

Pengaruh Abu Limbah Rak Telur Sebagai Substitusi *Filler* Dalam Campuran Laston AC-WC

James William Palayukan^{*1}, Alpius^{*2}, Charles Kamba^{*3}

^{*1} *Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil, Universitas Kristen Indonesia Paulus Makassar, Indonesia jameswilliampps@gmail.com*

^{*2,3} *Dosen Program Studi Teknik Sipil, Universitas Kristen Indonesia Paulus Makassar, Indonesia² alpiusnini@gmail.com^{*2} dan kamba.charles@gmail.com^{*3}*

Corresponding Author: kamba.charles@gmail.com

Abstrak

Penelitian ini dimaksudkan untuk mengetahui karakteristik campuran laston AC-WC dengan penambahan abu rak telur sebagai bahan substitusi *filler* semen dalam campuran laston AC-WC.

Metode dalam penelitian ini adalah melakukan serangkaian pengujian yaitu pengujian karakteristik abu rak telur dimana karakteristik abu rak telur yang dimaksud yaitu pemeriksaan berat jenis abu rak telur. Kemudian merancang komposisi campuran laston AC-WC serta pengujian *Marshall* untuk mendapatkan karakteristik campuran laston AC-WC dengan penambahan abu rak telur sebagai bahan substitusi *filler* semen, dengan komposisi kadar abu rak telur 0%, 25%, 75%, dan 100% dengan menggunkan Spesifikasi Umum Bina Marga tahun 2018. Pada kadar abu rak telur 0% dan 25% nilai stabilitas, *flow* VIM, VMA, VFB memenuhi spesifikasi. Pada kadar abu 50% Stabilitas, *flow*, VIM, VFB memenuhi spesifikasi, sementara VMA tidak memenuhi. Pada kadar abu 75% dan 100% nilai stabilitas, VIM, VFB memenuhi spesifikasi, sedangkan *flow* dan VMA tidak memenuhi. Karakteristik campuran Laston AC-WC dengan substitusi *filler* abu rak telur dengan semen hanya pada kadar abu 25% yang memenuhi Spesifikasi Umum Bina Marga tahun 2018.

Kata kunci: Substitusi *Filler*, Laston AC-WC, Abu rak telur

Abstract

This study was intended to determine the characteristics of the mixture of worn-out concrete with the addition of egg rack ash as a substitute for cement filler in the mixture of worn-out concrete.

The method in this research is to carry out a series of tests, namely testing the characteristics of egg tray ash where the characteristics of egg tray ash are checking the specific gravity of egg tray ash. Then designing the composition of the worn-out lastton mixture and Marshall testing to get the characteristics of the worn-out laston mixture with the addition of egg tray ash as a cement filler substitution, with a composition of 0%, 25%, 75%, and 100% egg tray ash content using General Specifications of Bina Marga 2018. At 0% and 25% egg tray ash content, the stability, flow, VIM, VMA, VFB values met the specifications. At 50% ash content Stability, flow, VIM, VFB meet the specifications, while VMA does not meet. At 75% ash content and 100% stability value, VIM, VFB met the specifications, while flow and VMA did not meet the specifications. The characteristics of the worn layer Laston mixture with the substitution of egg tray ash filler with cement only at a 25% ash content that meets the General Specifications of Bina Marga 2018.

Keywords: *Filler Substitution, Wear Layer Laston, Egg tray Ash*

PENDAHULUAN

Jalan raya adalah suatu prasarana yang akan mempermudah transportasi masyarakat dari satu tempat ke tempat lain. Oleh karena itu, lapisan perkerasan jalan harus dirancang untuk menunjang keamanan dan kenyamanan masyarakat dalam bertransportasi.

Adapun jenis lapisan beton aspal campuran panas, yaitu lapisan laston sebagai lapisan aus, yang disebut AC-WC, lapisan ini terhubung langsung dengan roda atau ban kendaraan yang dirancang untuk tahan terhadap perubahan cuaca, tekanan roda kendaraan, gaya geser, serta memberikan lapisan kedap air.

