

PENGGUNAAN ABU TERBANG PT INDAH KIAT SEBAGAI BAHAN PENGISI (*FILLER*) DALAM CAMPURAN ASPAL JENIS AC-WC DENGAN PENGUJIAN MARSHALL

Ramadini Febrina¹⁾, Alfian Malik²⁾, Yosi Alwinda²⁾

¹⁾Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Riau

²⁾Dosen Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Riau

Kampus Bina Widya Jl. HR Soebrantas KM 12,5 Pekanbaru, Kode 28293

Email : ramadini.febrina@student.unri.ac.id

ABSTRACT

The filler in a concrete asphalt mixture that is commonly used is Portland cement which is relatively expensive. It is expected that the filler is replaced with cheaper materials. Flying ash is a relatively cheaper material because fly ash is waste material. The purpose of this study was to determine the effect of the use of fly ash fillers in AC-WC asphalt mixtures. This study used the percentage of optimum asphalt content (KAO), namely 5%, 5.5%, 6%, 6.5% and 7%. The proportion of fly ash used is 0%, 2%, 4%, 6% and 8%. The specifications used follow the 2018 Bina Marga Standard using the Marshall method. The results of this study indicate that the AC-WC mixture using fly ash filler has a better stability value than not using fly ash filler. The recommended level of fly ash for AC-WC mixtures according to specifications is 6% because it has better values of KAO 6,58% stability, flow, VIM, VMA, VFA, and MQ and meets the 2018 Bina Marga standards.

Keywords : Fly ash, Filler, AC-WC, Bina Marga Specification 2018

A. PENDAHULUAN

Transportasi darat merupakan transportasi yang paling banyak digunakan dibanding dengan transportasi udara atau laut. Hal ini karena transportasi darat jauh lebih murah. Selain itu transportasi darat juga digunakan untuk perjalanan dengan jarak tempuh dekat. Sehingga perkembangan transportasi darat sangat pesat, baik itu perkembangan alat transportasi itu sendiri maupun media yang digunakan yaitu jalan. Berbeda dengan transportasi udara dan laut, transportasi darat harus memiliki media. Jalan raya merupakan media yang digunakan kendaraan darat agar bisa dilalui.

Jalan raya memiliki dua jenis perkerasan yaitu perkerasan kaku (rigid pavement) dan perkerasan lentur (flexible pavement). Konstruksi perkerasan lentur memiliki beberapa lapis perkerasan yang memiliki fungsi tersendiri. Mulai pada lapisan yang paling bawah yaitu lapis tanah dasar (sub-grade) yang terletak di atas lapisan tanah asli, kemudian dilanjutkan dengan lapis pondasi atas (base course), dan lapis permukaan (surface course). Lapis permukaan terbagi dua yaitu AC-BC dan AC-WC, dengan lapis AC-WC di atasnya.

Asphalt Concrete - Wearing Course (AC-WC) merupakan lapisan perkerasan yang terletak paling atas dan berfungsi sebagai lapisan aus. Walaupun bersifat non struktural, AC-

WC dapat menambah daya tahan perkerasan terhadap penurunan mutu sehingga secara keseluruhan menambah masa pelayanan dari konstruksi perkerasan. AC-WC mempunyai tekstur yang paling halus dibandingkan dengan jenis laston lainnya.

Lapisan AC-WC harus memiliki sifat kedap air agar lapisan dibawahnya tidak rusak, sehingga memerlukan sebuah filler sebagai campuran untuk mengisi rongga udara pada campuran. Ukuran filler yang dibutuhkan pada campuran perkerasan aspal harus mempunyai butiran yang halus yaitu lolos saringan nomor 200 dan memiliki kelebihan tertentu yang meningkatkan mutu aspal tersebut. Filler yang biasa digunakan adalah semen portland, kapur, abu batu dan abu terbang.

Penelitian ini menganalisis karakteristik campuran aspal beton dengan variasi filler abu terbang (flyash). Pada penelitian Anas T (2009) campuran filler abu terbang menghasilkan sifat-sifat dari aspal beton menjadi meningkat. Penambahan variasi filler abu terbang meningkatkan stabilitas, fleksibilitas, dan durabilitas campuran.

Abu terbang merupakan limbah dari pembakaran batu bara. Limbah ini tergolong limbah B3 yang didominasi 70% kandungan silika+alumina+besi oksida. Banyak perusahaan-perusahaan yang menghasilkan limbah abu terbang ini, salah satunya perusahaan PT. Indah Kiat yang terletak di Perawang. Tumpukan limbah batu bara tersebut menyebabkan polusi udara dan tercemarnya air tanah di sekitar daerah tersebut. Limbah yang dihasilkan dari pembakaran batu bara 80% akan menjadi abu terbang. Sehingga dengan pemanfaatan abu terbang ini sebagai filler diharapkan bisa mengurangi jumlah limbah yang dihasilkan oleh

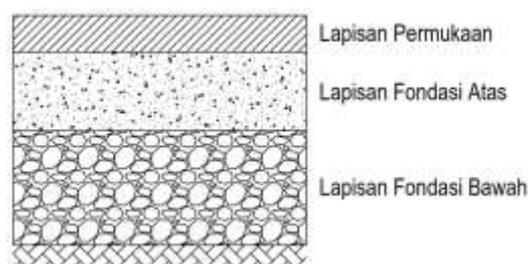
perusahaan-perusahaan tersebut (Agisman, 2018).

