

# **PEMANFAATAN ABU TEMPURUNG KELAPA SEBAGAI FILLER PADA HOT ROLLED SHEET - WEARING COURSE (HRS – WC)**

**Senja Rum Harnaeni<sup>a</sup>\*, Nida Ulhaq<sup>a</sup>, Vela Putri larasati<sup>a</sup> dan Alda Dwi Kristanti<sup>b</sup>**

<sup>a</sup> Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta

Jl. A. Yani Pabelan, Surakarta, 57102, Indonesia

<sup>b</sup> Program Studi Magister Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta

Jl. A. Yani Pabelan, Surakarta, 57102, Indonesia

\*e-mail: srh289@ums.ac.id

## **ABSTRAK**

Tempurung kelapa merupakan limbah yang banyak ditemukan di Indonesia. Permasalahan terjadi karena belum ada penanganan khusus untuk memanfaatkan limbah tersebut sehingga perlu adanya inovasi untuk memanfaatkan limbah tersebut, salah satunya adalah pemanfaatan abu tempurung kelapa (ATK) sebagai material filler alternatif pada campuran aspal. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis karakteristik Marshall Campuran Aspal HRS-WC dengan memanfaatkan abu tempurung kelapa sebagai pengganti sebagian filler Portland Cement (PC). Penelitian dilaksanakan dalam 6 tahap, yaitu: Tahap I mempersiapkan alat dan bahan penelitian, Tahap II menguji bahan-bahan penyusun beton aspal (aspal, agregat kasar dan agregat halus) serta abu tempurung kelapa sebagai pengganti sebagian filler, Tahap III merancang campuran beton aspal HRS-WC untuk mendapatkan kadar aspal optimum, Tahap IV membuat benda uji HRS-WC dengan variasi kadar filler: ATK 0% - PC 100%, ATK 25% - PC 75%, ATK 50% - PC 50%, ATK 75% - PC 25% dan ATK 100% - PC 0% terhadap total filler, Tahap V menguji Marshall untuk setiap variasi filler: ATK 0% - PC 100%, ATK 25% - PC 75%, ATK 50% - PC 50%, ATK 75% - PC 25% dan ATK 100% - PC 0% terhadap total filler, Tahap VI melakukan analisis hasil penelitian, pembahasan, dan kesimpulan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pemakaian abu tempurung kelapa sebagai pengganti sebagian filler Portland Cement mampu meningkatkan nilai flow, VIM dan VFWA, namun seiring bertambahnya kadar filler abu tempurung kelapa nilai stabilitas dan VMA mengalami penurunan. Dari penelitian ini hasil pengujian karakteristik Marshall semua kadar filler memenuhi spesifikasi Bina Marga 2018.

**Kata kunci:** Hot Rolled Sheet – Wearing Course (HRS-WC), Filler, Abu Tempurung Kelapa, Portland Cement, Karakteristik Marshall

## **1. PENDAHULUAN**

Indonesia merupakan negara tropis, sehingga cuacanya sangat berpengaruh pada perkerasan jalan. Pada musim hujan perkerasan jalan seringkali terendam oleh air yang tidak jarang juga terjadi banjir akibat hujan yang terus menerus. Perkerasan jalan yang terendam air secara terus menerus semakin lama akan menyebabkan jalan mengalami kerusakan (Munawwarah, 2021). Untuk mengurangi jenis kerusakan tersebut pemilihan material campuran beraspal harus selalu diperhatikan agar didapatkan perkerasan yang awet (Rahman & Setiawan, 2006).

Campuran aspal Lapis Tipis Aspal Beton (Lataston) atau Hot Rolled Sheet (HRS) merupakan campuran bergradasi senjang. Pada umumnya terdiri dari Coarse Aggregate, Medium Aggregate, Fine Aggregate, asphalt dan filler sebagai bahan pengisi. Penyusunan lapis perkerasan suatu jalan tidak hanya ditujukan pada kualitas campuran aspal saja melainkan diperhatikan juga pemilihan kualitas bahan/material pada campuran aspal tersebut. Kualitas bahan/material di setiap daerah berbeda.

Pengaruh penggunaan filler pada campuran aspal sering diteliti agar didapatkan kinerja campuran yang baik dan ekonomis. Filler yang sering digunakan sebagai penyusun campuran aspal ialah semen dan abu batu. Bahan tersebut semakin lama menjadi semakin mahal dan persediaannya semakin terbatas (Saleh dkk, 2016), oleh karena itu inovasi baru sangat diperlukan dengan menggunakan bahan alternative filler dengan memanfaatkan material lokal seperti tempurung kelapa yang persediaannya melimpah di beberapa daerah Indonesia. Tempurung kelapa tersebut belum dimanfaatkan secara optimal dan menyebabkan tumpukan limbah yang mengganggu lingkungan sebagaimana dapat dilihat pada Gambar 1. Upaya yang dapat dilakukan untuk mengurangi limbah yaitu dengan memanfaatkan limbah tersebut sebagai filler dalam campuran aspal (Ambarwati dkk, 2009; Arumayela dkk, 2010; Yacob & Wesli, 2018; Sakur & Farida, 2019; Riyanto dkk, 2020; Solikin, 2021; Trinugroho, 2021; dan Choudhary dkk, 2020).

