

**PENGARUH PENGGUNAAN SERBUK KACA TERHADAP KARAKTERISTIK
MARSHALL CAMPURAN HRS-WC**

***THE EFFECT OF THE USE OF GLASS POWDER ON THE CHARACTERISTICS OF MIXED
MARSHALL HRS-WC***

Deani Rahma Almira^{1*}, Nirwana Puspasari², Norseta Ajie Saputra³

¹Mahasiswa, Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik dan Informatika, Universitas Muhammadiyah Palangka Raya

^{2,3}Dosen, Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik dan Informatika, Universitas Muhammadiyah Palangka Raya

Korespondensi: deaniraa69@gmail.com

ABSTRAK

HRS merupakan campuran yang terdiri dari aspal keras dan agregat kasar, halus, serta filler. Salah satu limbah yang belum dimanfaatkan secara optimal adalah serbuk kaca. Apabila dilihat secara fisik, serbuk kaca memiliki butiran halus dan berat material yang cukup besar sehingga memenuhi persyaratan sebagai filler campuran beraspal. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh serbuk kaca terhadap karakteristik marshall yaitu kepadatan, stabilitas, VMA, VIM, VFB, flow, dan MQ. Metode penelitian ini meliputi persiapan bahan dan alat dilanjutkan pengujian agregat kasar, agregat halus dan filler. Setelah itu perancangan benda uji dengan kadar aspal perkiraan dan dilakukan pengujian marshall. Sehingga didapat Kadar Aspal Optimum (KAO) yang akan digunakan pada rancangan benda uji sebanyak 9 buah dengan perbandingan 25%, 50% dan 75% filler serbuk kaca dari berat total 3% sebagai pengganti sebagian semen dalam campuran HRS-WC. Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai flow 3.7 mm telah memenuhi persyaratan pada penggunaan 50% filler serbuk kaca. Pada penggunaan 75% filler serbuk kaca menghasilkan nilai MQ 369.124 Kg/mm. Sedangkan Nilai VIM dan VFB pada penggunaan kombinasi 25%, 50%, 75% filler serbuk kaca tidak memenuhi spesifikasi Bina Marga 2018 revisi 2. Secara umum, serbuk kaca tidak dapat dijadikan sebagai alternatif pengganti filler semen.

Kata kunci: Filler, Serbuk Kaca, Karakteristik Marshall, HRS-WC

ABSTRACT

HRS is a mixture consisting of hard asphalt and coarse, fine aggregate, and filler. One of the wastes that have not been used optimally is glass powder. When viewed physically, glass powder has small particles and, material weight is large enough to complete the requirements as a filler for asphalt mixtures. This study aims to determine the effect of glass powder on marshall characteristics, namely density, stability, VMA, VIM, VFB, flow, and MQ. This research method includes the preparation of materials and tools followed by testing of coarse aggregate, fine aggregate, and filler. After asphalt mix design for marshall testing to obtain

the Optimum Asphalt Content (KAO) that will be used for the test object is 9 pieces with a ratio of 25%, 50%, and 75% glass powder filler from a total weight of 3% as a partial replacement of cement in the HRS-WC mixture. The results showed that the flow value of 3.7 mm had completed the requirements for using 50% glass powder filler. The use of 75% glass powder filler produces an MQ value of 369,124 Kg/mm. Whereas VIM and VFB values in the use of a combination of 25%, 50%, 75% glass powder filler don't comply with the requirements specifications of Bina Marga 2018 revision 2. In general, the glass powder can't use as an alternative to cement filler.

Keywords: Filler; Glass Powder; marshall characteristics: HRS-WC

PENDAHULUAN

Lataston atau *Hot Rolled Sheets* (HRS) merupakan campuran yang terdiri dari aspal keras sebagai bahan pengikat dan agregat kasar, halus, serta bahan pengisi dengan cara pencampuran dan pematatannya dalam kondisi panas pada suhu tertentu. Salah satu material penyusun campuran HRS-WC adalah *filler*. Jenis *filler* yang sering digunakan dalam campuran HRS-WC adalah semen. Menurut Data Asosiasi Semen Indonesia (ASI) tahun 2018 pada semester I, konsumsi semen domestik meningkat 3,6% dibandingkan periode yang sama pada tahun 2017.