Abu terbang batu bara termasuk dalam kategori limbah industri yang mempunyai potensi untuk digunakan dalam konstruksi jalan raya karena kandungan silika+alumina+besi oksida yang tinggi yang dapat memperkuat daya tahan aspal (Rizaldi, 2018). ASTM C618-05 mengatakan abu terbang yang dihasilkan oleh pembakaran batu bara tergolong kelas F, yaitu abu terbang rendah kalsium dan memiliki sifat ikat pozzolanik. Abu terbang batu bara juga memiliki ukuran partikel yang sangat halus yang dapat dijadikan sebagai mineral filler. Sehingga pada penelitian ini abu terbang batu bara dijadikan sebagai filler campuran AC-WC.

B. TINJAUAN PUSTAKA

B.1. Perkerasan Jalan

Perkerasan jalan merupakan suatu komponen yang sangat penting dalam memenuhi kelancaran pergerakan lalu lintas. Perkerasan jalan adalah konstruksi yang dibangun di atas lapisan tanah dasar yang menopang beban lalu lintas (Hendarsin, 2000). Perkerasan jalan yang umum digunakan saat ini terdiri dari tiga jenis yaitu Perkerasan lentur (*flexible pavement*), Perkerasan kaku (*rigid pavement*), dan Perkerasan komposit (*composite pavement*). Lapisan-lapisan pada perkerasan dapat dilihat pada Gambar 1 berikut ini:



Gambar 1 Lapis Perkerasan Jalan

Secara umum, perkerasan jalan terdiri dari beberapa lapis, yaitu:

a. Lapis permukaan (*surface course*)

Lapisan permukaan (*surface course*) merupakan lapisan yang terletak paling atas, artinya lapisan ini adalah lapisan yang bersentuhan langsung dengan ban kendaraan sehingga lapisan ini adalah lapisan yang pertama yang menerima beban kendaraan.

b. Lapis pondasi atas (*base course*)

Lapisan pondasi atas (*base course*) adalah lapisan kedua setelah lapisan permukaan. lapisan ini berada di bawah lapisan permukaan dan di atas lapisan pondasi bawah. Apabila suatu perkerasan lentur dirancang tanpa memakai lapisan pondasi bawah, maka lapisan pondasi berada di atas tanah dasar. Biasanya lapisan pondasi terdiri dari material berupa agregat seperti batu pecah, sirtu, terak pecah atau kombinasi campuran material tersebut.

c. Lapis pondasi bawah (*subbase course*)

Lapisan pondasi bawah (*subbase course*) merupakan lapisan yang bersentuhan dengan tanah dasar, karena letaknya di bawah lapis pondasi atas dan di atas tanah dasar. Lapisan pondasi bawah merupakan lapisan paling tebal dari lapisan lainnya. Namun memiliki material yang kualitasnya lebih rendah (kekuatan, plastisitas, dan gradasi), tetapi masih lebih tinggi dari kualitas material pada tanah dasar. Hal ini agar dengan lapisan pondasi relatif cukup tebal (pendistribusian beban), biaya yang dipakai dalam pembuatan lebih murah. Oleh Karena itu, kualitas lapis pondasi bawah ini sangat bervariasi dengan persyaratan tebal pada perencanaanya terpenuhi.

B.2. Lapis Aspal Beton (Laston)

Beton aspal (laston) adalah jenis perkerasan jalan yang terdiri dari campuran agregat dan aspal, dengan atau tanpa bahan tambahan. Salah satu produk campuran beton aspal yang kini banyak digunakan adalah *Asphalt Concrete Wearing Course (AC-WC)*. AC-WC adalah salah satu dari tiga macam campuran lapis aspal beton yaitu AC-Base, AC-BC dan AC-WC.

Asphalt Concrete Wearing Course (AC-WC) adalah lapisan perkerasan yang berhubungan langsung dengan ban kendaraan, merupakan lapisan yang kedap air, tahan terhadap cuaca, dan mempunyai kekesatan yang disyaratkan dengan tebal nominal minimum 4 cm. Lapisan-lapisan tersebut berfungsi untuk menerima beban lalu lintas dan menyebarkannya ke lapisan di bawahnya berupa muatan kendaraan (gaya vertikal), gaya rem (Horizontal) dan pukulan Roda kendaraan (getaran). Karena sifat penyebaran beban, maka beban yang diterima oleh masing-masing lapisan berbeda dan semakin ke bawah semakin besar. Lapisan yang paling atas disebut lapisan permukaan dimana lapisan permukaan ini harus mampu menerima seluruh jenis beban yang bekerja