Pembangunan prasarana jalan yang semakin banyak, menyebabkan ketergantungan bahan penggisi *filler* semen pada campuran LASTON AC – WC dapat merusak alam akibat dipergunakan terus menerus, karena *filler* semen merupakan material dari bahan – bahan yang tergolong dari sumber daya alam yang tidak bisa diperbarui, sedangkan persediaan bahan baku pembuatan semen di alam semakin sedikit. Bahan yang banyak terbuang atau tidak digunakan lagi dan tidak dimanfaatkan dengan optimal, terutama di pasar-pasar tradisional yaitu rak telur yang sudah rusak, atau sobek. Jika tidak digunakan lagi, rak telur hanya dibakar atau dibuang begitu saja. Hal ini tentu saja dapat merusak dan merugikan lingkungan, terutama apabila dibuang di sembarangan tempat yang mengakibatkan penumpukan sampah.

Adapun upaya untuk meminimalisir penggunaan semen dalam campuran LASTON AC-WC yaitu dengan mengurangi penggunaan semen pada campuran LASTON AC-WC. Dalam penelitian ini digunakan abu rak telur sebagai pengganti *filler* semen pada campuran LASTON AC-WC. Di penelitian ini menggunakan abu rak telur yang disubstitusikan dengan semen dengan komposisi 100%:0%, 75%:25%, 50%:50%, 25%:75% dan 0%;100% dari berat *filler* semen yang menggunakan batu Sungai Bittuang, Tana Toraja.

Hasil dari karakteristik aspal, agregat, dan *filler* semen diambil dari pengujian sebelumnya sebagai data sekunder, yang menjadi data primer yaitu karakteristik campuran melalui pengujian *marshall* dan karakteristik abu rak telur.

Material bahan konstruksi dalam dekade terakhir ini sangat berkembang, ini terlihat dari jumlah peneliti maupun ilmuwan mengeksplorasi pengetahuan di bidang material utama dalam pembangunan bidang infrastruktur [1]

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui karakteristik *Marshall* campuran LASTON AC-WC yang memakai batu sungai Bittuang dan abu rak telur sebagai bahan substitusi *filler* dan untuk mengetahui ada atau tidaknya pengaruh abu rak telur sebagai bahan substitusi *filler* pada campuran LASTON AC-WC yang menggunakan batu sungai Bittuang.

Pada penelitian ini terdapat beberapa jurnal atau penelitian terkait salah satunya Karakteristik Campuran Laston Lapis Antara Menggunakan Abu Rak telur Sebagai Bahan Substitusi *Filler* pada penelitian ini pengaruh Abu Rak telur pada substitusi *filler* 25% dan 50% sangat berpengaruh terhadap stabilitas, VIM, VMA, *flow*, VFB. Tetapi kadar abu 75% dan 100% mengakibatkan agregat sulit untuk mengikat [1]. Pada penelitian ini data sekunder di ambil pada penelitian Nilamsari Wendani “Pemanfaatan Limbah *Styrofoam* Sebagai Bahan Tambah Campuran AC-BC yang Menggunakan Sungai Bittuang” komposisi campuran yang dipakai agregat dari sungai Bittuang, dengan agregat kasar 36,90%, agregat halus 50,30%, *filler* 5,80% dengan 7% kadar aspal optimum. Hasil pengujian karakteristik campuran melalui pengujian di peroleh nilai karakteristik campuran beraspal yang memenuhi spesifikasi stabilitas, *flow*, VIM, VFB, sedangkan VMA tidak memenuhi syarat spesifikasi pada kadar Aspal 5%[2]. Pada penelitian berikutnya “Pemanfaatan Agregat Sungai Lamasi Kabupaten Luwu Sebagai Campuran Lapisan Aspal Beton AC-WC” mendapatkan nilai Pengujian *marshall immersion* campuran laston AC-WC dengan kadar aspal optimum 7,50 % diperoleh Indeks Perendaman (IP)/Indeks Kekuatan Sisa (IKS) 95,37%, memenuhi persyaratan Spesifikasi Umum 2018[3]. Penelitian lainnya “Pemanfaatan Agregat Sungai Mawa Kecamatan Cendana Dalam Campuran AC-WC) pada penelitian ini Nilai Karakteristik Agregat Batu Sungai Mawa serta Aspal