Pertumbuhan terbesar terjadi di Kalimantan dengan persentase 8,4% (ASI, 2018). Dengan meningkatnya kebutuhan semen maka harga semen pun juga ikut melonjak, mengingat tidak semua daerah dapat memproduksi bahan baku semen. Maka dari itu perlunya alternatif bahan lain yang lebih ekonomis seperti dengan memanfaatkan bahan – bahan limbah untuk material pengganti *filler* standar. Salah satu limbah yang masih belum dimanfaatkan secara optimal adalah serbuk kaca. Apabila dilihat secara fisik, serbuk kaca memiliki butiran halus dan berat material yang cukup besar sehingga memenuhi persyaratan sebagai *filler* campuran beraspal.

METODE

Menurut Departemen Pekerjaan Umum (2005), perkiraan awal kadar aspal optimum dapat

direncanakan setelah dilakukan pemilihan dan pengabungan pada tiga fraksi agregat menggunakan persamaan sebagai berikut.

$$P_b = 0,035 (\%CA) + 0,045 (\%FA) + 0,18 (\%FF) + K \dots\dots\dots \text{pers. (2.11)}$$

Keterangan:

P_b = Perkiraan kadar aspal terhadap campuran presentase berat campuran

CA = Agregat kasar tertahan saringan nomor 8

FA = Agregat halus lolos saringan nomor 8

FF = Bahan pengisi lolos saringan nomor 200

K = Konstanta 0,5 – 1,0

Berdasarkan spesifikasi gradasi Bina Marga 2018 revisi 2 diperoleh CA = 21%, MA = 12%, FA = 54%, pasir = 10% dan *filler* = 3%. Selanjutnya penentuan kadar aspal dihitung menggunakan persamaan 2.11 diperoleh perkiraan kadar aspal optimum awal = 5.33% dibulatkan menjadi 6%. Sehingga dibuat benda uji pada kadar aspal 5%, 5.5%, 6.5%, dan 7% menggunakan *filler* semen. Kemudian kadar aspal optimum (KAO) yang diperoleh dari hasil pengujian tersebut, dibuat campuran menggunakan *filler* limbah kaca dengan proporsi 25%, 50%, dan 75% terhadap total berat *filler*. Setelah dilakukan pengujian kembali terhadap benda uji yang telah dipadatkan menggunakan metode marshall. Hasil yang akan didapat berupa karakteristik marshall yaitu nilai stabilitas, kepadatan, VIM, VMA, VFA, Flow dan MQ. Analisa dilakukan dengan cara membandingkan hasil yang diperoleh dari pengujian di laboratorium dengan nilai yang ada

dalam persyaratan terhadap kinerja laston (HRS-WC) berdasarkan uji marshall.

Pada masing-masing tahap pengujian, dilakukan 3 kali ulangan dan hasil yang disajikan merupakan rata-rata dari hasil uji tersebut. Benda uji dengan kadar 5%, 5.5%, 6.5%, dan 7% menggunakan *filler* semen dibuat sejumlah 15 buah. Adapun benda uji pada kadar aspal optimum menggunakan *filler* limbah kaca dengan proporsi 25%, 50%, dan 75% terhadap total berat *filler* berjumlah 9 buah.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pemeriksaan sifat-sifat fisik meliputi analisa saringan, pemeriksaan berat jenis dan penyerapan, keausan dan *sand equivalent* dapat dilihat pada **tabel 1**.

Berdasarkan **Tabel 1** dibawah dapat diketahui bahwa agregat yang digunakan telah memenuhi spesifikasi yang ditetapkan.