Pemanfaatan tempurung kelapa yang digunakan dalam campuran aspal dapat meningkatkan nilai ekonomis dari limbah tempurung kelapa. Sehingga tempurung kelapa tersebut dapat dijadikan sebagai bahan pengisi (filler) dalam campuran beraspal panas (Lusyana dkk, 2021). Bahan pengisi bertujuan untuk meningkatkan kekentalan bahan bitumen dan untuk mengurangi sifat rentan terhadap temperatur. Keuntungan lain dengan adanya bahan pengisi adalah karena banyak terserap dalam bahan bitumen maka akan menaikkan volumenya. Selain itu bahan pengisi (filler) dapat mengurangi volume pori-pori atau rongga sehingga dapat meningkatkan kepadatan dan dapat menurunkan permeabilitas campuran aspal (Aynin dkk., 2016).

## 2. LANDASAN TEORI

### **Hot Rolled Sheet – Wearing Course (HRS-WC)**

Lapisan Tipis Aspal Beton atau biasa disebut Lataston merupakan Lapisan aspal beton yang bergradasi senjang dan juga bisa disebut HRS (Hot Rolled Sheet). Ketebalan minimum yang digunakan adalah 2,5 hingga 3 cm (Sukirman, 2003). Lataston mempunyai 2 macam campuran, yaitu HRS-WC sebagai lapis aus dan HRS-Base sebagai lapis pondasi. Struktur HRS terdiri dari campuran agregat kasar, agregat halus, filler serta bahan pengikat berupa aspal campuran panas. Kandungan aspal yang relatif tinggi pada campuran bertujuan untuk meningkatkan fleksibilitas, keawetan, dan ketahanan terhadap kelelahan serta tidak mudah retak. Perkerasan dengan HRS cocok diterapkan di Indonesia karena memiliki kelenturan yang tinggi dan tahan terhadap pelelahan mengingat Indonesia adalah negara beriklim tropis dengan suhu panas yang cukup tinggi (Azizah, 2017).

### **Bahan Pengisi (Filler)**

Bahan Pengisi atau Filler adalah komponen agregat yang lolos saringan No. 200 yang mengisi rongga-rongga pada campuran aspal. Dari spesifikasi Bina Marga, bahan pengisi mempunyai persyaratan spesifikasi sebagai berikut: Material tidak mengandung zat ionik, Bersifat non plastis, Susunan butiran (gradasi) harus serapat mungkin, dan Lolos saringan no. 200. Agregat yang umum digunakan untuk perkerasan jalan adalah batu pecah, pasir dan memiliki persentase yang paling kecil dibandingkan dengan agregat kasar dan halus, namun filler mempunyai pengaruh yang signifikan pada campuran perkerasan jalan raya, karena filler mengisi rongga udara pada campuran perkerasan jalan raya (Saleh, 2018). Bahan semen dan abu batu merupakan bahan terbaik yang boleh dipakai sebagai filler, sedangkan kapur sebagai bahan filler membutuhkan jumlah aspal yang lebih banyak untuk bisa menghasilkan nilai stabilitas yang tinggi (Pratomo, 1999). Spesifikasi filler pada campuran konstruksi jalan raya adalah sebagai pengisi rongga, memperkuat daya ikat aspal, meningkatkan stabilitas, dan merendahkan tingkat kelelahan (Rahaditya, 2012). Lapisan Tipis Aspal Beton atau biasa disebut Lataston merupakan Lapisan aspal beton yang bergradasi senjang dan juga bisa disebut

### **Karakteristik Marshall**

Rancangan campuran berdasarkan metode Marshall ditemukan oleh Bruce Marshall, dan telah distandardisasi oleh ASTM ataupun AASHTO melalui beberapa modifikasi, yaitu ASTM D 1559-76, atau AASHTO T 245-90. Prinsip dasar dari metode Marshall adalah pengujian stabilitas dan kelelahan (flow), serta analisis kepadatan dan rongga dalam campuran padat yang terbentuk. Dalam hal ini benda uji beton aspal padat dibuat berdasarkan gradasi rencana agregat campuran, sesuai spesifikasi campuran. Benda uji berbentuk silinder: diameter 10,2 cm (4"), tinggi 6,35 cm (2,5"). Alat Marshall merupakan alat tekan yang dilengkapi dengan cincin pengujian (proving ring) berkapasitas 22,2 KN (=5000 lbf) dan flowmeter. Karakteristik Marshall terdiri dari: stabilitas, flow, Marshall Quotient, VIM, VMA, dan VFWA.