Penggunaan AC-WC yaitu untuk lapis permukaan (paling atas) dalam perkerasan dan mempunyai tekstur yang paling halus dibandingkan dengan jenis aspal beton lainnya. Terdapat tujuh karakteristik campuran yang harus dimiliki oleh aspal beton adalah stabilitas, keawetan, fleksibilitas, ketahanan terhadap kelelahan, kekesatan permukaan, kedap air dan kemudahan pelaksanaan. Untuk ketentuan sifat-sifat campuran aspal beton dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Ketentuan Sifat-sifat Campuran Beton Aspal

Sifat-Sifat Campuran		Asphalt Concrete					
		WC		BC		Base	
		Halus	Kasar	Halus	Kasar	Halus	Kasar
Kadar aspal efektif (%)	Min	5,1	4,3	4,3	4	4	3,5
Penyerapan aspal (%)	Maks				1,2		
Jumlah tumbukan perbidang			75				112
Rongga dalam campuran, VIM (%)	Min				3		
	Maks				5		
Rongga dalam agregat, VMA (%)	Min	15			14		13
Rongga terisi aspal, VFA (%)	Min	65			63		60
Stabilitas Marshall (kg)	Min		800				1800
Pelelehan (mm)	Min		2				4,5
	Maks		4				

Sumber: Spesifikasi Umum Bina Marga 2018

Gradasi agregat gabungan untuk campuran AC-WC yang mempunyai gradasi menerus ditunjukkan dalam

persen berat agregat, harus memenuhi batas-batas dan harus berada di luar daerah larangan (*restriction zone*) yang diberikan dalam Tabel 2.

Tabel 2. Gradasi Agregat Gabungan Untuk Campuran Beraspal

Ayakan	(mm)	% Berat Yang Lolos Terhadap Total Agregat dalam Campuran Laston (AC)		
		WC	BC	AC-BASE
1 ½"	37,5	-	-	100
1"	25	-	100	90-100
¾"	19	100	90 – 100	76 – 90
½"	12,5	90 – 100	75 – 90	60 – 78
3/8"	9,5	77 – 90	66 – 82	52 - 71
No. 4	4,75	53 – 69	46 -64	35 – 54
No. 8	2,36	33 -53	30 – 49	23 – 41
No. 16	1,18	21 – 40	18 – 38	13 – 30
No. 30	0,6	14 – 30	12 – 28	10 – 22
No. 50	0,3	9 – 22	7 – 20	6 – 15
No. 100	0,15	6 – 15	5 -13	4 – 10
No. 200	0,075	4 – 9	4 – 8	3 – 7

Sumber: Spesifikasi Umum Bina Marga 2018

B.3. Bahan Penyusun Aspal Beton

B.3.1. Aspal

Aspal didefinisikan sebagai material perekat (*cementitious*), berwarna hitam atau coklat tua, dengan unsur utama bitumen. Aspal dapat diperoleh di alam ataupun merupakan residu dari pengilangan minyak bumi. Secara fisik

aspal keras/aspal semen adalah material yang pada temperatur ruang berbentuk padat dan bersifat termoplastis. Jadi aspal akan mencair jika dipanaskan sampai temperatur tertentu, dan kembali membeku jika temperatur turun. Banyaknya aspal dalam campuran perkerasan berkisar 4 - 10% berdasarkan berat campuran atau 10 - 15%

berdasarkan volume campuran, (Sukirman, 2007).

Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 menyatakan persyaratan aspal keras harus memenuhi ketentuan seperti pada Tabel 3.

Tabel 3. Spesifikasi Untuk Aspal Keras

No.	Jenis Pengujian	Aspal Pen. 60-70
1	Penetrasi pada 25°C (0,1 mm)	60 – 70
2	Viskositas Kinematis 135°C (cSt)	≥ 300
3	Titik Lembek (°C)	≥ 48
4	Daktilitas pada 25°C (cm)	≥ 100
5	Titik Nyala (°C)	≥ 232
6	Berat Jenis	≥ 1,0
Pengujian Residu Hasil TFOT (SNI 06-2440-1991)		
7	Berat yang Hilang (%)	≤ 0,8
8	Penetrasi pada 25°C (0,1 mm)	≤ 54
9	Daktilitas pada 25°C (cm)	≥ 50

Sumber: Spesifikasi Umum Bina Marga 2018

B.3.2. Agregat

Agregat merupakan butir-butir batu pecah, kerikil, pasir atau mineral lain, baik yang berasal dari alam maupun buatan yang berbentuk mineral padat

berupa ukuran besar maupun kecil atau fragmen-fragmen. Agregat merupakan komponen utama dari struktur perkerasan perkerasan jalan, yaitu 90 - 95% agregat berdasarkan persentase berat, atau 75 - 85% agregat berdasarkan persentase volume. Dengan demikian kualitas perkerasan jalan ditentukan juga dari sifat agregat dan hasil campuran agregat dengan material lain (Sukirman, 2003).