Tabel 1. Hasil pengujian agregat

Pengujian	CA	MA	Abu Batu	Pasir	Spesifikasi Agregat	
					Kasar	Halus
Berat Jenis (gr/cm ³)	2.614	2.626	2.537	2.617	≥ 2.5	
Berat Jenis SSD (gr/cm ³)	2.639	2.641	2.599	2.649	≥ 2.5	
Berat Jenis Semu (gr/cm ³)	2.680	2.667	2.704	2.703	≥ 2.5	
Penyerapan (%)	0.949	0.588	2.439	1.208	≤ 3.0	
Keausan/Abrasi (%)	31.50				≤ 40	
Sand Equivalent (%)			70.39			Maks. 50%

Sumber: Hasil Penelitian (2021)

Tabel 2 menunjukkan hasil pengujian stabilitas dan menggunakan 100% *filler* semen memenuhi persyaratan minimum 600 kg pada rentang kadar aspal 5,5% - 7%. Stabilitas terjadi dari hasil geseran antar agregat, penguncian butir partikel (interlock) dan daya ikat yang baik dari lapisan aspal. Adapun nilai flow yang tidak memenuhi persyaratan terdapat pada kadar aspal 5%. Semakin banyak kandungan aspal dalam campuran maka semakin besar tingkat kelelahan campuran tersebut.

Pada **Tabel 2** juga memperlihatkan nilai VMA dan VIM berbading lurus. Semakin banyak kadar

aspal pada campuran akan mengakibatkan rongga dalam campuran semakin kecil. Nilai VIM yang memenuhi persyaratan harus pada rentang 4% - 6% yang terdapat pada kadar aspal 6,5% dan 7%. Sedangkan nilai VMA pada rentang 5% -7% telah memenuhi persyaratan minimal 18%. Adapun VFB berkaitan erat dengan VMA dan VIM. Nilai VFB yang memenuhi spesifikasi terdapat pada kadar aspal 6,5% dan 7% dari nilai standar yang ditetapkan yaitu minimal 68%.

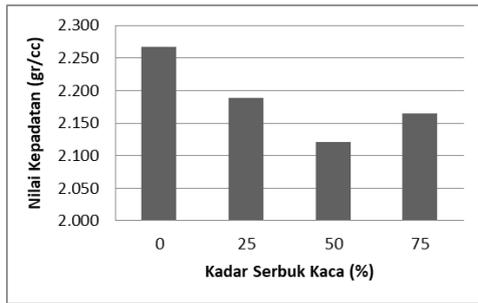
Berdasarkan Tabel 2 dapat dilihat bahwa kadar aspal 6.5% dan 7% memenuhi seluruh persyaratan Bina Marga 2018 revisi 2. Sehingga dapat diambil nilai tengah kadar aspal optimum sebesar 6,75% untuk digunakan pada pembuatan briket selanjutnya menggunakan 25%, 50% dan 75% *filler* serbuk kaca sebesar 3% dari berat total campuran.

Tabel 2. Hasil Pemeriksaan Marshall Test

Kadar Aspal Optimum (%)	Stabilitas (Kg)	Flow (mm)	VMA	VIM	VFB	MQ
5.0	397	2.83	23.02	14.33	37.76	140
5.5	819	3.17	21.34	11.36	46.78	259
6.0	1087	3.67	19.56	8.21	58.01	296
6.5	1089	3.47	18.35	5.67	69.09	314
7.0	1012	3.20	18.16	4.27	76.50	316
Spesifikasi	Min. 600	Min. 3	Min. 18	4-6	Min.68	Min.250

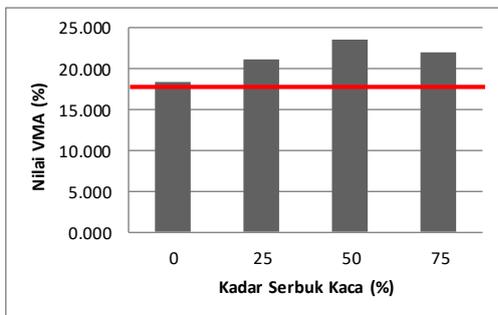
Sumber: Hasil Penelitian (2021)

Gambar 1 menunjukkan nilai kepadatan cenderung mengalami penurunan seiring bertambahnya kadar serbuk kaca dalam campuran aspal. Kepadatan yang baik akan memberikan stabilitas yang baik sehingga dapat menjaga keutuhan dan ketahanan pada campuran perkerasan. Adapun nilai kepadatan tertinggi dihasilkan dari penggunaan 100% *filler* semen yaitu sebesar 2.267 gr/cc. Pada penggunaan 25% *filler* serbuk kaca dari total berat *filler* 3% menunjukkan penurunan dengan menghasilkan nilai kepadatan sebesar 2.189 gr/cc. Nilai kepadatan terendah terdapat pada penggunaan 50% *filler* serbuk kaca yakni sebesar 2.120 gr/cc. Sedangkan penggunaan 75% *filler* serbuk kaca menghasilkan nilai kepadatan sebesar 2.165 gr/cc.