### **Limbah Tempurung Kelapa**

Serbuk arang tempurung kelapa adalah arang yang dibuat dengan cara kombinasi dari tempurung kelapa dan lalu dihancurkan menjadi serbuk. Pada proses pembakaran tempurung kelapa yang terdiri karbohidrat yang sangat kompleks, akan menyebabkan suatu rentetan reaksi yaitu peruraian secara termal serta menimbulkan panas sebagai hasil peruraian dari bermacam-macam struktur molekul. Pada suhu 2750°C, lingo selulosa mulai melepaskan H<sub>2</sub>O dan CO<sub>2</sub>, disamping itu juga terbentuk arang dan metana. Kandungan serbuk arang tempurung kelapa berupa senyawa karbon non polar sama seperti senyawa karbon pada aspal. Arang tempurung kelapa ini merupakan material lokal yang mudah ditemukan (Utomo dkk, 2018; Mashuri, 2008).

## 3. METODE PENELITIAN

Penelitian dilaksanakan dalam 6 tahap, yaitu: **Tahap I** mempersiapkan alat dan bahan penelitian, **Tahap II** menguji bahan-bahan penyusun beton aspal (aspal, agregat kasar dan agregat halus) serta abu tempurung kelapa sebagai pengganti sebagian filler, **Tahap III** merancang campuran beton aspal HRS-WC untuk mendapatkan kadar aspal optimum, **Tahap IV** membuat benda uji HRS-WC dengan variasi kadar filler: ATK 0% - PC 100%, ATK 25% - PC 75%, ATK 50% - PC 50%, ATK 75% - PC 25% dan ATK 100% - PC 0% terhadap total filler, **Tahap V** menguji Marshall untuk setiap variasi filler: ATK 0% - PC 100%, ATK 25% - PC 75%, ATK 50% - PC 50%, ATK 75% - PC 25% dan ATK 100% - PC 0% terhadap total filler, **Tahap VI** melakukan analisis hasil penelitian, pembahasan, kesimpulan.

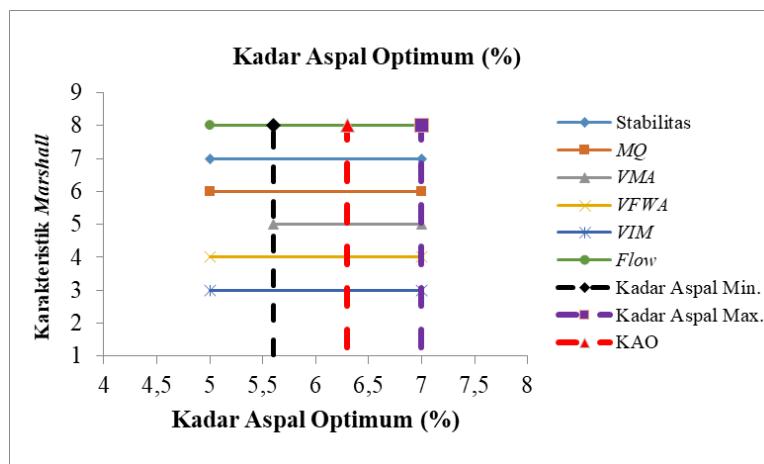
## 4. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

### **Kadar Aspal Optimum**

Variasi kadar aspal yang digunakan pada campuran aspal HRS-WC adalah 5%, 5,5%, 6%, 6,5% dan 7%. Nilai karakteristik Marshall dapat dilihat pada Tabel 1 serta hasil penentuan kadar aspal optimum adalah sebesar 6,3%, sebagaimana dapat dilihat pada Gambar 1.

**Tabel 1.** Karakteristik Marshall Untuk Penentuan Kadar Aspal Optimum

| Kadar Filler | Stabilitas | Flow | VMA   | VFWA  | VIM  | MQ     |
|--------------|------------|------|-------|-------|------|--------|
| %            | kg         | mm   | %     | %     | %    | kg/mm  |
| 5            | 1060,28    | 3,05 | 15,87 | 71,50 | 4,52 | 347,25 |
| 5,5          | 1120,06    | 3,09 | 17,28 | 71,42 | 4,94 | 362,48 |
| 6            | 1233,71    | 3,12 | 18,44 | 72,68 | 5,04 | 395,42 |
| 6,5          | 1017,03    | 3,20 | 19,65 | 73,42 | 5,22 | 317,82 |
| 7            | 1071,35    | 3,22 | 20,67 | 75,03 | 5,16 | 332,37 |
| Spesifikasi  | >600       | >3   | >18   | >68   | 4-6  | >250   |

**Gambar 1.** Grafik Penentuan Kadar Aspal Optimum

#### Karakteristik Marshall Campuran Aspal HRS-WC dengan Pemanfaatan Abu Tempurung Kelapa Sebagai Pengganti Sebagian Filler

Karakteristik Marshall campuran aspal HRS-WC dengan pemanfaatan abu tempurung kelapa sebagai pengganti sebagian filler dengan variasi: ATK 0% - PC 100%, ATK 25% - PC 75%, ATK 50% - PC 50%, ATK 75% - PC 25% dan ATK 100% - PC 0% terhadap total filler dapat dilihat pada Tabel 2.

