



Pemanfaatan limbah serbuk kayu dengan zat aditif *anti stripping agent* terhadap uji durabilitas ac-wc (*asphalt concrete-wearing course*)

Ivo Neyra Rahman^{a*}, Devina Sinta Damara^b, Riza Susanti^c, Asri Nurdiana^d

^{a*, b, c, d} Teknik Infrastruktur Sipil dan Perancangan Arsitektur, Sekolah Vokasi, Universitas Diponegoro, Indonesia

ARTICLE INFO

Corresponding author:

Email:

Neyraivo5@gmail.com

Article history:

Received : 21 December 2023

Accepted : 25 June 2024

Publish : 30 September 2024

Keywords:

AC-WC, Asphalt, Anti Stripping Agent, Durability, Wood Powder Ash

ABSTRACT

The increasing number of vehicles each year in Indonesia causes excessive repetition of loads that occur on road pavements, as well as extreme weather changes resulting in damage to the pavement layer, especially at the level of durability, especially in the AC-WC layer. The use of sawdust waste in the AC-WC mixture has met the marshall test values/characteristics, but it is necessary to test its durability; a high durability value indicates that the road is more durable and resistant to weather and water. Therefore, it is necessary to improve the quality of road pavement by adding anti-stripping agent additives at levels of 0.3%, 0.4%, and 0.5% to the AC-WC mixture of 25% wood powder waste substitution in order to improve the properties of asphalt in increasing the coating of asphalt with aggregates in a wet state to produce stronger bonds to extend the life of the road. This study aims to determine the effect of adding anti-stripping agent additives in AC-WC mixtures with sawdust waste on durability tests. Experimental tests were conducted using the research method at the Civil Engineering Laboratory of Diponegoro University Vocational School Semarang. The study results obtained a durability value based on the calculation parameters of the Residual Strength Index (IKS) based on the General Specifications of Bina Marga 2018 (Rev 2), which shows the durability of AC-WC asphalt. The results of marshall testing obtained based on averages include VIM 4.11%, VMA 13.15%, VFA 77.33%, Stability 1893.73 Kg, Flow 2.17 mm and MQ 1070.03 kg/mm from 25% wood powder waste variation with anti-stripping agent additives 0.3%; 0.4%; 0.5% in AC-WC wear layer has met the General Specifications of Bina Marga 2018 (Rev 2). The average durability values of IKS with sequential soaking time are 24 hours 92.24%, 48 hours 88.87%, and 72 hours 80.08%.

Copyright © 2024 PILARS-UNDIP

1. Pendahuluan

Faktor penyebab kerusakan jalan diantaranya kondisi tanah yang tidak stabil, pemadatan diatas lapisan tanah dasar yang tidak optimal, perubahan cuaca yang ekstrem, perubahan suhu, dan konstruksi jalan yang kurang memenuhi standar spesifikasi (Putri, 2022). Oleh karena itu dapat mempengaruhi kinerja lapisan perkerasan jalan terutama pada nilai keawetannya (durabilitas). Inovasi penambahan serbuk kayu pada campuran aspal telah teruji memenuhi nilai karakteristik pada uji penetrasi tetapi diperlukan pengujian durabilitasnya untuk mengetahui keawetan dari perkerasan jalan tersebut, sehingga memerlukan penambahan zat aditif sebagai pengikat pelapisan aspal dan menambah keawetan umur perkerasan jalan. Zat aditif anti stripping agent yang memiliki kelebihan dapat memperbaiki sifat aspal dalam meningkatkan pelapisan aspal dengan agregat dalam keadaan basah, sehingga menghasilkan ikatan lebih kuat untuk memperpanjang umur jalan. Menurut Spesifikasi Umum 2018 Aditif kelekatan dan anti pengelupasan harus ditambahkan dalam bentuk

cairan kedalam campuran agregat dengan menggunakan pompa penakar pada saat proses pencampuran basah. Oleh karena itu penggunaan zat aditif anti stripping agent pada campuran AC-WC dengan serbuk kayu diharapkan dapat meningkatkan keawetan umur perkerasan jalan dan memperbaiki sifat aspal terhadap cuaca dan air. Tujuan dari penelitian ini Menganalisis nilai Marshall meliputi VIM, VMA VFB, Stabilitas, *Flow* dan MQ dari variasi limbah serbuk kayu dengan zat aditif *anti stripping agent* pada lapis aus AC-WC (*Asphalt Concrete – Wearing Course*) dan Menganalisis nilai keawetan (durabilitas) dengan variasi limbah serbuk kayu dan penambahan zat aditif *anti stripping agent* pada lapis aus AC-WC.

