

Pemanfaatan Serbuk Jerami Sebagai Bahan Tambah Dalam Campuran HRS-WC Menggunakan Batu Sungai Makawa Walenrang Utara

Almi Putri Manting^{*1a}, Charles Kamba^{*2}, Wona Grace Boro^{*3}

Submit:
12 September
2023

Review:
20 September
2024

Revised:
1 Agustus 2024

Published :
12 Agustus 2024

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

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

^{*3} Dosen Program Studi Teknik Sipil, Universitas Kristen Indonesia Paulus Makassar, Indonesia, gracewona@gmail.com

^aCorresponding Author: laputmanting@gmail.com

Abstrak

Tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui pengujian karakteristik campuran HRS-WC dengan memanfaatkan Serbuk Jerami sebagai bahan tambah. Pada Penelitian ini agregat yang diambil dari Sungai Makawa Walenrang Utara dan bahan tambah Serbuk Jerami diambil dari Mamara Walenrang Utara penambahan Serbuk Jerami digunakan untuk meminimalisir pengeluaran biaya penggunaan agregat. Metodologi dalam penelitian ini yaitu merancang variasi kadar penambahan serbuk Jerami kemudian pembuatan benda uji campuran HRS-WC serta melakukan pengujian Marshall Konvensional untuk penentuan kadar Serbuk Jerami optimum setelah itu dilakukan pembuatan benda uji dari kadar serbuk jerami optimum untuk mendapatkan nilai Stabilitas Marshall Sisa (SMS). Hasil penelitian di Laboratorium Jalan dan Aspal Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Kristen Indonesia Paulus Makassar memberikan hasil penelitian bahwa karakteristik campuran HRS-WC melalui pengujian Marshall Konvensional memenuhi Spesifikasi Umum Bina Marga 2018. Hasil pengujian Marshall *Immersion* campuran HRS-WC dengan kadar Serbuk Jerami optimum 2% diperoleh nilai Stabilitas Marshall Sisa (SMS) yaitu sebesar 91,65%, maka dari itu pengaruh penambahan serbuk jerami pada campuran HRS-WC akan membuat rongga dalam campuran menjadi kecil sehingga campuran bisa lebih tahan terhadap air.

Kata kunci: Serbuk Jerami, HRS-WC, Marshall Test

Abstract

The aim of this research is to determine the characteristics of the HRS-WC mixture using straw powder as an additional ingredient. In this research, aggregates were taken from the Makawa River, North Walenrang, and additional straw powder was taken from Mamara, North Walenrang. The addition of straw powder was used to minimize the costs of using the aggregate. The methodology in this research is designing variations in the levels of added Straw powder, then making HRS-WC mixture test objects and carrying out Conventional Marshall testing to determine the optimum Straw Powder content. After that, making test objects from the optimum straw powder content to obtain the Residual Marshall Stability (SMS) value. . The results of research at the Road and Asphalt Laboratory, Civil Engineering Department, Faculty of

Engineering, Paulus Makassar Indonesian Christian University, provide research results that the characteristics of the HRS-WC mixture through Conventional Marshall testing meet the 2018 General Specifications for Bina Marga. Marshall Immersion test results for the HRS-WC mixture with optimum Straw Powder content 2% obtained a Residual Marshall Stability (SMS) value of 91.65%, therefore the effect of adding straw powder to the HRS-WC mixture will make the voids in the mixture smaller so that the mixture can be more resistant to water.