penetrasi 60/70 untuk campuran AC-WC memenuhi Standar Bina Marga[4]. Penelitian selanjutnya “Pemanfaatan Agregat Sungai Mawa Kecamatan Cendana Dalam Campuran AC-WC” hasil data penggunaan abu jerami padi pada campuran 0%-15% dari berat semen berdampak pada penurunan nilai kuat beton [5]. Data Sekunder yang sama juga digunakan pada penelitian “Pengaruh Penambahan Limbah *Styrofoam* Terhadap Campuran AC-WC Menggunakan Agregat Sungai Bittuang.” Diperoleh hasil penelitian stabilitas, *flow*, VIM, VMA, VFB memenuhi spesifikasi, menghasilkan jumlah aspal yang optimal[6]. Penelitian sejenisnya “Pemanfaatan limbah *stryofoam* sebagai bahan tambah campuran AC-BC yang menggunakan sungai Bittuang” didapatkan hasil stabilitas, *flow*, VFB, VIM, VMA memenuhi spesifikasi.[7]. Penelitian berikutnya “Pengaruh Penggunaan Substitusi Filler Serbuk Kayu Pada Campuran Lapisan Aspal Beton” Komposisi terbaik untuk variasi *filler* ASK dengan kombinasi substitusi terbaik yaitu pada variasi *filler* ASK 5% dengan nilai stabilitas 1312,42 kg[8]. Penelitian lainnya “Pemanfaatan Abu Bata Merah Sebagai Pengganti *Filler* Pada Campuran Aspal Beton Laston” Menunjukkan Abu Bata Merah sebagai pengganti *filler* untuk kadar aspal 5% dapat digunakan sebagai pengganti *filler* untuk campuran aspal beton.[9]. Dan penelitian terakhir “Kadar Aspal Optimum Laston Lapis Aus Menggunakan Abu Jerami Sebagai Pengganti *Filler*”. Karakteristik campuran laston lapis AC-WC yang memakai batu sungai Tiakka dan abu Jerami sebagai bahan pengganti filler dibandingkan dengan spesifikasi Bina marga 2018 maka campuran karakteristik stabilitas, *flow*, VIM, dan VFB memenuhi spesifikasi dan VMA yang menggunakan kadar 5,0%-5,5% tidak memenuhi spesifikasi, sedangkan 6,0%-7,0% memenuhi spesifikasi[10].

METODOLOGI PENELITIAN

1. Lokasi Pengambilan Material

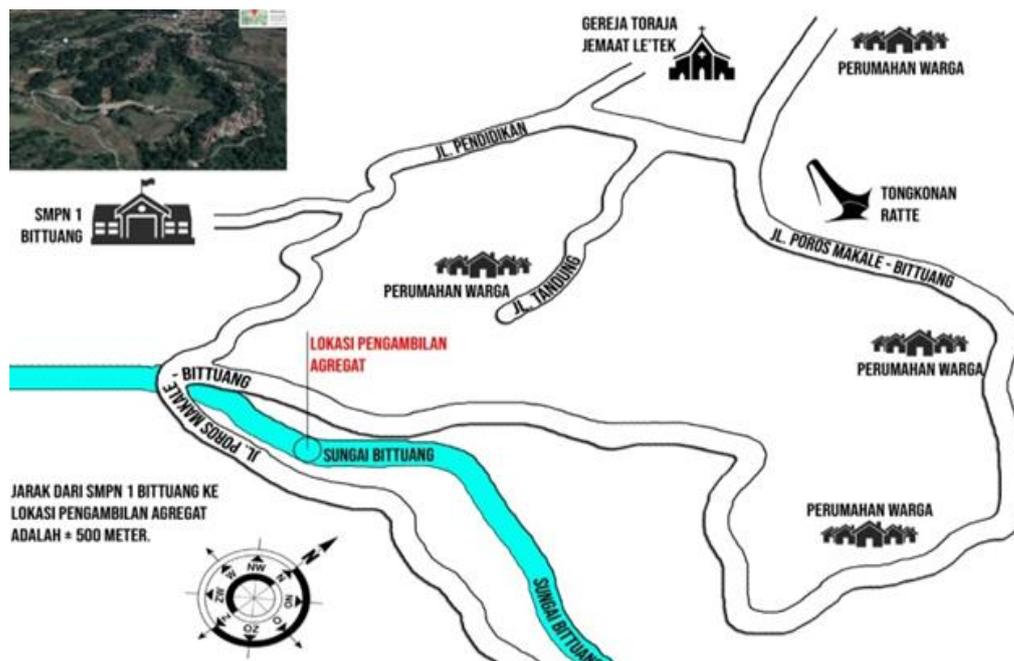
Agregat yang digunakan berada di Sungai Bittuang Kec. Bittuang, Kabupaten Tana Toraja, dimana material yang diambil berupa agregat kasar dan agregat halus. Batu yang sudah terkumpul akan di pecah – pecahkan sehingga menjadi agregat, dan akan diuji di laboratorium jalan dan aspal Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Kristen Indonesia Paulus Makassar.