2. Data dan metode

2.1. Metode penelitian

Metode penelitian yang dilakukan berawal dari literature review guna mengumpulkan informasi atau topik pembahasan dan permasalahan. Kemudian dilakukannya penelitian secara kuantitatif dengan metode eksperimental pada Laboratorium Transportasi, Sekolah Vokasi Universitas Diponegoro. Pada penelitian ini bermaksud meneliti dan menguji variasi penambahan zat aditif anti *stripping agent* pada campuran lapis aus AC-WC dengan limbah serbuk kayu terhadap uji durabilitas. Variasi kadar penambahan limbah serbuk kayu sebanyak 25% terhadap berat filler dan kadar zat aditif anti *stripping agent* sebanyak 0,3%; 0,4%; 0,5% terhadap berat aspal. Adapun tahapan pada penelitian ini yang meliputi sebagai berikut:

- 1) Pengujian kelayakan material yang digunakan
- 2) Mempersiapkan alat dan bahan tambahan
- 3) Pembuatan rencana inovasi campuran AC-WC
- 4) Pengujian benda uji dan analisis data

2.2. Pengujian kelayakan material

Pengujian kelayakan material bertujuan untuk mengetahui apakah material yang akan digunakan sudah memenuhi spesifikasi. Acuan yang digunakan pada penelitian ini yaitu Spesifikasi Umum Bina Marga Tahun 2018 (Revisi 2). Adapun material yang di uji antara lain agregat kasar, agregat halus, filler, dan aspal, begitu juga dilakukan pengujian bahan tambahan untuk inovasi yaitu limbah serbuk kayu dan zat aditif anti *stripping agent*. Ketentuan agregat kasar untuk campuran AC-WC yaitu lolos saringan 1/2 dan 3/8. Agregat halus memiliki ketentuan maksimal 15% dari total berat campuran, oleh karena itu digunakannya abu batu untuk memenuhi kebutuhan agregat halus. Semen Gresik digunakan sebagai *filler* dengan di tambah limbah serbuk kayu yang sudah menjadi abu. Kemudian penggunaan aspal pada campuran ini yaitu aspal keras dengan penetrasi 60/70.

2.3. Persiapan bahan tambahan

Persiapan bahan atau material tambahan dimulai dari pengolahan limbah serbuk kayu menjadi abu dan zat aditif anti *stripping agent* sebelum ditambahkan pada campuran beraspal. Sebelum bahan tambahan di campur pada campuran beraspal, pengolahan limbah serbuk kayu menjadi abu yaitu dengan cara dibakar kemudian di haluskan dan lolos saringan No.200. Pencampuran zat aditif anti *stripping agent* dilakukan bersamaan saat pencampuran aspal keras dengan material lainnya. Adapun bahan tambah yang digunakan pada penelitian ini disajikan pada Gambar 1 dan Gambar 2.



Gambar 1. Zat Aditif Anti Stripping Agent



Gambar 2. Abu Serbuk Kayu

2.4. Pembuatan campuran lapis AC-WC

Sebelum melakukan pembuatan campuran lapis AC-WC dilakukan penentuan komposisi rancangan campuran, oleh karena itu diperlukannya analisis saringan yang mengacu pada spesifikasi SNI ASTM C136:2012. Selanjutnya pembuatan rancangan campuran lapis AC-WC dengan penambahan limbah serbuk kayu dan zat aditif anti stripping agent yang mengacu pada Spesifikasi Umum Bina Marga tahun 2018 (Revisi 2). Adapun perhitungan aspal minimum dengan rumus *Asphalt Institute* dinyatakan pada persamaan 2.1.

$$P_b = 0,035 \times CA + 0,045 \times FA + \text{Absorpsi Aspal} \dots\dots\dots (2.1)$$

Keterangan:

- P_b = % KAO
- CA = % agregat tertahan No. 4 (4,75 mm)
- FA = % agregat tertahan No. 4 (4,75 mm) tertahan No. 200 (0,075 mm)
0,18 F untuk lolos No. 200 (6-10 %) → diambil
0,20 F untuk lolos No. 200 (≤ 5 %)
- FF = % agregat tertahan No. 200 (0,075 mm)
- Absorpsi Aspal = Nilai penyerapan setiap agregat terhadap aspal