Agregat juga dibagi berdasarkan ukuran butirannya menurut Bina Marga Tahun 2018 yaitu:

1. Agregat Kasar (*Course Aggregate*), yaitu agregat dengan ukuran butiran lebih besar atau tertahan pada saringan No. 4 (4,75 mm).
2. Agregat Halus (*Fine Aggregate*), yaitu agregat dengan ukuran butiran lebih kecil atau lolos pada saringan No. 4 (4,75 mm) dan tertahan saringan no.200
3. Fraksi Bahan Pengisi (*Filler Fraction*), termasuk agregat halus yang sebagian besar lolos saringan no.200

Ketentuan – ketentuan dalam penggunaan agregat kasar dan halus dapat dilihat pada Tabel 4 dan Tabel 5.

Tabel 4. Ketentuan Agregat Kasar

Pengujian			Standar	Spesifikasi	
				Min	Max
Kekekalan terhadap larutan (%)	bentuk agregat	natrium sulfat	SNI 3407:2008	12	
		magnesium sulfat		18	
Abrasi dengan mesin Los Angeles (%)	Campuran Modifikasi	AC 100 putaran	SNI 2417:2008	6	
		500 putaran		30	
	Semua jenis aspal bergradasi lainnya	100 putaran		8	
		500 putaran		40	
Kelekatan agregat terhadap aspal (%)			SNI 2439:2011	95	
Butir pecah pada agregat kasar (%)			SNI 7619:2012	95/90	
Partikel pipih dan lonjong (%)			ASTM D4791 Perbandingan 1:5	10	
Material lolos saringan ayakan No. 200 (%)			SNI 03-4142-1996	1	

Sumber: Spesifikasi Umum Bina Marga 2018

Tabel 5. Ketentuan Agregat Halus

Pengujian	Standar	Spesifikasi	
		Min	Max
Nilai setara pasir (%)	SNI 03-4428-1997	50	
Angularitas dengan uji kadar rongga (%)	SNI 03-6877-2002	45	
Gumpalan lempung dan butir - butir mudah pecah dalam agregat (%)	SNI 03-4141-1996		1
Agregat lolos ayakan No. 200 (%)	SNI ASTM C117:2012		10

Sumber: Spesifikasi Umum Bina Marga 2018

B.3.3. Bahan Pengisi (*Filler*)

Bahan pengisi (*filler*) merupakan material dengan ukuran butiran yang sangat kecil yang digunakan untuk mengisi rongga-rongga udara pada campuran yang lebih kecil dan tidak mampu diisi oleh agregat maupun aspal. Namun persentase bahan pengisi harus efektif, jika terlalu banyak maka akan menyebabkan campuran menjadi getas dan mudah retak akibat beban lalu lintas. Sebaliknya jika terlalu sedikit akan menghasilkan campuran yang lunak dan tidak tahan oleh perubahan cuaca.

Selain fungsinya sebagai pengisi rongga udara *filler* juga memiliki sifat yang meningkatkan kualitas perkerasan. *Filler* yang ditambahkan harus kering dan bebas dari gumpalan-gumpalan dan memiliki sifat non plastis. *Filler* harus memenuhi ketentuan yaitu 75% lolos saringan No.200.

B.3.4. Abu Terbang

Abu terbang batu bara merupakan bahan anorganik sisa pembakaran batu bara dan terbentuk dari perubahan bahan mineral karena proses pembakaran. Pada pembakaran batu bara dalam pembangkit tenaga listrik terbentuk dua jenis abu yakni abu terbang batu bara (*fly ash*) dan abu

dasar (*bottom ash*). Partikel abu yang terbawa gas buang disebut abu terbang batu bara, sedangkan abu yang tertinggal dan dikeluarkan dari bawah tungku disebut abu dasar. Sebagian abu dasar berupa lelehan abu disebut terak (*slag*). Abu terbang batu bara yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah abu terbang batu bara dari hasil limbah PT. Indah Kiat.

Abu terbang kelas F disebut juga abu terbang rendah kalsium. Abu terbang ini didominasi oleh kandungan silika+alumina+besi oksida lebih dari 70%. Abu terbang kelas F sering ditemukan pada sisa pembakaran batu bara dan memiliki sifat ikat *pozzolanik* layaknya semen. Oleh karena itu, abu terbang kelas F dapat digunakan sebagai filler (Rizaldi, 2018). Spesifikasi kandungan kimia abu terbang berdasarkan ASTM C618-05 dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6 Karakteristik Kimia Abu Terbang

Karakteristik Kimia	Kelas		
	N	F	C
SiO ₂ + Al ₂ O ₃ + Fe ₂ O ₃ , minimal (%)	70	70	50
SO ₃ , maksimal (%)	4	5	5
Kadar pelembapan maksimal (%)	3	3	3
Loss on ignition (LOI), maksimal (%)	10	12	6

Sumber: ASTM C618-05

B.4. Parameter dan Formula Perhitungan

Parameter dan formula yang digunakan yaitu perhitungan campuran aspal panas yang mengacu pada RSNI M-01-2018 (Bina Marga, 2018). Berikut adalah parameter dan formula pada RSNI M-01-2018.