2. Komposisi Campuran AC-WC

Material dan Bahan yang akan digunakan untuk campuran aspal beton adalah :

- a. Agregat yang diambil dari Sungai Bittuang, Tana Toraja.
- b. Bahan pengikat yaitu Aspal (aspal penetrasi 60/70).
- c. Bahan substitusi *filler* abu rak telur.
- d. Semen sebagai bahan pengisi *filler*
- e. Pada penelitian ini menggunakan kadar aspal yaitu 5,0%.

Komposisi agregat menggunakan data sekunder untuk menentukan jumlah dari bitumen yang sesuai sehingga campuran dan komposisi aspal dapat diperoleh sesuai dengan standar spesifikasi.



Gambar 1. Lokasi pengambilan agregat ($2^{\circ}58'53.7''S$ $119^{\circ}40'23.7''E$)

3. Pemeriksaan Berat Jenis Abu Rak Telur

Untuk pemeriksaan karakteristik berat jenis *filler* mengacu pada SNI ASTM C136: 2012. Tujuan pengujian ini untuk menentukan berat jenis filler yang digunakan sebagai bahan pengisi dalam campuran aspal.

4. Pembuatan Benda Uji Untuk Campuran Laston AC-WC

Benda uji yang digunakan dalam pengujian Marshall ini berjumlah 15 buah. Bahan yang digunakan pada campuran LASTON AC - WC memenuhi spesifikasi. Komposisi campuran yang digunakan dalam penelitian ini berdasarkan gradasi 2018 Divisi 6 Spesifikasi Umum 2018.

Tabel 1. Rancangan Jumlah Benda Uji Campuran

Kadar Aspal (%)	Kadar Abu Rak Telur (%)	LASTON AC - WC
		Jumlah Benda Uji Pengujian <i>Marshall</i> Konvensional
5.00	0	3
	25	3
	50	3
	75	3
	100	3
Jumlah		15

5. Persiapan Sampel Campuran AC-BC

Persiapan material adalah agregat yang dikumpulkan dari sungai Bittuang, Tana Toraja dan dipecahkan menjadi beberapa ukuran agregat sesuai kebutuhan di Lab Aspal UKI Paulus sesuai standar dan kebutuhan campuran AC-WC.

6. Pemeriksaan/Pengujian Campuran AC-WC Untuk Tes Marshall Konvensional

Dalam penelitian ini akan diketahui pengaruh kadar abu rak telur terhadap karakteristik campuran dengan melihat pada setiap kadar abu rak telur, dengan melihat nilai stabilitas, *flow*, VIM, VMA, dan VFB mengalami kenaikan atau penurunan pada setiap kadarnya melalui pengujian marshall. Sehingga bisa membandingkan campuran yang menggunakan abu rak telur dan yang tidak menggunakan abu rak telur sebagai bahan substitusi *filler*.