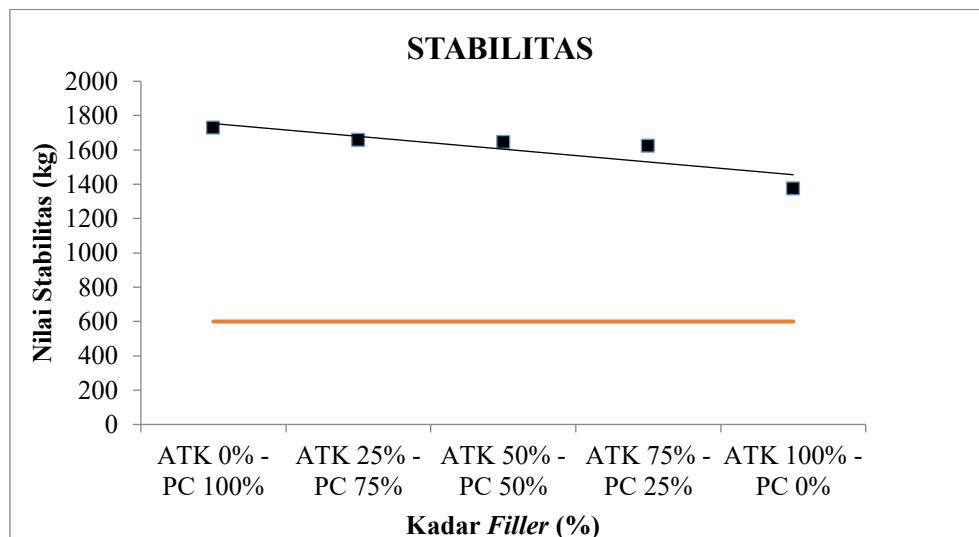
**Tabel 2.** Karakteristik Marshall Campuran Aspal HRS-WC Untuk Setiap Variasi Filler

| Kadar Filler (%) | Urut | VIM   | VMA   | VFWA  | Stabilitas Terkoreksi (Kg) | Flow | MQ     |
|------------------|------|-------|-------|-------|----------------------------|------|--------|
|                  |      | (%)   | (%)   | (%)   |                            | (mm) |        |
| Spesifikasi      |      | 4%-6% | >18%  | >68%  | >600                       | >3   | >250   |
| ATK 0% - PC 100% | 1    | 5,32  | 19,31 | 72,48 | 1670,30                    | 2,98 | 560,50 |
|                  | 2    | 5,58  | 19,50 | 71,36 | 1803,80                    | 3,04 | 593,35 |
|                  | 3    | 4,82  | 18,99 | 74,63 | 1709,48                    | 3,14 | 544,42 |
| Rata - rata      |      | 5,24  | 19,26 | 72,80 | 1727,86                    | 3,05 | 565,89 |
| ATK 25% - PC 75% | 1    | 4,57  | 18,84 | 75,75 | 1801,75                    | 3,01 | 598,59 |
|                  | 2    | 3,99  | 18,52 | 78,46 | 1579,80                    | 3,11 | 507,97 |
|                  | 3    | 3,61  | 18,34 | 80,33 | 1587,82                    | 3,15 | 504,07 |
| Rata - rata      |      | 4,05  | 18,55 | 78,14 | 1656,46                    | 3,09 | 536,07 |
| ATK 50% - PC 50% | 1    | 3,33  | 18,23 | 81,76 | 1650,53                    | 3,25 | 507,86 |
|                  | 2    | 3,10  | 18,17 | 82,96 | 1598,79                    | 3,02 | 529,40 |
|                  | 3    | 4,89  | 19,03 | 74,32 | 1684,88                    | 3,09 | 545,27 |