- a. Kadar aspal rencana
- b. Berat jenis
- c. Berat isi benda volume
- d. Rongga dalam Mineral Agregat (*Void in Mineral Aggregate*, VMA)
- e. Rongga dalam Campuran (*Void in Mixture*, VIM)
- f. Rongga Udara Yang Terisi Aspal (*Void Filled Asphalt*, VFA)

B.5. Kadar Aspal Optimum (KAO)

Kadar Aspal Optimum (KAO) adalah kadar aspal yang menghasilkan sifat campuran perkerasan yang terbaik dan telah memenuhi persyaratan. Bina Marga menetapkan 5 karakteristik Marshall untuk menentukan KAO yaitu, stabilitas, kelelahan, VIM, VMA, VMA dan MQ.

B.6. Pengujian Campuran Aspal Beton

Campuran aspal beton dibentuk oleh agregat, aspal dan atau bahan tambahan yang dicampur dan dipadatkan pada suhu tertentu. Pengujian untuk campuran aspal beton antara lain pengujian volumetrik dan pengujian Marshall.

Pengujian *Marshall* merupakan pengujian untuk menentukan karakteristik dari suatu campuran beraspal yang dilihat dari nilai stabilitas, kelelahan (*flow*) dan *Marshall Quotient*(MQ)

C. METODOLOGI

Metode penelitian yaitu terdiri dari studi literatur dan melakukan eksperimen yaitu melakukan pengujian sesuai standar dalam memperoleh data yang diinginkan. Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Jalan Raya Fakultas Teknik Universitas Riau.

C.1. Peralatan Dan Material

Peralatan yang digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Alat uji pemeriksaan agregat
2. Alat uji pemeriksaan aspal
3. Satu set saringan AC-WC
4. Cetakan benda uji dengan diameter 10,16 cm dan tinggi 7,62 cm, lengkap dengan pelat alas dan leher sambung.
5. Alat Uji Marshall
6. Mesin penumbuk dengan permukaan yang rata berbentuk silinder dengan berat 4,54 kg dan tinggi jatuh bebas 45,7 cm.
7. Oven dengan suhu mencapai 200°C
8. Water batch atau bak rendaman dengan suhu mulai 10-100°C
9. Thermometer
10. Timbangan
11. Perlengkapan lainnya

Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Aspal PEN 60/70 merek Esso yang telah tersedia di Laboratorium Jalan Raya Universitas Riau.
2. Agregat kasar dan halus hasil berasal dari *Quarry* Ex Pangkalan
3. Abu terbang (*fly ash*) diperoleh dari limbah industri hasil pembakaran batu bara yang diambil dari PT. Indah Kiat.

C.2. Rancangan Campuran Laston

Penentuan campuran atau proporsi masing-masing agregat yang akan digunakan harus memenuhi syarat

Spesifikasi Umum Bina Marga 2018. Pada penelitian ini jenis gradasi Laston yang akan digunakan adalah gradasi AC-WC (*Asphalt Concrete – Wearing Course*).

C.2.1. Proporsi Agregat

Pada penelitian ini proporsi agregat ditentukan dengan menggunakan metode coba-coba (*trial and error*). Proporsi campuran agregat diperoleh dari mengambil nilai tengah dari batas maksimum dan batas minimum persentase lolos saringan yang telah ditetapkan.

C.2.2. Perkiraan Kadar Aspal dan Jumlah Sampel

Penentuan kadar aspal rencana dapat ditentukan menggunakan rumus empiris. Untuk mendapatkan kadar aspal yang optimum, maka dibuat benda uji dengan rentang 2 kadar aspal di bawah kadar aspal tengah dan 2 kadar aspal di atas kadar aspal tengah (-1,0%; -0,5%; P; +0,5%; +1%).

Kadar aspal rencana diperoleh 6,05% atau sekitar 6% dari berat total campuran agregat. Kemudian ditentukan nilai variasi kadar aspal untuk menentukan kadar aspal optimum (KAO) adalah 5,0%, 5,5%, 6%, 6,5% dan 7,0%. Berdasarkan variasi kadar aspal, kadar *filler* dan jenis pengujian yang akan dilakukan untuk mendapatkan KAO, maka jumlah benda uji yang dibutuhkan adalah sebanyak 75 buah.

Setelah diperoleh nilai kadar aspal optimum (KAO) untuk masing masing variasi proporsi *filler*, kemudian dibuat benda uji dengan menggunakan kadar aspal optimum dengan pengujian *Marshall* standar sebanyak 3 buah setiap variasinya.

C.3. Metode *Marshall*

Pengujian ini dimaksudkan untuk mengetahui karakteristik campuran, menentukan ketahanan atau stabilitas terhadap kelelahan plastis (*flow*) dari campuran aspal.