ANALISA DAN PEMBAHASAN

1. Karakteristik *Filler* Abu Rak Telur

Dari hasil pengujian berat jenis *filler* dapat dilihat bahwa nilai berat jenis abu rak telur yaitu 0,48. Pada Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 tidak mencantumkan nilai batasan untuk berat jenis *filler*. *Filler* yang digunakan adalah Abu Rak Telur.

2. Karakteristik campuran

a. Analisis terhadap Stabilitas

Diperoleh nilai stabilitas untuk kadar abu rak telur 0% sebesar 1430,63 kg, untuk kadar abu rak telur 25% mengalami kenaikan sebesar 2268,00 kg, untuk kadar abu rak telur 50% mengalami kenaikan sebesar 2294,78 kg, untuk kadar abu rak telur 75% mengalami penurunan sebesar 1850,31 kg, dan untuk kadar abu rak telur 100% juga mengalami penurunan sebesar 1276,75 kg. Semua nilai stabilitas pada kadar abu rak telur 0% - 100% memenuhi Spesifikasi Umum Bina Marga Tahun 2018. Dari nilai stabilitas tertinggi diperoleh pada kadar abu rak telur 50% yaitu 2294,78 kg.

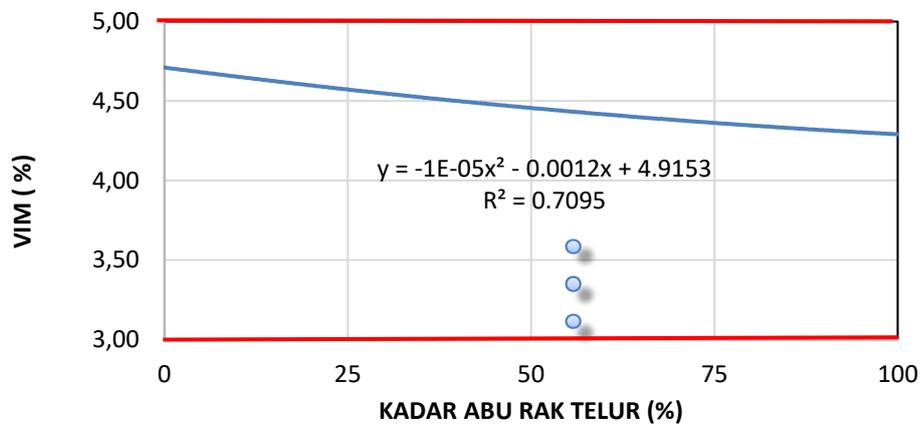


Gambar 2. Hubungan Antara Kadar Abu Rak Telur terhadap stabilitas

b. Analisa terhadap VIM (*Void in Mix*)

Dengan menggunakan satu kadar aspal yaitu 5,00% dan substitusi *filler* semen dengan kadar abu rak telur yaitu 0%, 25%, 50%, 75%, dan 100% diperoleh nilai VIM untuk kadar abu rak telur 0% didapatkan nilai sebesar 4,71%, untuk kadar abu rak telur 25% mengalami penurunan sebesar 4,58%, untuk kadar abu rak telur 50% mengalami penurunan sebesar 4,47%, untuk kadar abu rak telur 75% mengalami penurunan sebesar 4,34% dan untuk kadar abu rak telur 100% juga mengalami penurunan sebesar 4,30%. Semua nilai VIM dengan kadar abu rak telur 0% - 100% memenuhi spesifikasi Bina Marga. Dapat dilihat semakin tinggi