Keyword : Characteristics, Composition, AC-WC

PENDAHULUAN

Perkerasan jalan menjadi suatu hal yang turut terkena imbas dari kemajuan teknologi, dimana dari tahun ke tahun mengalami peningkatan terkhusus dalam hal penggunaan material yang sumber pokoknya berasal dari alam. Sudah menjadi rahasia umum jika di Sungai Makawa Kecamatan Walenrang memiliki material batuan yang memiliki kemampuan sebagai bahan campuran HRS-WC. Menurut Kristiloresta Marianto (2020) memaparkan jika Spesifikasi Bina Marga 2018 telah dimiliki oleh material agregat tersebut. Kristiloresta Marianto (2020) juga memaparkan jika komposisi campuran HRS-WC dari agregat Sungai Makawa dirinci persentasenya sebagai berikut agregat kasar berada di persentase 17,87%, selanjutnya agregat halus di persentase 68,80%, lanjut *filler* di persentase 6,93%, dan yang terakhir aspal di persentase 6,4%. [1]. Di era sekarang ini, realitasnya teknologi telah mencapai titik perkembangan yang pesat. Dengan demikian gagasan, ide, dan teori baru bermunculan ke permukaan sebagai bentuk perkembangan yang ada. Banyak sekali inovasi yang muncul dalam menanggapi paradigma kasus kerusakan jalan. Jalan keluarnya sudah pasti adalah memperbaiki kualitas dan mutu aspal dimana hal demikian bisa direalisasikan melalui sebuah pengaplikasian bahan tambahan ke dalam campuran aspal. Campuran yang dimaksud disini bisa berupa penambahandari beberapa zat yang additive sebagai contoh sisa limbah dan juga bahan yang mengandung unsur kimia. Mayoritas limbah di alam jika dilihat dalam aspek kandungannya memiliki spesifikasi besar bisa dijadikan sebagai bahan tambahan dalam pembuatan aspal dimana memiliki fungsi dalam hal peningkatan kualitas dan mutu campuran beraspal. [2] Pemanfaatan daripada material sisa buangan hasil pertanian juga turut memiliki nilai guna dalam kaitannya sebagai bahan campuran HRS-WC, contohnya adalah hasil panen padi dimana sudah pasti eksistensinya akan melimpah di setiap tahunnya. Pada hakikatnya campuran beraspal dikatakan berkualitas dan bermutu ditentukan berdasarkan komposisi campuran yang ditambahkan antara aspal, agregat kasar, agregat halus dan *filler*. Tujuannya disini adalah meminimalisir lapisan permukaan jalan yang berpori atau berongga. Keberadaan jerami memiliki peranan penting dalam kontruksi jalan pasalnya memiliki kemampuan dalam hal penambah daya tahan lapisan permukaan dalam hal perkeras jalan. [3]. Parameter karakteristik penggunaan abu jerami sebagai bahan campuran pengganti *Filler* berdasarkan Kadar Aspal Optimum Laston Lapis Aus diperoleh beberapa hal yang perlu digaris bawahi diantaranya yakni seluruh campuran telah memenuhi standar bina marga 2018 yang terdiri atas VIM, VFB, *flow*, dan stabilitas dengan detail persentase 5,0%-5,5 untuk kadar VMA aspal yang tidak memenuhi standar, persentase 6,0%-7,0 untuk kadar VMA pada kadar aspal yang memenuhi standar. Dimana dalam hal ini kadar aspal yang diaplikasikan adalah berada dalam persentase 5,0%, 5,5%, 6,0%, 6,5%, dan 7,0%. Kadar aspal optimum dengan persentase 7,0% merupakan kadar aspal yang diperoleh. [4] Hasil penelitian menjabarkan jika Karakteristik Campuran Laston Lapis dengan menggunakan Abu Jerami Sebagai Bahan Substitusi *Filler*, menunjukkan jika VIM, VMA, VFB, *flow*, dan stabilitas yang terkandung pada abu jerami diperoleh persentase 0%, 25%, 50% dimana angka ini telah mencapai spesifikasi standar Bina marga 2018, di sisi lain persentase 75 VMA pada kadar abu jerami termasuk kedalam kategori tidak mencapai spesifikasi standar Bina marga 2018, dan VFB, VMA dengan persentase

