flow

Berikut ini adalah hasil uji karakteristik nilai Flow yang dapat dilihat pada Tabel serta Gambar dibawah ini:

Tabel 6. Hasil Uji Karakteristik Nilai Flow

Kadar Plastik PVC (%)	0.00	1.00	2.00	3.00	4.00
Flow	3,50	3,10	2,70	2,60	2,30
	3,30	2,90	2,50	2,40	2,30
	3,40	3,00	2,60	2,50	2,20
Rata-rata	3,40	3,00	2,60	2,50	2,27
Persyaratan	2 - 4 (mm)				



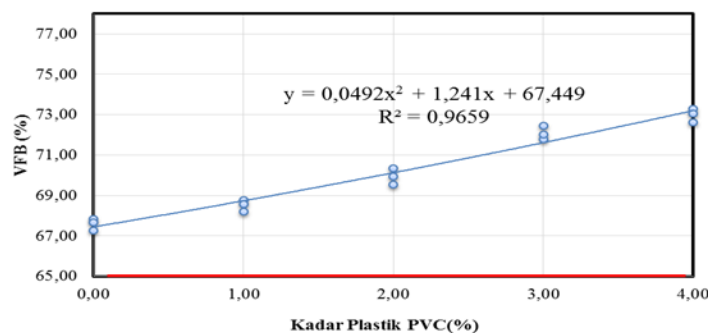
Gambar 6. Grafik Hubungan *Flow* Dengan Kadar Plastik PVC

Dengan menggunakan kadar plastik PVC 0% - 4% diperoleh nilai *Flow* antara 3,40, pada kadar 1% diperoleh nilai *Flow* sebesar 3,00, pada kadar 2% diperoleh nilai *Flow* sebesar 2,60, pada kadar 3% diperoleh nilai *Flow* sebesar 2,50, dan pada kadar 4% diperoleh nilai *Flow* sebesar 2,27. Nilai *Flow* yang menggunakan bahan tambah plastik PVC dengan kadar 0%-4% telah memenuhi Spesifikasi Umum 2018. Nilai *flow* menurun seiring dengan banyaknya kadar plastik PVC yang digunakan. Jumlah bahan tambah plastik PVC berbanding terbalik dengan nilai *flow*. Hal ini dikarenakan bahan tambah plastik PVC yang meleleh pada suhu tinggi sehingga menyebabkan plastik cepat mengeras dan menjadi kaku saat mengeras sehingga mengurangi nilai kelenturannya.

e. VFB

Berikut ini adalah hasil uji karakteristik nilai VFB yang dapat dilihat pada Tabel serta Gambar dibawah ini:

Kadar Plastik PVC (%)	0.00	1.00	2.00	3.00	4.00
VFB	67,84	68,19	69,54	71,79	73,29
	67,28	68,77	69,94	72,44	72,63
	67,66	68,58	70,35	72,01	73,07
Rata-rata	67,59	68,52	69,95	72,08	73,00
Persyaratan	Min 65 %				



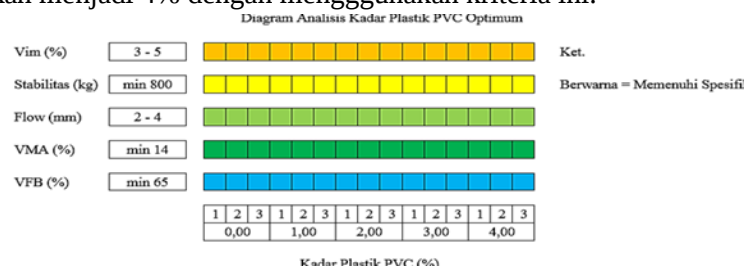
Gambar 7. Grafik Hubungan VFB Dengan Kadar Plastik PVC

Dengan menggunakan kadar plastik PVC 0% - 4% diperoleh nilai VFB antara 67,59 - 73,00. Nilai VFB dengan kadar plastik PVC 0%, 1%, 2%, 3% dan 4% memenuhi persyaratan sebagaimana tercantum dalam spesifikasi

Umum Bina Marga 2018 divisi 6. Dapat ditarik kesimpulan bahwa nilai *VFB* berbanding lurus dengan nilai kandungan plastik *PVC*. Dimana aspal akan sepenuhnya mengisi rongga agregat dan campuran.