Gambar 1. Nilai Kepadatan pada KAO 6.75%
Sumber : Hasil Penelitian (2021)

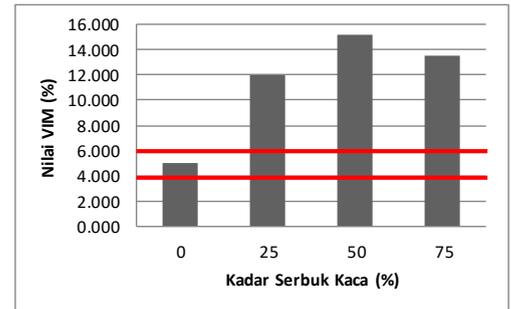
VMA dihitung berdasarkan berat jenis *bulk* agregat. Berat jenis *bulk* agregat yang besar akan memberikan nilai VMA yang rendah, sedangkan jika nilai berat jenis *bulk* agregat kecil maka nilai VMA akan tinggi. Berdasarkan **Gambar 2** dapat dilihat penggunaan *filler* serbuk kaca pada campuran aspal menghasilkan nilai VMA yang telah memenuhi spesifikasi Bina Marga 2018 revisi 2 min. 18%. Pada penggunaan 100% *filler* semen menghasilkan nilai VMA sebesar 18.42%. Sedangkan Penggunaan 25%, 50%, 75% *filler* serbuk kaca menghasilkan nilai VMA secara berturut-turut sebesar 21.09%, 23.59%, 22.03%.



Gambar 2. Nilai VMA pada KAO 6.75%
Sumber : Hasil Penelitian (2021)

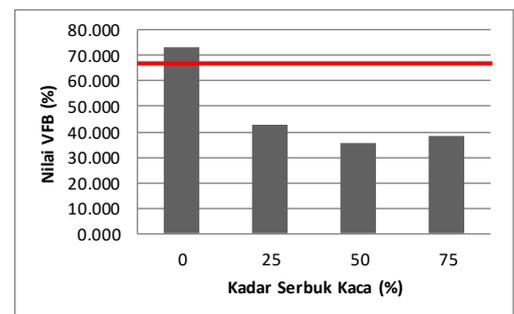
Semakin tinggi nilai VMA maka Nilai VIM yang dihasilkan pun akan semakin besar. Tingginya nilai VIM menunjukkan campuran kurang padat sehingga air dan udara mudah masuk sehingga mengurangi ketahanan dan keawetan campuran beraspal. Sebaliknya apabila nilai VIM terlalu rendah maka akan memiliki sifat kedap air dan udara sehingga menyebabkan aspal menjadi getas dan rapuh. Pada **Gambar 3** dapat dilihat

pengujian menggunakan *filler* serbuk kaca menyebabkan nilai VIM terlalu tinggi, sehingga tidak memenuhi Spesifikasi Bina Marga tahun 2018 revisi 2 yakni berkisar 4% - 6%. Adapun nilai VIM yang dihasilkan berdasarkan penggunaan 25%, 50%, 75% *filler* serbuk kaca secara berturut-turut yaitu 12.019%, 15.232%, dan 13.526%. Sedangkan penggunaan 100% *filler* semen menghasilkan nilai VIM sebesar 5% dan telah memenuhi spesifikasi yang di izinkan.