100 pada kadar abu jerami masuk kedalam kategori tidak memenuhi standar spesifikasi Bina marga 2018. [5] Melalui sistematisa uji Marshall yang dikenakan kepada pengujian karakteristik campuran HRS-WC dengan mempergunakan batu sungai Makawa Kecamatan Walenrang diperoleh persentase 5,9%, 6,4%, 6,9%, 7,4%, 7,9% untuk kadar aspal dimana persentase tersebut telah memenuhi persyaratan dari Direktorat Jenderal Bina Marga Departemen Pekerjaan Umum Republik Indonesia, Spesifikasi Umum 2018. [6]. Penggunaan LGA sebagai alternatif aspal minyak dalam rangka pengujian karakteristik campuran HRS-Base diperoleh penjabaran jika penggantian aspal minyak dengan LGA diperoleh persentase 0%, 2,5%, 5%, 7,5%, 10%, angka ini memperoleh nilai stabilitas, VFB, VMA, VIM, dan juag MQ. Hasil akhirnya diperoleh data sebagai berikut yakni persentase 10 pada kadar aspal optimum ditunjukkan dengan angka 3083,60 Kg sebagai nilai Stabilitas, nilai persentase 67,974% untuk VFB, nilai persentase 18,602% untuk VMA, nilai persentase 0,19% untuk VIM, MQ dengan nilai 906,88 Kg/mm, dan yang terakhir persentase 95,21% untuk indeks perendaman (IP). [7] Terdapat beberapa pengaruh yang disebabkan karena dipergunakannya slag nikel terhadap indeks kekuatan sisa campuran HRS-WC, berikut ini adalah hasil pengujian yang dilakukan Marshall, dimana untuk 0% kadar slag nikel diperoleh persentase nilai 92,84, 25% kadar slag nikel diperoleh persentase nilai 93,42, 50% kadar slag nikel diperoleh persentase nilai 94,19, 75% kadar slag nikel diperoleh persentase nilai 93,03, dan yang terakhir untuk 100% kadar slag nikel diperoleh persentase nilai 97,06, dengan demikian terjadi yang namanya kenaikan daya tahan campuran beriringan dengan pendistribusian bertambahnya kadar slag nikel atas nilai indeks kekuatan sisa. [8]. Hasil penelitian atas Karakteristik Campuran Laston Lapis Antara Menggunakan Abu Jerami Sebagai Bahan Substitusi *Filler*, diperoleh data jika VMA, VIM, VIM, *flow*, dan stabilitas dengan persentase 0, 25%, dan 50% pada kadar abu jerami menunjukkan telah memenuhi spesifikasi standar dari Bina marga 2018, di sisi lain persentase 75 VMA pada kadar abu jerami menunjukkan tidak terpenuhinya spesifikasi Bina marga 2018, dan VFB, VMA dengan persentase 100% pada kadar abu jerami juga masuk kedalam kategori tidak terpenuhinya standar spesifikasi Bina marga 2018. [9] Hasil pengujian Slag Nikel Sebagai Pengganti Agregat Pada Campuran HRS-Base menunjukkan persentase 6,35% pada Immertion campuran Lataston HRS-Base bergradasi senjang dan semi senjang pada kadar aspal optimum dimana mendapatkan persentase sebesar 97,03% dan 98,00% pada IP/IKS/ Durabilitas campuran. Hal demikian ini bisa disimpulkan jika dipergunakannya pengganti agrerat kasar yakni slag nikel memiliki manfaat besar kaitannya sebagai bahan perkeras jalan sebab telah memenuhi spesifikasi dari Bina Marga. [10]

METODOLOGI

A. Persiapan Material

1. Agregat

Sungai Makawa Kecamatan Utara Walenrang merupakan lokasi yang akan dijadikan sebagai tempat pengambilan agregat kasar dan juga agrerat halus. Dalam hal ini material dari Sungai Makawa memiliki fungsi primer dalam rangka penopang pembangunan di wilayah tersebut. Dalam aspek akses lokasi cenderung tidak susah sebab bisa dilewati hampir segala jenis kendaraan transportasi. Prosedur pengambilan material sangatlah sederhana yakni dengan langkah memasukkan material kedalam karung lalu langlah selanjutnya yakni membawanya ke laboratorium untuk dilakukan pengujian tingkat lanjut. Berikut adalah Gambar 1 yang menunjukkan lokasi pengambilan material:



Gambar 1. Pengambilan Material

2. Aspal

Aspal yang akan digunakan adalah aspal dengan penetrasi 60/70 yang didapatkan dari Balai Pengujian dan Penelitian Aspal, Kementerian Pekerjaan Umum Baddoka, Makassar, Sulawesi Selatan.

3. Bahan Tambah

Bahan tambah yang dipakai adalah Jerami yang di ambil dari Mamara Kecamatan Walenrang Utara yang kemudian dikeringkan dengan cara dijemur langsung pada sinar matahari lalu diolah menjadi serbuk dengan menggunakan blender. Dalam penelitian ini digunakan serbuk jerami sebagai bahan tambah dalam campuran HRS-WC, dan diharapkan dapat meningkatkan mutu campuran dan juga ramah lingkungan.