Pembuatan *job mix* campuran lapis AC-WC dengan penambahan ASK sebanyak 25% dan FAP 0,3 % ; 0,4 % ; 0,5 % menggunakan kadar aspal 5,5 % dengan total 36 benda uji. Pembuatan benda uji tersebut bertujuan untuk menentukan kadar optimal FAP pada campuran lapis AC-WC dengan ASK 25%. Adapun hasil rancangan *job mix* benda uji disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. *Job mix design* benda uji

Variabel	Kadar ASK (%)	Kadar FAP (%)	Jumlah Benda Uji Variasi Rendaman (Buah)			
			30 menit (a)	24 jam (b)	48 jam (c)	72 jam (d)
A1	25	0,3	3	3	3	3
A2	25	0,4	3	3	3	3
A3	25	0,5	3	3	3	3
Jumlah			36			

2.5. Pengujian analisis

Tahapan pengujian sempel dengan metode uji durabilitas marshall yang mengacu pada spesifikasi SNI 2488-2018 adalah sebagai berikut:

- 1) Melakukan perendaman sampel selama rentang waktu 30 menit, 24 jam, 48 jam, dan 72 jam
- 2) Mengeluarkan sempel dari waterbath atau bak perendaman; waktu pengangkatan dari bak perendaman sampai peletakan pada alat marshall maksimal 30 detik
- 3) Kemudian letakkan sempel kedalam kepala penekan berbentuk lengkung pada alat marshall.
- 4) Pasang dial stabilitas dan dial *flow*
- 5) Menaikan kepala penekan hingga menyentuh cincin penguji
- 6) Atur jarum dial stabilitas pada angka nol (0)
- 7) Memberikan pembebanan sampai pembebanan maksimum tercapai, catat ketika dial stabilitas mulai mengalami penurunan
- 8) Catat nilai pelelehan pada saat pembebanan maksimum tercapai

Setelah pengujian marshall selesai didapatkan nilai stabilitas dan flow, dilakukan perhitungan untuk mencari parameter marshall dari sampel tersebut. Dari hasil analisis perhitungan antara parameter marshall dengan variasi campuran diperoleh nilai variasi yang memenuhi.

3. Hasil dan pembahasan

3.1. Hasil pengujian kelayakan material

Pengujian kelayakan material pada penelitian ini di mulai dari pengujian agregat yang meliputi uji absorpsi, pengujian berat jenis, uji keausan terhadap agregat menggunakan mesin *Los Angeles* dan uji material lolos saringan No. 200. Kemudian pengujian aspal yang terdiri dari pengujian berat jenis aspal, uji daktilitas, uji titik lembek aspal, dan uji penetrasi aspal. Ketentuan atau spesifikasi pengujian kelayakan material mengacu pada Spesifikasi Umum 2018 (Revisi 2).

1) Pengujian agregat halus

Hasil pengujian agregat halus lolos atau memenuhi batas Spesifikasi Umum 2018 (Revisi 2) yang dinyatakan bahwa material layak untuk digunakan sebagai material benda uji. Adapun Hasil pengujian agregat halus disajikan pada Tabel 2 dan Tabel 3.

Tabel 2. Hasil pengujian pasir

Pengujian	Nilai	Satuan	Spesifikasi	Keterangan
Berat Jenis	2,34	kg/m ³	Min 2,5 kg/m ³	Memenuhi
Penyerapan	1,62	%	Max 3 %	Memenuhi
Material Lolos No.200	6,99	%	Max 10 %	Memenuhi
<i>Sand Equivalent</i>	91,04	%	>70%	Memenuhi

Tabel 3. Hasil pengujian abu batu

Pengujian	Nilai	Satuan	Spesifikasi	Keterangan
Berat Jenis	2,50	kg/m ³	Min 2,5 kg/m ³	Memenuhi
Penyerapan	2,88	%	Max 3 %	Memenuhi
Material Lolos No.200	7,38	%	Max 10 %	Memenuhi
<i>Sand Equivalent</i>	90,60	%	>70%	Memenuhi

2) Pengujian agregat kasar

Hasil pengujian material agregat kasar $\frac{3}{4}$ dan $\frac{1}{2}$ telah memenuhi batas Spesifikasi Umum 2018 (Revisi 2) yang dapat dinyatakan agregat kasar layak untuk digunakan sebagai material benda uji. Adapun hasil pengujian agregat halus di tunjukkan pada Tabel 4 dan Tabel 5.