| <b>Rata - rata</b>  |   | <b>3,77</b> | <b>18,41</b> | <b>79,52</b> | <b>1644,73</b> | <b>3,12</b> | <b>527,16</b> |
|---------------------|---|-------------|--------------|--------------|----------------|-------------|---------------|
| ATK 75% -<br>PC 25% | 1 | 3,11        | 18,17        | 82,86        | 1532,64        | 3,40        | 450,78        |
|                     | 2 | 3,96        | 18,50        | 78,58        | 1685,90        | 3,03        | 556,40        |
|                     | 3 | 4,17        | 18,61        | 77,60        | 1644,53        | 3,17        | 518,78        |
| <b>Rata - rata</b>  |   | <b>3,75</b> | <b>18,40</b> | <b>79,63</b> | <b>1621,02</b> | <b>3,20</b> | <b>506,57</b> |
| ATK 100% -<br>PC 0% | 1 | 2,52        | 18,12        | 86,08        | 1229,84        | 3,19        | 385,53        |
|                     | 2 | 2,60        | 18,11        | 85,64        | 1473,69        | 3,37        | 437,30        |
|                     | 3 | 5,22        | 19,25        | 72,89        | 1414,74        | 3,11        | 454,90        |
| <b>Rata - rata</b>  |   | <b>3,45</b> | <b>18,27</b> | <b>81,14</b> | <b>1372,76</b> | <b>3,22</b> | <b>425,88</b> |

(sumber: hasil penelitian & Bina Marga 2018)

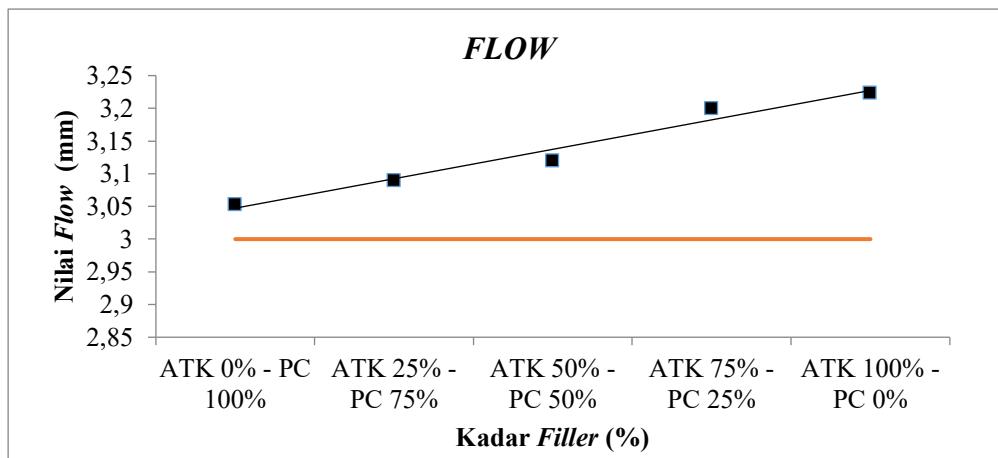
#### a. Hubungan Stabilitas dengan Variasi Filler



Gambar 2. Grafik hubungan antara Stabilitas dengan Variasi Filler

Gambar 2 menunjukkan bahwa terjadi penurunan nilai stabilitas seiring bertambahnya variasi kadar abu tempurung kelapa (ATK). Hal tersebut terjadi karena adanya kadar karbon yang tinggi yang terkandung dalam abu tempurung kelapa sehingga mengakibatkan campuran aspal menjadi lebih kaku dan mudah mengalami retak sehingga kurang stabil dalam memikul beban lalu lintas. Meskipun demikian seluruh variasi kadar *filler* abu tempurung kelapa (ATK) masih memenuhi persyaratan Bina Marga (2018) yaitu nilai stabilitas di atas 600 kg.

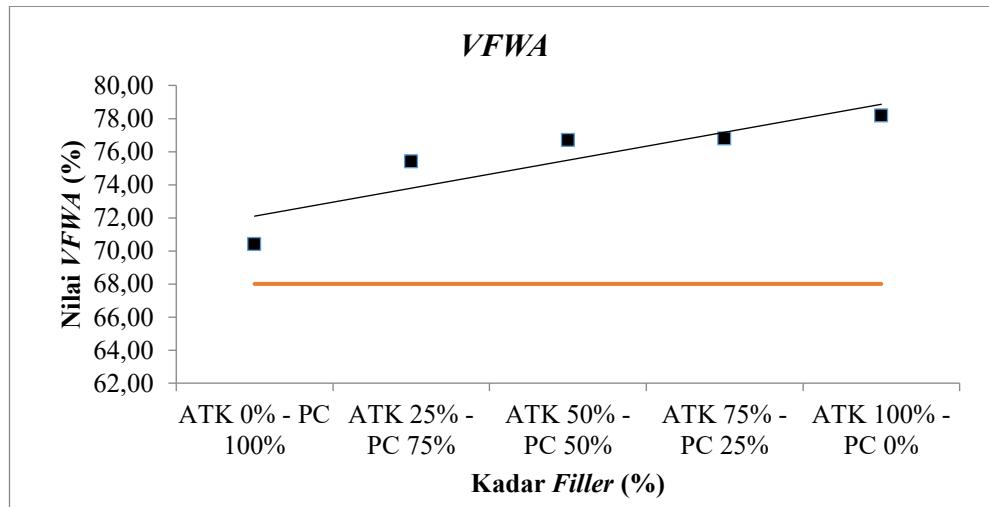
### b. Hubungan Flow dengan Variasi Filler