2. Kadar Plastik Optimum

Tingkat praktis dalam campuran beton aspal dapat ditentukan dengan menggunakan tabel dan grafik Marshall konvensional. Kadar tersebut merupakan kadar plastik *PVC* yang memenuhi semua kriteria atau karakteristik Marshall dan berkisar antara 0% hingga 4% untuk *AC-BC*. Karena *AC-BC* adalah jenis campuran aspal yang digunakan sebagai lapisan pengikat atau lapisan pendukung yang harus memberikan dukungan yang kuat untuk lapisan di atasnya, maka tingkat plastik *PVC* dengan nilai stabilitas tertinggi ditentukan dari lapisan *AC-BC*. Padahal stabilitas lapisan *AC-BC* diperlukan untuk menahan beban lalu lintas yang disalurkan melalui roda kendaraan yang tidak berhubungan langsung dengan cuaca. Dengan demikian, kandungan plastik *PVC* campuran *AC-BC* ditentukan menjadi 4% dengan menggunakan kriteria ini.



Gambar 8. Diagram Kadar Plastik PVC Optimum

3. Stabilitas Marshall Sisa

Dengan menggunakan kadar bahan tambah plastik *PVC* 4% melalui pengujian Marshall Immersion didapatkan nilai Stabilitas 1323,48. Nilai stabilitas hasil pengujian *Marshall* Konvensional dan *Marshall* Immersion kemudian dibandingkan untuk mendapatkan nilai Stabilitas *Marshall* Sisa yang dapat dilihat pada Tabel 8.

Tabel 8. Stabilitas *Marshall* Sisa

Persyaratan	Stabilitas		Stabilitas Marshall Sisa (%)
Kadar Plastik PVC (%)	Konvensional	Immersion	
4	1386,95	1309,00	94,38
4	1374,45	1324,47	96,36
4	1399,44	1336,97	95,54
Rata-rata	1386,90	1323,48	95,43