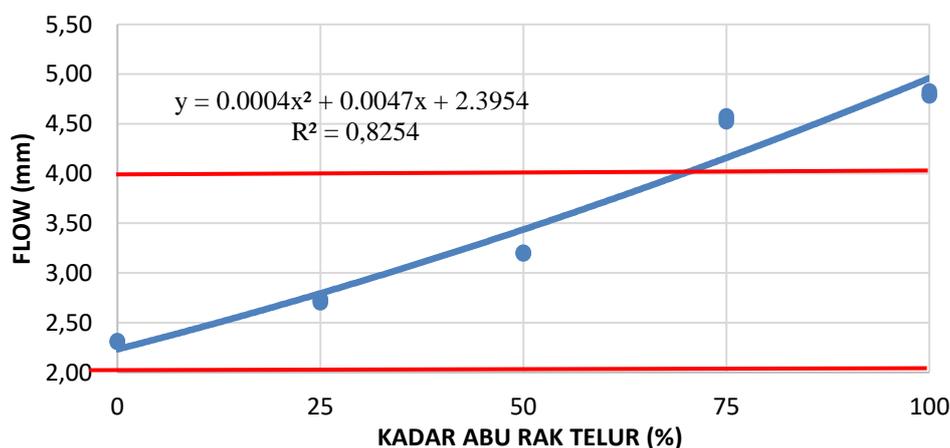
kadar abu rak telur, semakin rendah pula nilai VIM, begitupun sebaliknya, semakin rendah kadar abu rak telur semakin tinggi nilai VIM.



Gambar 3. Hubungan Antara Kadar Abu Rak Telur terhadap VIM

c. Analisa terhadap Flow

Dengan menggunakan satu kadar aspal yaitu 5,00% dan substitusi *filler* semen dengan kadar abu rak telur yaitu 0%, 25%, 50%, 75%, dan 100% diperoleh nilai *flow* untuk kadar abu rak telur 0% didapatkan nilai sebesar 2,31 mm, untuk kadar abu rak telur 25% mengalami kenaikan sebesar 2,72 mm, untuk kadar abu rak telur 50% mengalami kenaikan sebesar 3,20 mm, untuk kadar abu rak telur 75% mengalami penurunan sebesar 4,55 mm, dan untuk kadar abu rak telur 100% juga mengalami kenaikan sebesar 4,80 mm. Untuk nilai *flow* dengan kadar abu rak telur 0% - 50% memenuhi Spesifikasi Umum Bina Marga Tahun 2018 dan untuk nilai *flow* dengan kadar abu rak telur 75% dan 100% tidak memenuhi spesifikasi. Penggunaan rak abu rak telur yang meningkat maka rongga dalam campuran makin sedikit yang terisi oleh aspal.

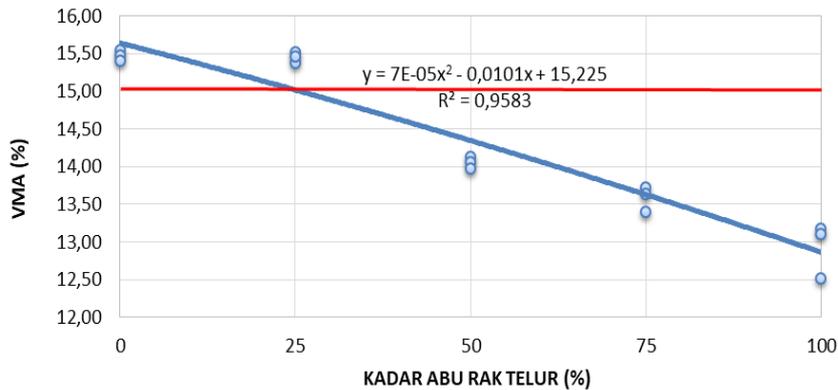


Gambar 4. Hubungan Antara Kadar Abu Rak Telur terhadap Flow

d. Analisa terhadap VMA (Void in Mineral Aggregate)

Dengan menggunakan satu kadar aspal yaitu 5,00% dan substitusi *filler* semen dengan kadar abu rak telur yaitu 0%, 25%, 50%, 75%, dan 100% diperoleh nilai VMA untuk kadar abu rak telur 0% didapatkan nilai sebesar 15,47%, untuk kadar abu rak telur 25% mengalami penurunan sebesar 15,44%, untuk kadar abu rak

telur 50% mengalami penurunan sebesar 14,05%, untuk kadar abu rak telur 75% mengalami penurunan sebesar 13,59%, dan untuk kadar abu rak telur 100% juga mengalami penurunan sebesar 12,93%. Untuk nilai VMA dengan kadar abu rak telur 0% dan 25% memenuhi Spesifikasi Umum Bina Marga Tahun 2018 dan untuk nilai VMA dengan kadar abu rak telur 50%, 75% dan 100% tidak memenuhi spesifikasi. Hal ini dipengaruhi oleh semakin banyak kadar abu rak telur yang digunakan, maka rongga agregat semakin kecil karena telah terisi oleh abu rak telur.