Gambar 3. Grafik hubungan antara Flow dengan Variasi Filler

Pengaruh pemanfaatan *Filler* abu tempurung kelapa (ATK) dan Portland cement (PC) terhadap nilai *flow* dapat dilihat pada Gambar 3. Gambar 3 menunjukkan bahwa semakin bertambah kadar *filler* abu tempurung kelapa (ATK) maka terjadi peningkatan nilai *flow*. Hal ini disebabkan karena *filler* ATK dalam aspal menyebabkan aspal menjadi lebih lembek, dengan pencampuran tersebut menyebabkan titik lembek aspal menurun dan nilai penetrasi menjadi lebih besar. Nilai kelebihan semakin meningkat disebabkan oleh beberapa faktor yaitu bentuk permukaan agregat, kadar aspal, dan gradasi agregat. Selain itu nilai berat jenis agregat yang rendah dan nilai porositas yang rendah menyebabkan tingkat fleksibilitasnya rendah. Pada penelitian ini nilai *flow* masih memenuhi syarat yaitu di atas 3% untuk campuran HRS-WC.

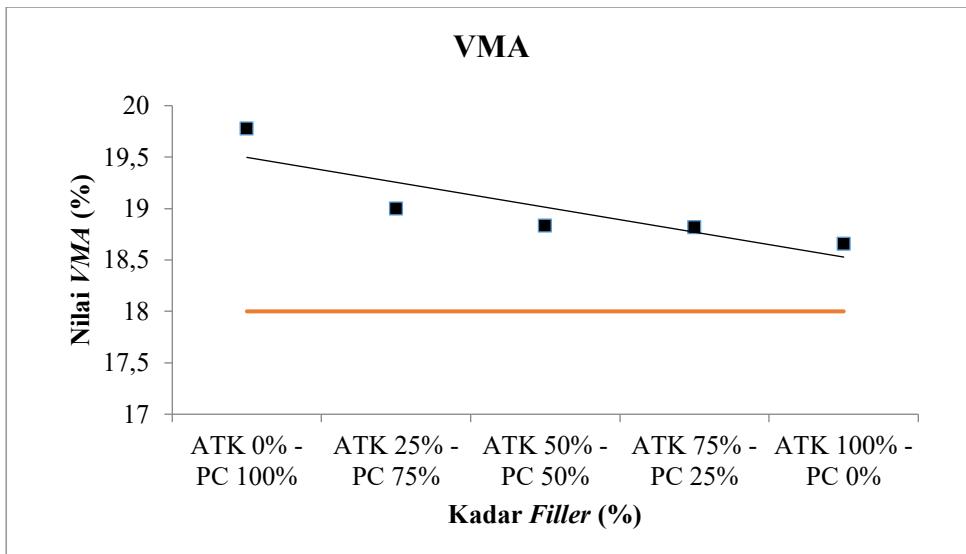
### c. Hubungan VFWA dengan Variasi Filler



Gambar 4. Grafik hubungan antara VFWA dengan Variasi Filler

Pada Gambar 4 dapat dilihat bahwa nilai VFWA mengalami peningkatan seiring bertambahnya kadar filler ATK. Hal ini disebabkan karena semakin bertambah filler ATK mengakibatkan meningkatnya kemampuan aspal untuk menyelimuti agregat. Pada penelitian ini nilai VFWA seluruh kadar filler memenuhi persyaratan yaitu diatas 68% untuk campuran HRS-WC.

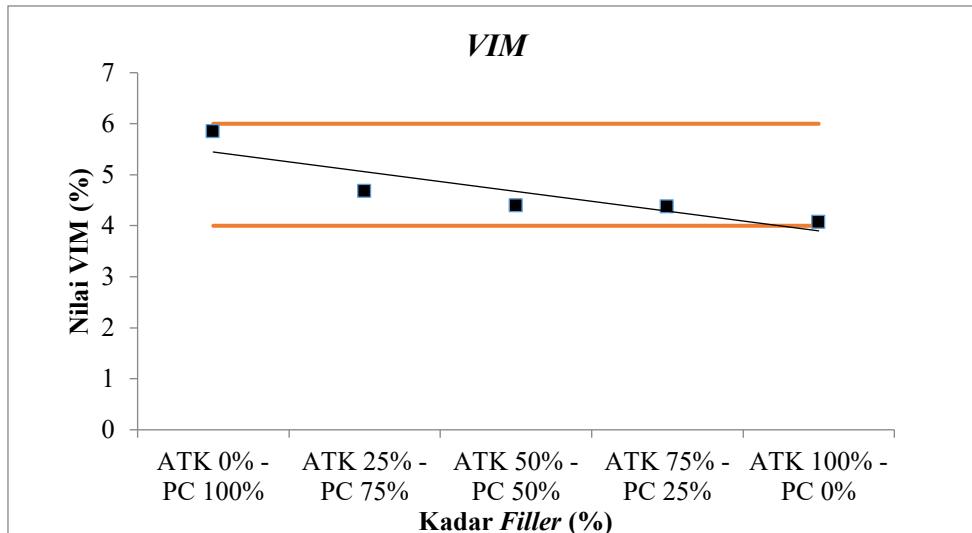
#### d. Hubungan VMA dengan Variasi Filler