Gambar 3. Nilai VIM pada KAO 6.75%
Sumber : Hasil Penelitian (2021)

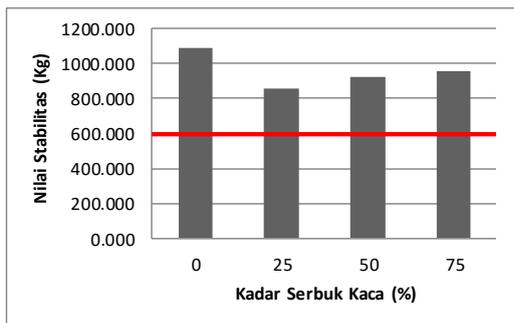
Berdasarkan **Gambar 4** dapat diketahui nilai VFB pada campuran aspal menggunakan kombinasi *filler* serbuk kaca tidak memenuhi spesifikasi Bina Marga 2018 revisi 2 dengan nilai min.68%. Adapun nilai kombinasi 25%, 50%, 75% *filler* serbuk kaca secara berturut-turut yaitu 43.001%, 35.431%, dan 38.613%. Hal ini terjadi akibat kombinasi semen dan serbuk kaca tidak dapat mengikat aspal dengan baik sehingga aspal tidak dapat menyelimuti agregat dengan sempurna.



Gambar 4. Grafik VFB pada KAO 6.75%
Sumber : Hasil Penelitian (2021)

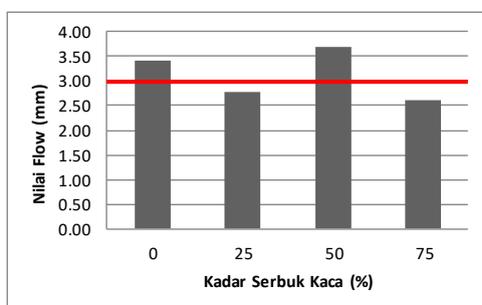
Hasil pengujian stabilitas menggunakan *filler* serbuk kaca mendapat nilai yang lebih rendah dibandingkan menggunakan 100% *filler* semen.

Gambar 5 menunjukkan Stabilitas pada penggunaan 25%, 50%, dan 75% *filler* serbuk kaca telah memenuhi Spesifikasi Bina Marga 2018 revisi 2 min. 600 Kg. Nilai tertinggi diperoleh dari penggunaan 100% *filler* semen sebesar 1087 Kg. Sedangkan pada penggunaan 25%, 50% dan 75% *filler* serbuk kaca didapatkan nilai stabilitas secara berturut-turut yaitu 861.423 Kg, 921.431 Kg, 959.724 Kg



Gambar 5. Nilai stabilitas pada KAO 6.75%
Sumber : Hasil Penelitian (2021)

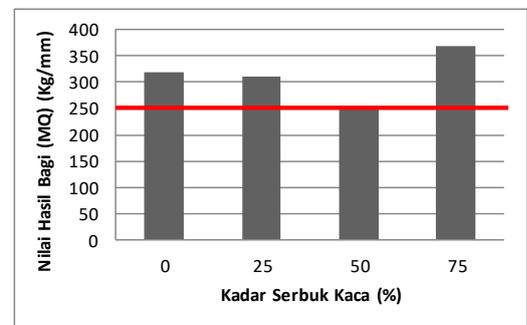
Berdasarkan **Gambar 6** menunjukkan nilai *flow* pada penggunaan 100% semen dan 50% serbuk kaca telah memenuhi Spesifikasi Bina Marga 2018 revisi 2 dengan nilai min. 3 mm. Nilai yang diperoleh dari penggunaan 50% *filler* serbuk kaca yakni 3.70 mm. Sedangkan pada 100% *filler* semen mendapat nilai *flow* sebesar 3.4 mm. Pada penggunaan 25% dan 75% *filler* serbuk kaca nilai *flow* tidak memenuhi spesifikasi dengan memperoleh nilai secara berturut-turut 2.77 mm dan 2.60 mm.