Tabel 4. Hasil pengujian agregat kasar

Pengujian	Nilai	Satuan	Spesifikasi	Keterangan
Berat Jenis	2,35	kg/m ³	Min 2,5 kg/m ³	Memenuhi
Penyerapan	0,05	%	Max 3 %	Memenuhi
<i>Los Angeles</i>	10,74	%	Max 30 %	Memenuhi
Kelekatan Aspal	95	%	Min 95 %	Memenuhi

Tabel 5. Hasil pengujian agregat kasar

Pengujian	Nilai	Satuan	Spesifikasi	Keterangan
Berat Jenis	2,54	kg/m ³	Min 2,5 kg/m ³	Memenuhi
Penyerapan	0,56	%	Max 3 %	Memenuhi
<i>Los Angeles</i>	10,74	%	Max 30 %	Memenuhi
Kelekatan Aspal	95	%	Min 95 %	Memenuhi

3) Pengujian *filler*

Hasil pengujian abu serbuk kayu sebagai substitusi *filler* telah memenuhi batas Spesifikasi Umum 2018 (Revisi 2) yang dinyatakan layak digunakan sebagai bahan pengisi benda uji. Adapun hasil pengujian substitusi *filler* disajikan pada Tabel 6.

Tabel 6. Hasil pengujian abu serbuk kayu

Pengujian	Nilai	Satuan	Spesifikasi	Keterangan
Berat Jenis	2,11	kg/m ³	Min 2,5 kg/m ³	Memenuhi
Penyerapan	2,56	%	-	Memenuhi
Material Lolos No.200	78,33	%	Min 75 %	Memenuhi

4) Pengujian aspal

Hasil pengujian aspal pen 60/70 telah memenuhi batas Spesifikasi Umum 2018 (Revisi 2) dan dinyatakan aspal layak digunakan pada pembuatan benda uji. Adapun hasil pengujian aspal disajikan pada Tabel 7.

Tabel 7. Hasil pengujian aspal Pen 60/70

Pengujian	Nilai	Satuan	Spesifikasi	Keterangan
Berat Jenis	1,07	Kg/m ³	> 1 Kg/m ³	Memenuhi
Penetrasi	69,5	mm	60 - 70	Memenuhi
Daktilitas	140,5	cm	> 100 cm	Memenuhi
Titik Lembek	52,5	°C	48 °C – 58 °C	Memenuhi

3.2. Hasil analisis *marshall test*

Sebelum dilakukan pengujian marshall benda uji terlebih dulu di ukur tinggi dan berat. Pengujian marshall berupa pelelehan (*flow*) dan stabilitas benda uji, kemudian proses perhitungan untuk mendapatkan hasil parameter *marshall* berupa VIM, VMA, VFA, Stabilitas, Kelelehan (*Flow*), dan MQ. Adapun pengujian *marshall* pada benda uji ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Pengujian *marshall test*

Setelah pengujian *marshall* didapat nilai rata-rata dari VIM, VMA, VFA, Stabilitas, Kelelehan (*Flow*), dan MQ pada benda uji inovasi di tunjukkan pada Tabel 8.

Tabel 8. Hasil perhitungan berdasarkan parameter *marshall*

Uraian Pemeriksaan	Nilai	Spesifikasi	Metoda	Ket.
VIM (<i>Void in the Mix</i>)	4,11	3-5%	AASHTO M323	Memenuhi
VFA (<i>Void in Filled With Asphalt</i>)	77,33	Min 65 %	AASHTO M323	Memenuhi
VMA (<i>Void Mineral Agregat</i>)	13,15	Min. 15%	AASHTO M323	Tidak Memenuhi
Stabilitas <i>Marshal</i>	1893,73	Min. 800 Kg	ASTM D6927-06	Memenuhi
Kelelehan (<i>Flow</i>)	2,17	2 - 4 mm	ASTM D5581-07a	Memenuhi
Hasil bagi Marshall	1070,03	Min 200 kg/mm	ASTM D6927-06 dan ASTM D5581-07a	Memenuhi