KESIMPULAN

Hasil karakteristik campuran *AC-BC* yang menggunakan bahan tambah plastik *PVC* melalui pengujian Marshall konvensional diperoleh karakteristik *VIM*, Stabilitas, *VMA*, *Flow*, *VFB* memenuhi Spesifikasi Umum Bina Marga. Dengan pengujian *Marshall Immersion* diperoleh nilai Stabilitas *Marshall* Sisa sebesar 96,53% pada kadar bahan tambah plastik *PVC* 4%. Pengaruh penambahan bahan tambah plastik *PVC* pada campuran *AC-BC* melalui karakteristik *Marshall* konvensional yaitu meningkatkan nilai Stabilitas dan *VFB*, serta menurunkan nilai *VIM*, *VMA*, dan *Flow*.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] S. Yunarti, R. Rachman and Alpius, "Studi Karakteristik Campuran AC-BC Berdasarkan Limbah Kantong Plastik Sebagai Bahan Tambah," Paulus Civil Engineering Journal, vol. 2, no. 2, pp. 70-76, 2020. DOI: <https://doi.org/10.52722/pcej.v2i2.135>
- [2] D. Pagewang, R. Rachman and Alpius, "Pengaruh Penggunaan Limbah Kantong Plastik Sebagai Bahan Tambah Dalam Campuran AC-BASE," Paulus Civil Engineering Journal, vol. 2, no. 2, pp. 97-102, 2020. DOI: <https://doi.org/10.52722/pcej.v2i2.131>
- [3] F. Tandiayu, R. Mangontan and Alpius, "Karakteristik Campuran AC-WC Menggunakan Batu Sungai Sangtanete Dan Bahan Tambah Kantong Plastik," Paulus Civil Engineering Journal, vol. 4, no. 1, pp. 126-132, 2022. DOI: <https://doi.org/10.52722/pcej.v4i1.385>
- [4] A. D. Sandabunga, N. Ali, dan R. Rachman, "Karakteristik Campuran SMA Kasar Menggunakan Batu Sungai Sa'dan Kecamatan Sesean Toraja Utara," Paulus Civ. Eng. J., vol. 2, no. 4, hlm. 282–288, 2020.
- [5] S. B. Mallua', R. Rachman, dan Alpius, "Pemanfaatan Agregat Sungai Masanda dalam Campuran AC – WC dengan Bahan Pengisi Abu Buah Aren," Paulus Civ. Eng. J., vol. 4, no. 3, hlm. 401–410, 2022, doi: 10.52722/pcej.v4i3.504.
- [6] D. Banggalino, R. Rachman, dan Alpius, "Karakteristik Campuran Stone Matrix Asphalt Kasar dengan Bahan Tambah Kadar Ban Bekas," Paulus Civ. Eng. J., vol. 4, no. 3, hlm. 452–460, 2022, doi: 10.52722/pcej.v4i3.521.
- [7] S. Arif, "Alternatif Penggunaan Plastik Polypropylene pada campuran aspal," Jurnal Civil La, vol. 3, no. 1, pp. 140-145, 2018. DOI: <https://doi.org/10.30736/cvl.v3i1.221>
- [8] I. Susanto and N. Suaryana, "Evaluasi Kinerja Campuran Beraspal Lapis Aus (AC-WC) dengan Bahan Tambah Limbah Plastik Kresek," Jurnal Aplikasi Teknik Sipil, vol. 17, no. 2, pp. 27-36, 2019. DOI: <http://dx.doi.org/10.12962/j2579-891X.v17i2.4980>
- [9] R. Rachman, "Bidang Transportasi," dalam Pengembangan Teknologi dan Inovasi di Era Revolusi 4.0 (Konsep dan Penerapan), Kota Makassar: Tohar Media, 2021, hlm. 39–50.
- [10] J. S. Linggo and J. Y. Kurniawan, "Penggunaan PVC Sebagai Bahan Tambah Pada Beton Aspal," Jurnal Teknik Sipil, vol. 13, no. 3, pp. 190-195, 2015. DOI: <https://doi.org/10.24002/jts.v13i3.875>
- [11] R. W. Eriyono and I. H. Puspito, "Pengaruh Penambahan Plastik High Density Polyethylene Pada Lapisan Perkerasan Aspal Beton AC-BC," Jurnal Infrast, vol. 3, no. 2, pp. 115-126, 2017. DOI: <https://doi.org/10.35814/infrastruktur.v3i2.712>
- [12] R. F. Rasul and Y. A. Sari, "Pengaruh Penambahan Limbah Serbuk PVC Pada Campuran Laston Lapis Aus," Jurnal Ilmiah Rekayas Sipil, vol. 19, no. 2, pp. 127-135, 2022. DOI: <https://doi.org/10.30630/jirs.v19i2.822>
- [13] R. Yuniarti and I. D. M. A. Karyawan, "Pengaruh Penetration Index Terhadap Karakteristik Marshall Laston Menggunakan Limbah Styrofoam dan PVC," Jurnal Teknik Sipil Siklus, vol. 7, no. 1, pp. 71-79, 2021. DOI: <https://doi.org/10.31849/siklus.v7i1.6060>
- [14] Kusdiyono, Supriyadi and T. M. Sukoyo, "Pengaruh Penambahan Limbah Plastik Jenis Thermosetting terhadap Parameter Marshall Laston AC-WC," Wahana Teknik Sipil, vol. 24, no. 2, pp. 166-179, 2019. DOI: <http://dx.doi.org/10.32497/wahanats.v24i2.1733>
- [15] R. Rachman, "Inovasi Teknologi Bahan Konstruksi," dalam Teknologi Bangunan dan Material, Makassar: Tohar Media, 2021, hlm. 11–21