Gambar 6. Nilai Pelelehan (Flow) pada KAO 6.75%

Sumber : Hasil Penelitian (2021)

Berdasarkan **Gambar 7** menunjukkan nilai MQ yang telah memenuhi Spesifikasi Bina Marga 2018 revisi 2 minimal 250 Kg/mm. Adapun penggunaan 100% *filler* semen memperoleh nilai MQ sebesar 320 Kg/mm, penggunaan 25% dan 75% *filler* serbuk kaca di dapatkan nilai MQ secara berturut-turut yaitu 311.358 Kg/mm, 249.035 Kg/mm, 369.124 Kg/mm. Sedangkan penggunaan 50% *filler* serbuk kaca yaitu 249.035 Kg/mm tidak mencapai nilai minimum. Hal ini menunjukkan penggunaan serbuk kaca pada kadar 75% memiliki potensi keretakan paling tinggi dikarenakan tidak mampu mengikuti deformasi akibat beban.



Gambar 7. Hasil Bagi Marshall (MQ) pada KAO 6.75%

Sumber : Hasil Penelitian (2021)

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan menunjukkan campuran aspal menggunakan 100% *filler* semen telah memenuhi semua parameter marshall sesuai dengan spesifikasi. Sedangkan campuran aspal menggunakan kombinasi 25%, 50% dan 75% *filler* serbuk kaca dan semen tidak memenuhi spesifikasi Bina Marga 2018 revisi 2. Hal ini disebabkan campuran aspal yang menggunakan serbuk kaca sebagai pengganti sebagian semen tidak dapat mengabsorpsi aspal dengan baik, sehingga volume rongga dalam campuran (VIM) dan rongga dalam agregat (VMA) meningkat. Semakin banyak volume rongga maka campuran aspal menjadi kurang padat dan mengakibatkan stabilitas menurun.

KESIMPULAN

Dari penelitian yang telah dilakukan dengan menggunakan serbuk kaca pengganti sebagian *filler* semen dalam campuran HRS-WC yang mengacu pada Spesifikasi Bina Marga tahun 2018 revisi 2 dapat disimpulkan bahwa:

1. Berdasarkan hasil pengujian menggunakan variasi kadar aspal 5.0%, 5.5%, 6.0%, 6.5%, 7.0% didapat nilai rata-rata KAO yakni sebesar 6.75%.
2. Dilakukan pengujian menggunakan variasi *filler* serbuk kaca sebagai pengganti sebagian semen dalam campuran HRS-WC pada kadar aspal optimum yakni 6.75% dengan hasil sebagai berikut :
 - a. Penggunaan kombinasi 25% *filler* serbuk kaca dan 75% *filler* semen mendapat nilai VMA 21.087%, nilai stabilitas yaitu 861.423 Kg dan nilai MQ yaitu 311.358 Kg/mm yang telah memenuhi spesifikasi Bina Marga 2018 revisi 2. Sedangkan nilai VIM, VFB, dan *flow* tidak memenuhi batas nilai yang ditentukan.
 - b. Penggunaan kombinasi 50% *filler* serbuk kaca dan 50% *filler* semen mendapat nilai VMA 23.590%, nilai stabilitas yaitu 921.431 Kg dan nilai *flow* yaitu 3.70 mm yang telah mencapai nilai minimum dari syarat yang ditentukan. Sedangkan nilai VIM, VFB, dan MQ tidak memenuhi batas nilai pada spesifikasi Bina Marga 2018 revisi 2.
 - c. Penggunaan kombinasi 75% *filler* serbuk kaca dan 25% *filler* semen mendapat nilai VMA 22.035%, nilai stabilitas yaitu 959.724 Kg dan nilai MQ yaitu 369.124 mm yang telah mencapai nilai minimum dari syarat yang ditentukan. Sedangkan nilai VIM, VFB, dan *flow* tidak memenuhi batas nilai pada spesifikasi Bina Marga 2018 revisi 2.
 - d. Hasil uji menunjukkan nilai VIM dan VFB pada penggunaan kombinasi

25%, 50%, 75% *filler* serbuk kaca dan semen tidak memenuhi spesifikasi Bina Marga 2018 revisi 2. Nilai *flow* memenuhi persyaratan pada penggunaan 50% *filler* serbuk kaca. Sedangkan nilai MQ memenuhi spesifikasi pada penggunaan 75% *filler* serbuk kaca. Sehingga serbuk kaca tidak dapat dijadikan sebagai alternatif pengganti *filler* semen.