**Gambar 5.** Grafik hubungan antara VMA dengan Variasi Filler

Dilihat pada Gambar 5 bahwa nilai *VMA* mengalami penurunan seiring bertambah kadar *filler* ATK. hal ini dikarenakan rongga-rongga yang terisi oleh aspal semakin kecil sehingga rongga udara yang ada diantara mineral agregat didalam campuran beraspal panas yang sudah dipadatkan semakin berkurang. Selain itu, nilai *VMA* juga dapat dipengaruhi oleh kadar aspal yang menyelimuti agregat, dimana kadar aspal yang besar akan membentuk selimut butir agregat yang tebal. Nilai *VMA* masih memenuhi persyaratan yaitu di atas 18% untuk campuran *HRS-WC*.

#### e. Hubungan VIM dengan Variasi Filler



**Gambar 6.** Grafik hubungan antara VIM dengan Variasi Filler

Gambar 6 menunjukkan bahwa nilai *VIM* mengalami penurunan seiring bertambah kadar *filler* ATK. Hal ini disebabkan karena semakin banyak jumlah kadar *filler* ATK yang mengisi rongga dalam campuran. Selain itu, kecilnya berat jenis *filler* ATK yang mengisi campuran menyebabkan berkurangnya rongga antar agregat. Nilai *VIM* merupakan persentase rongga dalam campuran aspal beton. *VIM* dibutuhkan untuk tempat bergesernya butir-butir agregat, akibat pemanjangan tambahan yang terjadi oleh repetisi beban lalu lintas atau tempat aspal ketika menjadi lunak akibat meningkatnya temperatur. Menurunnya nilai *VIM* juga disebabkan aspal yang getas karena teroksidasi sehingga daya lekat antara aspal dengan agregat menjadi menurun. Pada penelitian ini nilai *VIM* seluruh kadar *filler* memenuhi persyaratan yaitu diantara 4% hingga 6% untuk campuran *HRS-WC*.

## 5. KESIMPULAN

Berdasarkan pada penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa Pemakaian filler abu tempurung kelapa dan semen mampu meningkatkan nilai flow, VIM dan VFWA namun seiring bertambahnya kadar filler abu tempurung kelapa nilai stabilitas dan VMA mengalami penurunan. Dari penelitian ini hasil pengujian karakteristik Marshall semua kadar filler memenuhi spesifikasi Bina Marga 2018.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Universitas Muhammadiyah Surakarta atas Hibah Penelitian Pengembangan Individual Dosen (PID) dalam penelitian ini.