C.3.1. Persiapan Agregat dan *Filler*

Sebelum digunakan agregat harus dikeringkan pada suhu 157°C hingga beratnya tetap. Kemudian agregat dipisahkan berdasarkan saringan. Persiapan yang dilakukan terhadap agregat dan *filler* adalah sama. Perbedaannya yaitu proporsinya dalam suatu campuran beraspal.

C.3.2. Persiapan Aspal

Persiapan yang dilakukan terhadap aspal yaitu dengan memanaskan pada suhu di bawah titik nyalanya hingga aspal mencair dengan menggunakan kompor gas. Untuk membuat seluruh jenis variasi campuran aspal dan *filler* diperlukan berat ± 1.200 gram.

Kemudian langkah selanjutnya dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7 Tahapan Pengujian *Marshall*

No.	Pengujian	Standar
1	Pembuatan Benda Uji	RSNI M-01-2003
2	Berat Jenis Campuran	RSNI M-01-2003
3	<i>Marshall</i>	RSNI M-01-2003

Sumber: Spesifikasi Umum Bina Marga 2018

D. HASIL DAN PEMBAHASAN

D.1. Hasil Pengujian Bahan Penyusun

Sebelum digunakan sebagai bahan campuran Laston, semua material atau bahan penyusun Laston harus diuji karakteristiknya terlebih dahulu. Pengujian ini bertujuan untuk melihat apakah material yang digunakan layak

untuk bahan campuran Laston dan memenuhi Spesifikasi Umum Bina Marga 2018.

Bahan-bahan penyusun material aspal beton terdiri dari aspal, agregat

kasar, agregat halus dan abu terbang dengan hasil sebagai berikut.

1. Aspal

Tabel 8 Hasil Pengujian Aspal

Sifat-sifat Material Yang Diuji	Standar Uji	Satuan	Hasil Uji	Spesifikasi	
				Min	Maks
Penetrasi, 25 °C, 100 gr, 5 detik	SNI-06-2456-1991	0,1 mm	63,50	60	70
Penetrasi, 25 °C, 100 gr, 5 detik (Setelah TFOT)		%	84,77	54	
Titik Lembek (<i>Softening Point</i>)	SNI-06-2434-2011	°C	57,80	48	
Titik Nyala dgn Clevelen Open Cup	SNI-06-2433-2011	°C	265	232	
Berat Jenis	SNI-06-2441-2011		1,030	1,0	
Kehilangan Berat (TFOT)	SNI-06-2440-1991	% berat	0,415		0,8
Viskositas					
> Suhu Pematatan Ideal (Viscositas = 280 cSt)	(1) AASHTO T 72-90	°C	147,00	135	155
Suhu Pematatan Min (280 - 30 = 250)		°C	149,00		
Suhu Pematatan Max (280 + 30 = 310)		Dan	°C	145,00	
> Suhu Pencampuran Ideal (Viscositas = 170 cSt)	(2) AASHTO T 54-61	°C	157,00	149	160
Suhu Pencampuran Min (170 - 20 = 150)		°C	159,00		
Suhu Pencampuran Max (170 + 20 = 190)		°C	155,00		
Viskositas Kinematis 135 °C, 5 (cSt)	SNI 06-6441-2000	°C	570,00	300	

Aspal yang digunakan adalah aspal dengan penetrasi 60/70 yang diambil dari Laboratorium Jalan Raya Fakultas Teknik Universitas Riau. Hasil pengujian aspal dapat dilihat pada Tabel 8.

2. Agregat Kasar

Hasil pengujian agregat kasar telah memenuhi standar Bina Marga 2018 yang dapat dilihat pada Tabel 9 berikut.

Tabel 9 Hasil Pengujian Agregat Kasar

Pengujian	Standar	Hasil Pengujian	Spesifikasi	
			Min	Maks
Kekekalan bentuk agregat terhadap larutan (%)	SNI 3407:2008	natrium sulfat	6,053	12
		magnesium sulfat	-	18
Abrasi dengan mesin <i>Los Angeles</i> (%)	SNI 2417:2008	Campuran AC 100 putaran	-	6
		Modifikasi 500 putaran	-	30
		Semua jenis campuran aspal bergradasi lainnya 100 putaran	-	8
		500 putaran	15,21	40
Kelekatan agregat terhadap aspal (%)	SNI 2439:2011	98,41	95	
Butir pecah pada agregat kasar (%)	SNI 7619:2012	100	95/90	
Partikel pipih dan lonjong (%)	ASTM D4791 Perbandingan 1: 5	7,45		10
Material Lolos Ayakan No.200	SNI 03-4142-1996	0,23		2

3. Agregat Halus

Hasil pengujian agregat halus dapat dilihat pada Tabel 10 berikut.