Gambar 2. Pengambilan Jerami



Gambar 3. Serbuk Jerami Hasil *Blender*

4. Karakteristik Material

Persentase ketahanan agregat kasar terhadap keausan Fraksi A, B, C, D berturut-turut adalah 22,6% ; 20,16% ; 16,36% ; dan 15,4 % dimana merupakan hasil pengujian atas keausan agregat pada alat Abrasi *Los Angeles*. Nilai berat jenis *bulk*, SSD, semu, dan penyerapan air secara berturut-turut adalah berada pada persentase 2,62%; 2,67%; 2,75%; dan 1,76% dimana diperoleh berdasarkan hasil pengujian berat jenis dan penyerapan agregat kasar dengan mempergunakan 2 sampel. Nilai berat jenis *bulk*, SSD, semu, dan penyerapan air secara berturut-turut adalah berada pada persentase 2,57%; 2,60%; 2,64%; 1,11 % untuk berat jenis dan penyerapan agregat halus. Berdasarkan hasil uji analisa saringan agregat diperoleh nilai jika setiap saringan telah masuk dan sesuai dengan ketentuan. Persentase 4,60% diperoleh atas hasil pengujian material lolos saringan No. 200. Persentase 95,76% merupakan rata-rata nilai *Sand Equivalent* yang diperoleh dari hasil uji nilai setara pasir, selanjutnya persentase 4,24% merupakan nilai setara pasir. Persentase 9,50%; 5,50%; 7,70%; dan 7,60% ditunjukkan oleh partikel pipih dengan no saringan $\frac{3}{4}$, $\frac{1}{2}$ ", $\frac{3}{8}$, dan $\frac{1}{4}$ dari hasil uji partikel pipih dan lonjong agregat kasar dan persentase 8,50%; 5,70%; 7,10%; dan 9,50% oleh partikel lonjong. Perolehan persentase kelekatan aspal yakni 95%.

5. Pengujian *Marshall*

Langkah selanjutnya setelah dilakukan pemeriksaan material adalah pembuatan benda uji. Pengujian *Marshall* Konvensional dan penentuan kadar aspal optimum bisa dilakukan setelah dilakukan pembuatan benda uji. Dalam penelitian ini menggunakan persentase 5,9% untuk kadar aspal, persentase 0-4% untuk variasi bahan tambah. Berikut ini adalah gambar 4 yang menunjukkan benda uji.



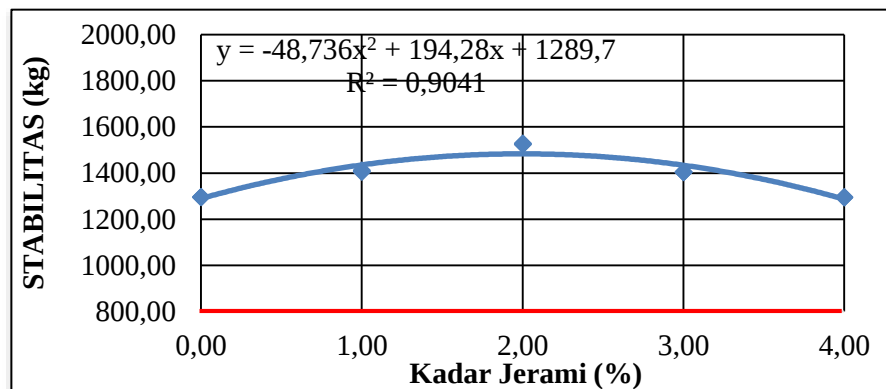
Gambar 4. Benda Uji

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Stabilitas

Campuran HRS-WC yang digunakan dalam hal ini adalah serbuk jerami dengan persentase 0-4% dimana diperoleh nilai stabilitas sebesar 1296,02 kg untuk persentase 0% kadar serbuk jerami, selanjutnya nilai stabilitas sebesar 1408,38 kg untuk persentase 1% kadar serbuk jerami, nilai stabilitas sebesar 1404,12 kg untuk persentase 2% kadar serbuk jerami, dan nilai stabilitas sebesar 1294,86 kg untuk persentase 3% kadar serbuk jerami. Standar minimum nilai stabilitas pada spesifikasi umum Bina Marga 2018 adalah 600 kg. Berdasarkan gambar 5, bisa dipertegas jika nilai 1525,78 kg dengan persentase 2% merupakan nilai stabilitas paling tinggi yang diperoleh dari percampuran variasi kadar serbuk jerami. Stabilitas