Gambar 5. . Hubungan Antara Kadar Abu Rak Telur terhadap VMA

e. Analisa terhadap VFB (Void Filled with Bitumen)

Dengan menggunakan satu kadar aspal yaitu 5,00% dan substitusi *filler* semen dengan kadar abu rak telur yaitu 0%, 25%, 50%, 75%, dan 100% diperoleh nilai VFB untuk kadar abu rak telur 0% didapatkan nilai sebesar 69,59%, untuk kadar abu rak telur 25% mengalami penurunan sebesar 68,47%, untuk kadar abu rak telur 50% mengalami penurunan sebesar 68,19%, untuk kadar abu rak telur 75% mengalami penurunan sebesar 68,08%, dan untuk kadar abu rak telur 100% juga mengalami penurunan sebesar 66,78%. Untuk nilai VFB dengan kadar abu rak telur 0%, 25%, 50%, 75, dan 100% memenuhi Spesifikasi Umum Bina Marga Tahun 2018. Penggunaan abu rak telur yang banyak mengurangi nilai VFB, karena kenaikan kadar abu menyebabkan rongga-rongga dalam campuran semakin sedikit.



Gambar 6. Hubungan Antara Kadar Abu Rak Telur terhadap VFB

3. Pengaruh Kadar Abu Rak telur Pada Campuran LASTON AC-WC

Pada kadar abu rak telur 0%-25% mengalami peningkatan, setelah itu di kada abu rak telur 50%, 75% dan 100% mengalami penurunan. Dari hasil penelitsn nilai stabilitas dari 0%-100% memenuhi Spesifikasi. Nilai *flow* mengalami peningkat dari 0%-100%, pada kadar abu rak telur 0%-50% memenuhi spesifikasi sedangkan pada kadar abu 75% dan 100% tidak memenuhi nilai spesifikasi. Kadar abu rak telur pada nilai VIM dan VFB 0%-100% memenuhi spesifikas, sedangkan nilai VMA kadar abu rak telur 0% dan 25% memenuhi Spesifikasi Umum Bina Marga Tahun 2018 dan untuk nilai VMA dengan kadar abu rak telur 50%, 75% dan 100% tidak memenuhi spesifikasi, hal ini dipengaruhi oleh semakin banyak kadar abu rak telur yang digunakan, maka rongga agregat semakin kecil karena telah terisi oleh abu rak telur.