Berdasarkan hasil yang disajikan pada Tabel 8 didapatkan hasil rata-rata VIM, VFA, Stabilitas *Marshal*, Kelelehan (*Flow*), Serta MQ telah memenuhi spesifikasi, akan tetapi untuk nilai VMA tidak memenuhi yang telah diisyaratkan. Nilai VMA cenderung menurun disebabkan abu serbuk kayu yang tinggi membuat ruang yang tersedia untuk menampung volume aspal dan volume rongga dalam udara yang diperlukan dalam campuran semakin sedikit (Salim, dkk, 2020). Pemakaian tinggi persentase penambahan abu serbuk kayu maka nilai VMA semakin rendah yang akan mempengaruhi bertambahnya volume aspal yang mengikat pada permukaan agregat dan terserap oleh abu serbuk kayu (Sari, dkk, 2019). Adapun hasil rekapitulasi pengujian durabilitas *marshall* disajikan pada Tabel 9.

Tabel 9. Durabilitas

Durasi Waktu	Kadar ASK 25% dan FAP (%)	Durabilitas IKS Standar (Spesifikasi > 90 %)	Keterangan
30 Menit	ASK 25 % + FAP 0,3%	-	
	ASK 25 % + FAP 0,4%	-	
	ASK 25 % + FAP 0,5%	-	
Rata-rata		-	
24 Jam	ASK 25 % + FAP 0,3%	94,01	Memenuhi
	ASK 25 % + FAP 0,4%	91,87	Memenuhi
	ASK 25 % + FAP 0,5%	90,84	Memenuhi
Rata-rata		92,24	Memenuhi
48 Jam	ASK 25 % + FAP 0,3%	93,12	Memenuhi
	ASK 25 % + FAP 0,4%	90,96	Memenuhi
	ASK 25 % + FAP 0,5%	82,54	Tidak Memenuhi
Rata-rata		88,87	Tidak Memenuhi
72 Jam	ASK 25 % + FAP 0,3%	85,70	Tidak Memenuhi
	ASK 25 % + FAP 0,4%	76,48	Tidak Memenuhi
	ASK 25 % + FAP 0,5%	78,04	Tidak Memenuhi
Rata-rata		80,07	Tidak Memenuhi

Hasil durabilitas standar berdasarkan perhitungan IKS (Indeks Kekuatan Sisa) didapatkan campuran AC-WC dengan variasi penambahan kadar ASK 25 % dan FAP terhadap uji durabilitas telah memenuhi Spesifikasi Umum 2018 Revisi 2 pada variasi campuran AC-WC dan ASK 25 % terhadap substitusi *filler* dengan penambahan kadar optimum FAP 0,3 %.

4. Kesimpulan

Dari pengujian dan analisis data yang telah dilakukan dapat disimpulkan sebagai berikut:

- 1) Kadar optimum penggunaan FAP pada campuran AC-WC dengan ASK 25% yaitu sebanyak 0,3 %.
- 2) Anggaran biaya yang diperlukan pada campuran AC-WC dengan ASK 25% lebih efisien

dibandingkan dengan campuran konvensional dikarenakan berkurangnya penggunaan semen pada *filler*, tetapi pada campuran inovasi relatif lebih mahal dibandingkan dengan campuran konvensional dikarenakan harga FAP itu sendiri memang cenderung mahal.

- 3) Hasil dari nilai Marshall yang didapatkan berdasarkan rata-rata meliputi VIM 4,11 %, VMA 13,15%, VFA 77,33%, Stabilitas 1893,73 Kg, Kelelehan (Flow) 2,17 mm dan MQ 1070,03 kg/mm dari variasi limbah serbuk kayu dengan zat aditif *anti stripping agent* pada lapis aus AC-WC (*Asphalt Concrete – Wearing Course*) telah memenuhi Spesifikasi Umum 2018. Hasil Analisa pada campuran variasi limbah serbuk kayu (ASK) dan penambahan zat aditif *anti stripping agent* pada lapis aus AC- WC memiliki karakteristik campuran yang cenderung kaku dan getas namun masih memiliki sifat plastis.
- 4) Nilai keawetan (durabilitas) rata -rata IKS dengan variasi limbah serbuk kayu dan penambahan zat aditif *anti stripping agent* pada lapis aus AC- WC (*Asphalt Concrete – Wearing Course*) dengan waktu perendaman yang berurutan yaitu, 24 jam 92,24%, 48 jam 88,87%, 72 jam 80,08%. Serta kadar FAP yang memiliki nilai IKS tertinggi yaitu terdapat pada kadar FAP 0,3 % dan dapat diartikan FAP 0,3 % dengan campuran ASK 25 % pada AC-WC merupakan campuran yang optimal dan memenuhi nilai batas dalam Spesifikasi Umum Bina Marga Tahun 2018 (Revisi 2).
- 5) Nilai IKS pada benda uji inovasi di atas batas minimal yang ditetapkan Bina Marga, (2018) revisi 2 yaitu 90 %, sehingga dianggap cukup *durable*, sedangkan nilai IKS benda uji yang mengalami penuaan di bawah 90 %, sehingga dianggap tidak cukup *durable*.