Tabel 10 Hasil Pengujian Agregat Halus

Pengujian	Hasil Pengujian	Spesifikasi	
		Min	Maks
Nilai setara pasir (%)	70,03	60	
Angularitas dengan uji kadar rongga (%)	45,10	45	
Gumpalan lempung dan butir - butir mudah pecah dalam agregat (%)	0,462		1
Material Lolos Ayakan No.200	10		10

4. Abu Terbang (*Filler*)

Hasil pengujian abu terbang telah memenuhi standar Bina Marga 2018 yang dapat dilihat pada Tabel 11 berikut.

Tabel 11 Hasil Pengujian Abu Terbang

Jenis Pemeriksaan	Syarat	Hasil
Lolos saringan no. 200	75	90,45 %
Berat jenis	-	1,09

D.2. Hasil Pengujian karakteristik Laston AC-WC

Karakteristik campuran aspal beton dapat diketahui dengan menganalisis nilai berat isi, *VIM*, *VMA*, *VFA*, stabilitas, *flow* dan *MQ*. Untuk dapat menentukan nilai-nilai tersebut diperlukan data hasil pengujian volumetrik benda uji *Marshall*, pengujian analisis saringan, berat jenis agregat dan berat jenis aspal. Data tersebut dapat dilihat pada Tabel 12 berikut.

Tabel 12. Data Perhitungan Karakteristik Campuran

Uraian	Berat Jenis		Proporsi Dalam Campuran (%)
	Kering (<i>Bulk</i>)	Semu (<i>Apparent</i>)	
Agregat Kasar (19 mm s.d 2,36 mm)	2,53	2,71	15
Agregat Sedang (0,6 mm s.d 0,075 mm)	2,54	2,74	32
Agregat Halus (< 0,075 mm)	2,56	2,69	51
Aspal PEN 60/70	1,09		2
Pengujian Volumetrik	Sampel 1	Sampel 2	Sampel 3
Berat Benda Uji Kering (gram)	1.171,4	1.172,6	1.174,4
Berat Benda Uji Kering Permukaan (gram)	1.185,0	1.182,0	1.187,0
Berat Benda Uji Dalam Air (gram)	679,0	674,0	682,0
Stabilitas Pembacaan Alat (div)	62	68	52
Kelelahan Pembacaan Alat (mm)	3,70	4,10	4,00

D.3. Penentuan Kadar Aspal Optimum Campuran Laston AC-WC

Untuk mendapatkan nilai kadar aspal optimum (KAO), metode yang digunakan berdasarkan RSNI M-01-2003 dengan lima karakteristi marshall

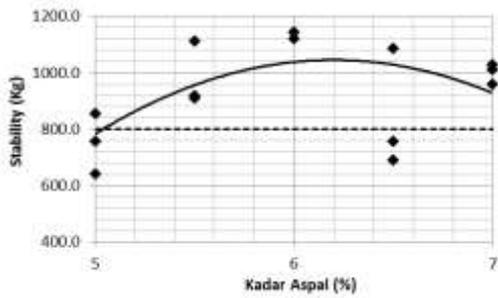
dengan menjabarkan grafik stabilitas, *flow*, *VIM*, *VMA* dan *MQ*. Setiap nilai yang didapat memiliki batas yang diatur oleh Bina Marga. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Tabel 13 perhitungan nilai KAO dengan kadar abu terbang 2%.

Tabel 13. Hasil Pengujian Marshall untuk Mencari KAO pada *Filler* 2%

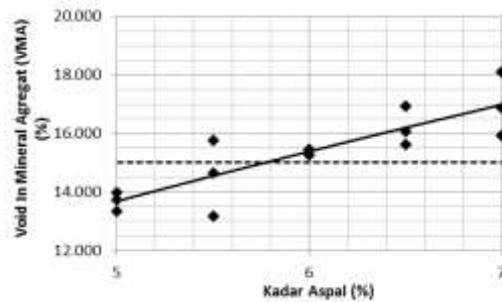
% Kadar Aspal		<i>VMA</i> (%)	<i>VIM</i> (%)	<i>VFA</i> (%)	<i>Stabilitas</i> (kg)	<i>Flow</i> (mm)	<i>MQ</i> (kg/mm)
1	1	13,743	5,108	62,8	755,7	3,70	204,24
	5	13,994	5,384	61,5	856,5	4,10	208,89
	3	13,351	4,676	65,0	640,9	4,00	160,21
5,5	1	15,753	6,158	60,9	1111,6	4,20	264,67
	2	13,189	3,302	75,0	911,2	3,80	239,80
	3	14,659	4,939	66,3	918,8	4,00	229,69
6	1	15,456	4,649	69,9	1144,8	3,80	301,26
	2	15,435	4,625	70,0	1119,7	3,80	294,67
	3	15,261	4,429	71,0	1208,7	4,40	274,71
6,5	1	15,623	3,649	76,6	690,0	2,80	246,43
	2	16,064	4,152	74,2	756,3	3,50	216,10
	3	16,940	5,152	69,6	1084,9	4,30	252,30
7	1	15,917	2,788	82,5	959,9	3,70	259,42
	2	16,886	3,908	76,9	1010,2	3,70	273,03
	3	18,104	5,315	70,6	1029,8	3,10	332,21