DAFTAR PUSTAKA

- ASTM, 1994, *Annual Book of ASTM Standards, Construction, Chemical-resistant materials ; vitrified clay, concrete, fiber-cement products ; mortars ; masonry*. Philadelphia, PA: American Society for Testing and Materials.
- Badan Standart Nasional, 2008, *SNI 1970:2008 Cara Uji Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- Direktorat Jendral Bina Marga, 1989. *Petunjuk Pelaksanaan Lapis Aspal Beton Untuk Jalan Raya*, Jakarta: Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rayat.
- Direktorat Jendral Bina Marga. 2004. *Pedoman Umum Pekerjaan Campuran Beraspal Panas*. Jakarta: Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rayat.
- Direktorat Jendral Bina Marga, 2005. *Modul RDE-12: Bahan Perkerasan Jalan*. Jakarta: Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rayat.
- Direktorat Jendral Bina Marga, 2016. *Diklat Spesifikasi Umum Pekerjaan Jalan dan Jembatan, Modul 7 Spesifikasi Perkerasan Aspal*. Jakarta: Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rayat.
- Direktorat Jenderal Bina Marga, 2020. *Spesifikasi Umum Edisi 2018 Revisi 2 Divisi 6*, Jakarta: Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rayat.
- Hamzah, R. A., Kaseke, O. H., & Manoppo, M. R. (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*, Vol.4, No.7.
- Karwur, Handy Yohanes, dkk. 2013. Kuat Tekan Beton dengan Bahan Tambah Serbuk Kaca sebagai Substitusi Parsial Semen. *Jurnal Sipil Statik* Vol. 1, 276-281.
- Ratna Yuniarti, Hasyim, Hariyadi, Teti, H., 2019, *Penggunaan Limbah Kaca Sebagai Filler pada Campuran Perkerasan Aspal Panas*, Bandung: Jurnal Teknik Sipil ITB, Vol.26, No.3. Hal 1-8.
- Rossian March Setiawan, 2013, *Komparasi Penggunaan Filler Kaca Pada Campuran HRS dan SMA Terhadap Karakteristik Marshall dan Workabilitas*. (Naskah Publikasi, Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta).
- Setiawan, B. 2006. *Pengaruh penggunaan agregat kaca pada beton ditinjau dari segi kekuatan dan shrinkage* (Doctoral dissertation, Petra Christian University).
- Sherley, L.H, 1987, *Struktur Jalan Raya*, Bandung: Nova.
- Soehartono, Ir. 2010, *Teknologi Aspal Dan Penggunaannya Dalam Konstruksi Pekerjaan Jalan*, Jakarta: Badan Penerbit Pekerjaan Umum.
- Standar Nasional Indonesia, 2002, *SNI 02-6820-2002 Spesifikasi Agregat Halus Untuk Pekerjaan Adukan dan Plesteran dengan Bahan Dasar Semen*, Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- Standar Nasional Indonesia, 2008, *SNI 1970:2008 Cara Uji Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus*, Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- Sucipto, S., 2020, *Analisa Karakteristik Campuran Aspal Menggunakan Serbuk Kaca* (Doctoral dissertation, Universitas Internasional Batam).
- Sudarsono, D.U., 1993, *Rencana Campuran (Mix Design)*, Jakarta: Yayasan Penerbit Pekerjaan Umum
- Sukirman, Silvia, 1999, *Perkerasan Lentur Jalan Raya*, Bandung: Nova.
- Sukirman, Silvia, 2003, *Beton Aspal Campuran Panas*. Bandung: Grafika Yuana Marga.
- Sukirman, Silvia, 2007, *Beton Aspal Campuran Panas*, Bandung: Institut Teknologi Nasional.
- Permana, A. B., & Mahardi, P. 2019, *Analisa Campuran AC-WC Pen 60/70 Dengan Agregat Reclaimed Asphalt Pavement (Rap) Dan Filler Abu Batu Sebagai Campuran Untuk Penambahan Low Density Polyethylene (Ldpe)*. *Rekayasa Teknik Sipil*, Vol.2.