KESIMPULAN

1. Hasil kadar abu rak telur 0%, 25% mendapatkan nilai stabilitas, flow, VIM, dan VMA yang memenuhi spesifikasi bina marga 2018. Kadar abu 50% mendapatkan nilai stabilitas, *flow*, VIM dan VFB. Kadar abu rak telur 75% memenuhi nilai stabilitas, VIM, dan VFB. Kadar abu rak telur 100% mendapatkan nilai stabilitas, VIM, dan VFB yang memenuhi speksifikasi. Pada Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat 2018, spesifikasi untuk campuran Laston AC-WC untuk nilai stabilitas min. 800 kg, nilai flow 2-4 mm, VIM 3-5%, VMA min. 15%, dan VFB min. 65%.
2. Adapun pengaruh bertambahnya kadar abu rak telur 25% masih memenuhi spesifikasi bina marga 2018. Tetapi kadar abu 50%, 75%, dan 100% tidak memenuhi standar spesifikasi karena kadar abu rak telur yang sama atau melebihi jumlah filler semen mengakibatkan banyaknya rongga agregat yang terisi oleh kadar abu rak telur sehingga sulitnya aspal mengikat agregat, yang menghasilkan kualitas campuran menurun.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] R. Rachman, "Inovasi Teknologi Bahan Konstruksi," in *Teknologi Bangunan dan Material*, Makassar, Tohar Media, 2021, pp. 11 - 20.
- [2] W. Nilamsari, Alpius and M. Selintung, "Studi Penggunaan Agregat Sungai Bittuang Sebagai Bahan Campuran AC-WC," *Jurnal Teknik Sipil UKI Paulus- Makassar*, vol. 2, no. 2, pp. 138-143, 2020.
- [3] M. B. I, R. Mangontan and Alpius, "Pemanfaatan Agregat Sungai Lamasi Kabupaten Luwu Sebagai Campuran Lapisan Aspal Beton AC-WC," *Jurnal Teknik Sipil UKI Paulus- Makassar*, vol. 2, no. 3, pp. 172-179, 2020.
- [4] S. I. Kondo, Alpius and Elisabeth, "Pemanfaatan Agregat Sungai Mawa Kecamatan Cendana Dalam Campuran AC-WC," *Jurnal Teknik Sipil UKI Paulus- Makassar*, vol. 2, no. 1, pp. 53-57, 2020.
- [5] E. S. Adytia and Kartikasari, "Pengaruh Penambahan Abu Sekam Padi Terhadap Kuat Tekan Beton," *Jurnal Civilla*, vol. 2, no. 2, 2017.
- [6] Jacksen, Rachman and Alpius, "Pengaruh Penambahan Limbah Styrofoam Terhadap Campuran AC-WC Menggunakan Agregat Sungai Bittuang," *Jurnal Teknik Sipil UKI Paulus- Makassar*, vol. 3, no. 3, pp. 290-297, 2021.
- [7] N. Sambo, R. Rachman and Alpius, "Pemanfaatan Limbah Styrofoam Sebagai Bahan Tambah Campuran AC-BC Yang Menggunakan Sungai Bittuang," *Jurnal Teknik Sipil UKI Paulus- Makassar*, vol. 3, no. 3, pp. 330-340, 2021.

- [8] C. Yuslinggan, Saleh and Anggraini, "Karakteristik Penggunaan Abu Serbuk Kayu Sebagai Substitusi Filler Dalam Campuran Laston Lapis Aus," *jurnal unsyiah*, 2018.
- [9] D. Bakarbesy, Y. Y and Pattireuw, "Pemanfaatan Abu Bata Merah Sebagai Pengganti Filler Pada Campuran Aspal Beton Laston," *Jurnal Portal Sipil*, vol. 8, no. 1, 2019.
- [10] Nikodemus, Rachman. and Alpius, "Kadar Aspal Optimum Laston Lapis Aus Menggunakan Abu Rak telur Sebagai Pengganti Filler" (Nikodemus, Rachman, Alpius, 2021) "Karakteristik campuran LASTON lapis aus yang menggunakan batu sungai Tiakka dan abu jerami sebagai bahan pengganti filler," *Jurnal Teknik Sipil UKI Paulus- Makassar*, vol. 3, no. 3, pp. 76-84, 2021.
- [11] Pakka, Rachman and Alpius, "Karakteristik Campuran Laston Lapis Antara Menggunakan Abu Rak telur Sebagai Bahan Substitusi Filler," *Jurnal Teknik Sipil UKI Paulus- Makassar*, vol. 3, no. 3, pp. 30-56, 2021.
- [12] S. Sukirman, *Perkerasan Lentur Jalan Raya*, Bandung: Nova, 1999.
- [13] S. Sukirman, *Beton Aspal Campuran Panas*, Jakarta: Granit, 2003.
- [14] D. J. B. Marga, *Metode Pengujian Aspal*, Badan Penelitian dan Pengembangan, Makassar, 2018.
- [15] D. P. Umum, *Ketentuan Sifat-sifat Campuran Beton Aspal*, Jakarta, 2018.
- [16] Suprpto, *Bahan dan Struktur Jalan Raya*, Yogyakarta: Biro, 2004.