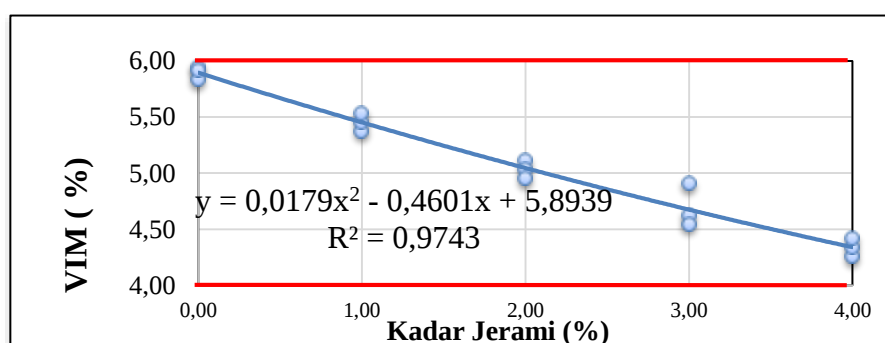
menjadi menurun beriringan dengan banyaknya kadar serbuk jerami yang digunakan pada campuran HRS-WC. Sebaliknya stabilitas antar agrerat pada campuran meningkat apabila kadar serbuk jerami berkurang. Pada gambar 5 bisa dijelaskan jika berfokus kepada persamaan garisnya yakni garis $y = -48,736x^2 + 194,28x + 1289,7$ jika setiap kenaikan persentase 1%. pada kadar serbuk jerami maka stabilitas meningkat sampai kepada persentase kadar serbuk jerami 2%., namun ketika terjadi penambahan serbuk jerami, maka terjadi penurunan stabilitas sampai kepada persentase kadar serbuk jerami 4%.



Gambar 5. Grafik Hubungan Variasi Serbuk Jerami Dengan Stabilitas Campuran HRS-WC

B. VIM

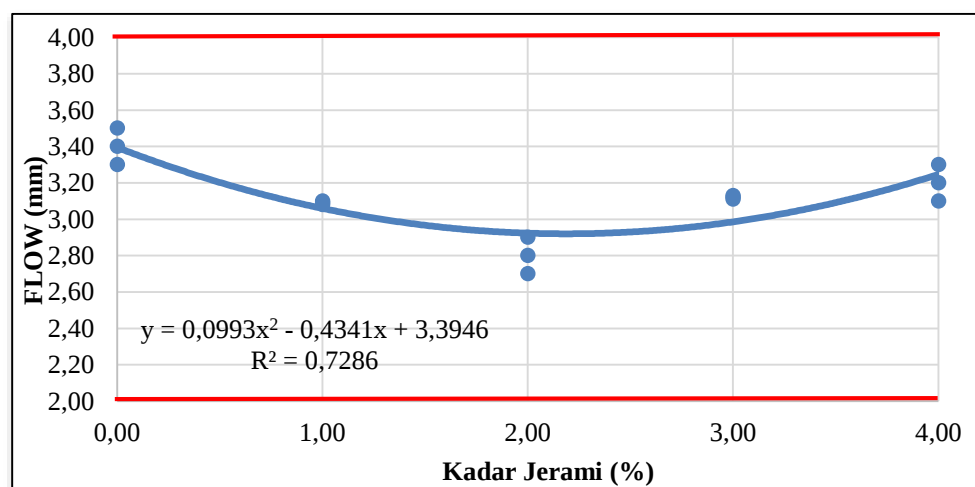
Kadar serbuk jerami dengan persentase 0-4%. maka ketika dalam persentase 0%. untuk VIM kadar serbuk jerami diperoleh nilai sebesar 5,90%, persentase 1%. untuk VIM kadar serbuk jerami diperoleh nilai sebesar 5,90%, persentase 2%. untuk VIM kadar serbuk jerami diperoleh nilai sebesar 5,03%, persentase 3 untuk VIM kadar serbuk jerami diperoleh nilai sebesar 4,69%, persentase 3%. untuk VIM kadar serbuk jerami diperoleh nilai sebesar 4,69%, dan untuk persentase 4%. untuk VIM kadar serbuk jerami diperoleh nilai sebesar 4,33%. Dalam hal ini spesifikasi Umum Bina Marga 2018 telah dipenuhi sebab seluruh nilai VIM berada dalam persentase 0% - 4% variasi kadar serbuk jerami. Gambar 6 berikut ini menyimpulkan jika nilai VIM mengecil beriringan dengan semakin tingginya kadar serbuk jerami yang digunakan begitupula sebaliknya. Hal ini disebabkan serbuk jerami disini memiliki kegunaan dalam hal pengisi rongga dalam campuran. Pada gambar 6 dijelaskan mengenai fokus persamaan garisnya yakni garis $y = 0,0179x^2 - 0,4601x + 5,8939$ dimana menunjukkan jika VIM akan menurun pada persentase 4%. serbuk jerami di setiap kenaikan persentase 1%. kadar serbuk jerami.