## DAFTAR PUSTAKA

- Ambarwati, L., Arifin, M. Z., & Bawono, H. (2009). Pengaruh Kadar Abu Batubara Sebagai Filler Terhadap Karakteristik Dan Indeks Kekuatan Sisa (Iks) Pada Campuran Hot Rolled Sheet (Hrs). *Jurnal Rekayasa Sipil*, 3(2), 131-140.
- Arumayela, V. Y., Carlo, N., & Veronika. (2010). Bata Merah Sebagai Filler Pada Campuran Aspal Ac-Wc.
- Aynin, R. H., Hamzah, R. A., & Kaseke, O. H. (2016). "Pengaruh Variasi Kandungan Bahan Pengisi Terhadap Kriteria Marshall Pada Campuran Beraspal Panas Jenis Lapis Tipis Aspal Beton – Lapis Aus Gradasi Senjang." *Jurnal Sipil Statik*, 4(7), 447–452.
- Azizah, N., & Rahardjo, B. (2017). Kinerja Campuran Hot Rolled Sheet-Wearing Course (Hrs-Wc) Dengan Filler Ampas Tebu. *Jurnal Bangunan*, 22(2), 11-20.
- Bina Marga. (2018). General Spesification Of Indonesia Highways And Bridges. 104.
- Choudhary, J., Kumar, B., & Gupta, A. (2020). Performance Evaluation Of Asphalt Concrete Mixes Having Copper Industry Waste As Filler. *Transportation Research Procedia*, 48, 3656–3667.
- Lusyana, L., Mukhlis, M., Alli, S., & Kharlindo, M. Y. (2021). Kinerja Durabilitas Campuran Aspal Hot Rolled Sheet-Wearing Course (HRS-WC) dengan Substitusi Cangkang Sawit sebagai Agregat Halus. *Fondasi : Jurnal Teknik Sipil*, 10(1), 81.
- Mashuri. (2008). Pengaruh Penggunaan Serbuk Arang Tempurung Kelapa dan Variasi Jumlah tumbukan terhadap karakteristik Campuran Beton Aspal. *Majalah Ilmiah, Mektek*
- Melodi, J., Robby, R., & Salonten, S. (2022). Kajian Pengaruh Abu Batu Kapur Sebagai Pengganti Filler Pada Campuran Hot Rolled Sheet Wearing Course (Hrs-Wc). *Jurnal Kacapuri : Jurnal Keilmuan Teknik Sipil*, 4(2), 180
- Munawwarah, I. (2021). Analisis Uji Durabilitas Campuran Aspal Ac-Wc Menggunakan Filler Abu Cangkang Kelapa Sawit, Fakultas Teknik , Universitas Medan Area OLEH : ILM.
- Ngii, E. (2015). Perbandingan Kinerja Filler Slag Nikel Dengan Kapur Padaman Dalam Campuran HRS (Hot Rolled Sheet). *Metropilar-Jurnal Ilmiah Fakultas Teknik*, 6(1), 15–22
- Pratiwi, R., & Rahmat. (2017). Perencanaan Campuran Aspal Beton Hot Rolled Sheet-Wearing Course (HRS-WC) dengan Filler Batu Laterit Kalimantan. *Jurnal Transukma*, 02(02), 128–140.
- Pratomo P. 1999, Campuran Hot Rollewsd Sheet Dengan Berbagai Jenis Filler, Prosiding Simposium I Studi Transportasi Perguruan Tinggi, ITB, Bandung, Hal. 353-358.
- Rahaditya, D. R. (2012). Sebagai Filler Pada Perkerasan Hot Rolled Sheet – Wearing Course ( Hrs-Wc ). Skripsi Teknik Sipil, Universitas Jember.
- Rahman, F., & Setiawan, B. (2006). Perbandingan Nilai Kinerja Marshall antara Campuran HRS – WC yang menggunakan Filler Batu Marmo dan Abu Batu.
- Riyanto, A. dan Prasetya, R.D., 2020, Pengaruh Kadar Filler Flyash Dalam Campuran Ac-Wc Dengan Pasir Pantai Takisung Sebagai Agregat Halus Ditinjau Dari Aspek Ketidakrataan Dan Properties Marshall, Dinamika Teknik Sipil, Vol 13, No 2.
- Sakur, Y. D., & Farida, I. (2019). Analisis Penggunaan Serbuk Bata Merah Sebagai Filler Pada Campuran Laston Lapis Aus ( Acwc ).
- Saleh, S. M., Anggraini, R., Agustian, K., & Agussmaniza, R. (2016). Pemanfaatan Limbah Plastik Sebagai Substitusi Aspal Serta Abu Sekam Padi Dan Abu Cangkang Kelapa Sawit Sebagai Filler Pada Campuran Laston AC-WC. *Proceedings of the 19th International Symposium of FSTPT Islamic University of Indonesia*, October, 979–95721
- Saleh, A. (2018). Pengaruh Penggunaan Zeolit Alam Sebagai Filler Pada Campuran AC-BC Ditinjau Dari Nilai Vitm. Siklus: *Jurnal Teknik Sipil*, 4(1), 36–42.
- Solikin, M., 2021, Analisis Pemakaian Kombinasi Fly Ash Tipe F Dan Slag 1:1 Pada Beton Geopolymer Dengan Na<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub> Dan NaOH Sebagai Alkali Aktivator: Sebuah Kajian Literatur, *Dinamika Teknik Sipil*, Vol 14, No 1.
- Sukirman, S. (2003). Beton Aspal Campuran Panas. Jakarta: Granit.
- Trinugroho, S., 2021, Analisis Pengaruh Bahan Tambah Serbuk Arang Briket dan Bestmittel pada Kuat Tekan Beton, *Dinamika Teknik Sipil*, Vol 14, No 2.
- Utomo, N., Furqoni, C., & Romadlon, S. (2018). Pemanfaatan Limbah Tempurung Kelapa Sebagai Material Pengisi Pada Campuran Perkerasan Jalan. *Envirotek*, 11(1), 59–65

- Yacob, M., & Wesli, W. (2018). Pengaruh Kadar Filler Abu Batu Kapur Dan Abu Tempurung Kelapa Terhadap Karakteristik Marshall Pada Campuran Aspal Beton Ac-Bc. *Teras Jurnal*, 7(1), 213.
- Yanti, S., & Sandy, D. (2019). Pengujian Batu Apung Sebagai Filler Pada Campuran HRS -WC. *Paulus Civil Engineering Journal*, I(2), 50–57.