Ucapan terima kasih

Terima kasih kepada Universitas Diponegoro, Dosen pembimbing beserta seluruh pihak yang telah membantu proses keberlangsungan pelaksanaan hingga akhir penelitian ini. Ucapan terimakasih penulis sampaikan juga untuk teman-teman yang sudah membantu penelitian ini.

Referensi

- Aminsyah, M. (2014). Studi Eksperimental Penambahan Zat Aditif Anti Stripping Pada Kinerja Campuran Aminsyah, M. (2014). Studi Eksperimental Penambahan Zat Aditif Anti Stripping Pada Kinerja Campuran Aspal Beton (Ac-Wc). *Jurnal Teknik Sipil Dan Lingkungan*, 642-647.
- Anggrainia, Y., Alfian Malik, & Sebayang, M. (2020). Analisa Kinerja Campuran Ac-Wc Dengan Pemanfaatan Kombinasi Limbah Abu Bata Dan Abu Serbuk Kayu Sebagai Filler. *Jurnal Sainstek*.
- Attamimi, M. F., F. A., & Desei, F. L. (2021). Kajian Durabilitas Dan Penuaan Asphalt Concrete-Wearing Course (Ac-Wc) Asbuton Pracampur Terhadap Variasi Lama Rendaman. *Composte Journal*, 32-40.
- Cahyaa, C. Y., Saleh, S. M., & Anggraini, R. (2018). Karakteristik Penggunaan Abu Serbuk Kayu Sebagai Substitusi Filler Pada Campuran Laston Lapis Aus. *Jurnal Arsip Rekayasa Sipil Dan Perencanaan*, 61-68.
- Hardiyatmo, H. C. (2015). *Pemeliharaan Jalan Raya : Perkerasan, Drainase, Longsoran*. Yogyakarta: Gajah Mada University Press.
- Pratama, M. M., Afdila, Z. N., & Karyadi, K. (2021). Analisis Daktilitas Balok Beton Gradasi Dengan Disparitas Mutu Beton Serat Tekan Dan Serat Tarik. *Jurnal Bangunan*.
- Putri, A. D. (2022). *Pengaruh Penambahan Serbuk Arang Tempurung Kelapa*. Bandar Lampung.
- Saifuddin, M. I. (2010). *Pengaruh Penambahan Campuran*.
- Simanjuntak, A. J., Desriantomy, & Silitonga, S. P. (2021). *Pemanfaatan Abu Serbuk Kayu Sebagai Tambahan*. *Jurnal Teknika*, 1-10.
- Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Revisi 2. (N.D.). Jakarta: Ementerian Pekerjaan Umum Dan Perumahan Rakyat Direktorat Jendrak Bina Marga.
- Sukirman, S. (2016). *Beton Aspal Campuran Panas*. Jakarta: Institut Teknologi Nasional.
- Zulfhazli, A. (2018). *Penggunaan Abu Batu Bara Sebagai Filler Pada Campuran Aspal Beton AC-BC*. *Teras Jurnal : Jurnal Teknik Sipil*.
- Sari, M., Montolalu, W., Arifin, W., Syarkawi, M. T., & Anies, M. K. (2019). *Pengaruh Variasi Lama Perendaman Terhadap Durabilitas Campuran Aspal dengan Abu Sekam Kayu pada*. *JILMATEKS*.
- Sukirman, S. (2012). *Beton Aspal Campuran Panas*. Jakarta: Institut Teknologi Nasional.