Gambar 6. Grafik Hubungan Variasi Serbuk Jerami Dengan VIM Campuran HRS-WC

C. Flow

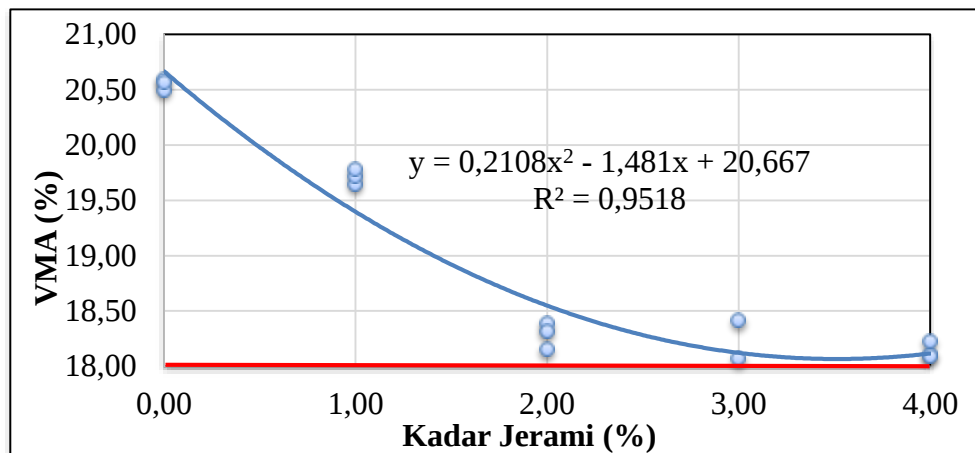
Persentase 0%. untuk kadar variasi serbuk jerami nilainya sebesar 3,40 mm, persentase 1%. untuk kadar variasi serbuk jerami nilainya sebesar 3,09 mm, persentase 2%. untuk kadar variasi serbuk jerami nilainya sebesar 2,80 mm, persentase 3%. untuk kadar variasi serbuk jerami nilainya sebesar 3,12 mm, persentase 4%. untuk kadar variasi serbuk jerami nilainya sebesar 3,20 mm. Dalam hal ini spesifikasi Umum Bina Marga 2018 telah dipenuhi sebab seluruh nilai *flow* dengan kadar variasi serbuk jerami berada dalam persentase 0% - 4%. Berdasarkan gambar 7 diatas maka bisa dipertegas jika penggunaan serbuk jerami sedikit dalam campuran beraspal maka rongga pada campuran akan makin banyak sehingga berakibat kepada semakin kecilnya kelelahan. Namun jika penggunaan serbuk jerami banyak dalam campuran beraspal maka rongga pada campuran akan makin sedikit sehingga berakibat kepada semakin besarnya kelelahan. Nilai *flow* yang besar akan berimbas kepada sifat campuran yang semakin lentur yang secara langsung membuat menurunnya stabilitas. Pada gambar 7 dijelaskan mengenai fokus persamaan garisnya yakni $y = 0,0993x^2 - 0,4341x + 3,3946$ dimana menjelaskan jika persentase kenaikan 1% pada kadar serbuk jerami berakibat kepada penurunan *flow* sampai kepada persentase 2%. kadar serbuk jerami, namun pada persentase 3%. pada kadar serbuk jerami berakibat kepada peningkatan *flow* sampai kepada persentase 4 %. kadar serbuk jerami.



Gambar 7. Grafik Hubungan Variasi Serbuk Jerami Dengan *Flow* Campuran HRS-WC

D. VMA

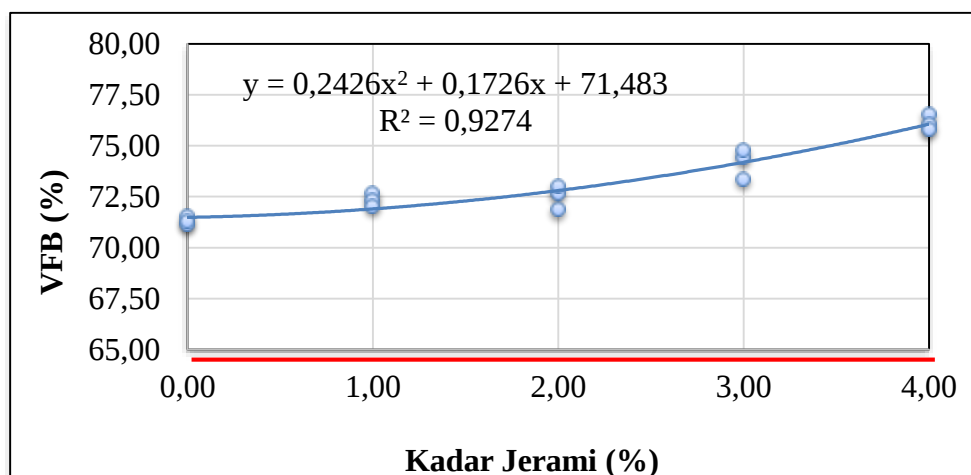
Persentase 0%. untuk kadar variasi serbuk jerami nilainya sebesar 20,55%, persentase 1%. untuk kadar variasi serbuk jerami nilainya sebesar 19,71%, persentase 2%. untuk kadar variasi serbuk jerami nilainya sebesar 18,28%, persentase 3%. untuk kadar variasi serbuk jerami nilainya sebesar 18,16%, persentase 4%. untuk kadar variasi serbuk jerami nilainya sebesar 18,14%. Dalam hal ini spesifikasi Umum Bina Marga 2018 telah dipenuhi sebab seluruh nilai VMA dengan kadar variasi serbuk jerami berada dalam persentase 0% - 4%. Berdasarkan gambar 8 dibawah maka bisa dipertegas jika kadar variasi serbuk jerami yang digunakan semakin banyak penambahan maka nilai VMA menurun sebab agregat yang terisi aspal semakin kecil, sebaliknya. Hal demikian ini berkorelasi dengan kadar variasi serbuk jerami yang dipergunakan ketika pencampuran dan pemadatan. Dalam hal ini serbuk jerami akan mengisi rongga dalam agrerat. Pada gambar 8 dijelaskan mengenai fokus persamaan garisnya yakni $y = 0,2108x^2 - 1,481x + 20,667$ yang menunjukkan jika persentase kenaikan 1%. pada kadar serbuk jerami menyebabkan penurunan VMA sampai pada persentase 4%. pada kadar serbuk jerami.



Gambar 8. Hubungan kadar aspal dan VMA campuran AC-WC

E. VFB

Persentase 0%. untuk kadar variasi serbuk jerami nilainya sebesar 71,32 %, persentase 1%. untuk kadar variasi serbuk jerami nilainya sebesar 72,34%, persentase 2 untuk kadar variasi serbuk jerami nilainya sebesar 72,48%, persentase 3%. untuk kadar variasi serbuk jerami nilainya sebesar 74,17%, persentase 4%. untuk kadar variasi serbuk jerami nilainya sebesar 76,12%. Dalam hal ini spesifikasi Umum Bina Marga 2018 telah dipenuhi sebab seluruh nilai VFB dengan kadar variasi serbuk jerami berada dalam persentase 0% - 4%. Berdasarkan gambar 9 dibawah maka bisa dipertegas jika sedikit menambahkan serbuk jerami kedalam campuran berakibat kepada rongga yang ada dalam campuran terisi sedikit serbuk jerami, begitu sebaliknya. Hal ini dikarenakan pori-pori dalam campuran semakin banyak akibat peningkatan kadar serbuk jerami dalam campuran. Pada gambar 9 dijelaskan mengenai fokus persamaan garisnya yakni $y = 0,5243x^2 + 1,0711x + 71,352$ yang menunjukkan jika persentase kenaikan 1%. pada kadar serbuk jerami berakibat kepada berkurangnya VFB sampai persentase 1%. pada kadar serbuk jerami, namun persentase 2%. pada kadar serbuk jerami terjadi peningkatan VFB dengan persentase 4%. pada kadar serbuk jerami.



Gambar 9. Grafik Hubungan Variasi Serbuk Jerami Dengan VFB Campuran HRS-WC

KESIMPULAN

Karakteristik campuran HRS-WC dengan mempergunakan bahan tambahan berupa serbuk jerami dengan sistematika uji Marshall Konvensional diketahui mengenai nilai Stabilitas, *Flow*, VIM, VMA, dan VFB dimana secara keseluruhan telah memenuhi standar Spesifikasi Umum Bina Marga 2018. Nilai Stabilitas *Marshall* Sisa yang didapat dari uji Marshall Immertion pada campuran HRS-WC dengan mempergunakan kadar serbuk jerami optimum 2% diperoleh Stabilitas Marshall Sisa dengan persentase 91,65% dengan nilai dari Stabilitas Marshall Sisa tersebut telah memenuhi standar Spesifikasi Umum Binai Marga 2018 yakni dengan persentase minimum 90%. Dampak dengan diaplikasikannya Serbuk Jerami pada campuran HRS-WC yakni meminimkan rongga pada campuran dengan demikian campuran bisa lebih tahan dengan air.

REFERENSI

- [1] A. T. Londongsalu, R. H. Menge, Alpius, and B. Tanan, "Karakteristik Campuran Hot Rolled Sheet Wearing Coarse yang Menggunakan Batu Dari Buntao' Toraja Utara ", *pcej*, vol. 1, no. 1, pp. 10-17, Jan. 2020. <http://ojs.ukipaulus.ac.id/index.php/pcej/article/view/51>
- [2] F. Manguma, Alpius, and C. Kamba, "The Effect of Nickel Slag Usage on the Strength Index of HRS-WC Mixture", *pcej*, vol. 2, no. 3, pp. 197-204, Oct. 2020. <http://ojs.ukipaulus.ac.id/index.php/pcej/article/view/139>
- [3] K. Marianto, Alpius, and C. Kamba, "Characteristics of HRS-WC Mixture Using Makawa River, North Walenrang District", *pcej*, vol. 2, no. 2, pp. 128-137, Aug. 2020. <http://ojs.ukipaulus.ac.id/index.php/pcej/article/view/127>
- [4] M. D. Bara, R. Mangontan, and Alpius, "Penggunaan Abu Batang Padi sebagai Bahan Tambah pada Campuran AC-BASE Menggunakan Batu Sungai Parekaju Kabupaten Luwu", *pcej*, vol. 4, no. 4, pp. 658-665, Dec. 2022. <http://ojs.ukipaulus.ac.id/index.php/pcej/article/view/551>
- [5] M. Rante, Alpius, and C. Kamba, "Pemanfaatan Limbah Plastik PVC Sebagai Bahan Tambah Pada Campuran AC-WC", *pcej*, vol. 4, no. 4, pp. 535-544, Dec. 2022. <http://ojs.ukipaulus.ac.id/index.php/pcej/article/view/536>
- [6] Nikodemus Tandung, R. Rachman, and Alpius, "Kadar Aspal Optimum Laston Lapis Aus Menggunakan Abu Jerami Sebagai Pengganti *Filler*", *pcej*, vol. 3, no. 4, pp. 595-601, Dec. 2021. <http://ojs.ukipaulus.ac.id/index.php/pcej/article/view/339>
- [7] O. I. Bessoran, Alpius, and O. J. Sanggaria, "Karakteristik Campuran AC-WC Menggunakan Bahan Tambah Limbah Ban Bekas", *pcej*, vol. 3, no. 3, pp. 379-387, Oct. 2021. <http://ojs.ukipaulus.ac.id/index.php/pcej/article/view/289>
- [8] R. P. F. Pude, R. Mangontan, and Alpius, "Pemanfaatan Batu Sungai Pucak dengan *Filler* Abu Sekam Padi Untuk Lapis AC-BC", *pcej*, vol. 5, no. 1, pp. 1-7, Mar. 2023. <http://ojs.ukipaulus.ac.id/index.php/pcej/article/view/584>
- [9] S. B. Mallua', R. Rachman, and Alpius, "Pemanfaatan Agregat Sungai Masanda dalam Campuran AC – WC dengan Bahan Pengisi Abu Buah Aren", *pcej*, vol. 4, no. 3, pp. 401-410, Oct. 2022. <http://ojs.ukipaulus.ac.id/index.php/pcej/article/view/504>
- [10] S. Yanti, Rosiana, D. Sandy, and Alpius, "Pengujian Batu Apung Sebagai *Filler* Pada Campuran HRS -WC", *pcej*, vol. 1, no. 2, pp. 50-57, Jan. 2020. <http://ojs.ukipaulus.ac.id/index.php/pcej/article/view/62>