Berikut adalah grafik perbandingan kadar aspal dengan hasil Uji Karakteristik *Marshall filler* 2%, yang

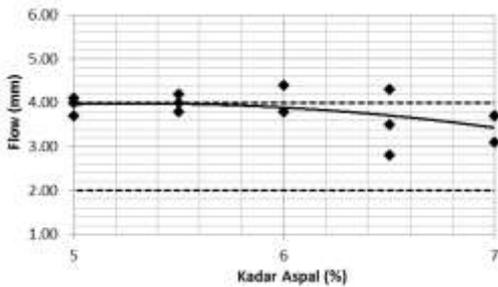
dapat dilihat pada Gambar 2, 3, 4, 5, 6, dan 7. Kemudian penentuan kadar aspal dilihat pada Tabel 14.



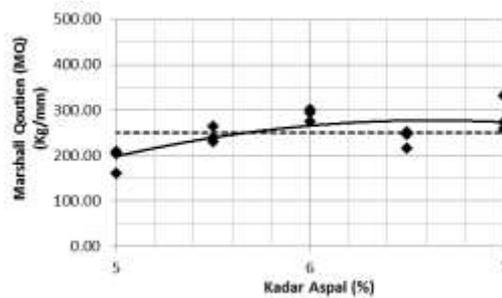
Gambar 2. Grafik Stabilitas dan Kadar Aspal



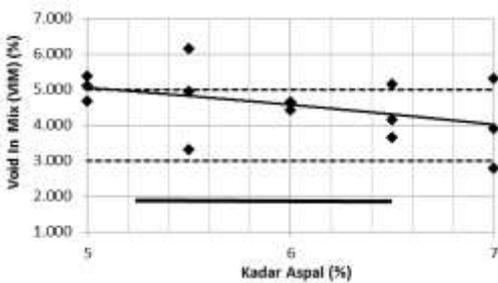
Gambar 6. Grafik VMA dan Kadar Aspal



Gambar 3. Grafik *Flow* dan Kadar Aspal



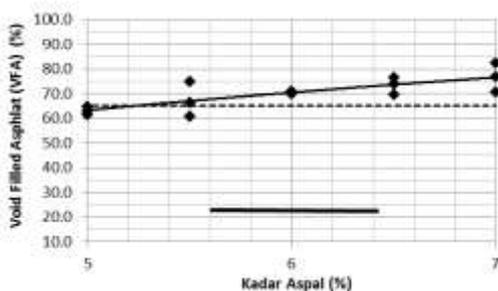
Gambar 7. Grafik MQ dan Kadar Aspal



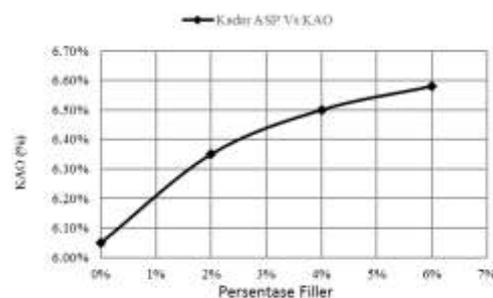
Gambar 4. Grafik VIM dan Kadar Aspal

Dari grafik perbandingan kadar aspal dengan hasil Uji Karakteristik *Marshall* dan Tabel 14 diperoleh nilai kadar aspal optimum sebesar 6,35% untuk komposisi *filler* sebanyak 2%. Stabilitas pada nilai Kadar aspal optimum yang diperoleh dari seluruh pengujian adalah sebagai berikut:

- Filler* 0% adalah 6,05%,
- Filler* 2% adalah 6,35%,
- Filler* 4% adalah 6,50%,
- Filler* 6% adalah 6,58%,
- Filler* 8% tidak memenuhi spesifikasi



Gambar 5. Grafik VFA dan Kadar Aspal



Gambar 8. Grafik Perbandingan Nilai KAO Terhadap Variasi *Filler*

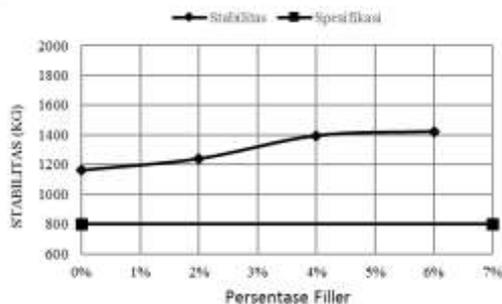
Tabel 14. Penentuan Kadar Aspal Optimum *filler* 2%

No	Kriteria	Spesifikasi		
1	Satability (Kg)	800		
2	Flow (mm)	2 - 4		
3	VIM (%)	3 - 5		
4	VFA (%)	Min 65		
5	VMA (%)	Min 15		
6	MQ (Kg/mm)	Min 250		
KAO (%)			$\frac{(5.7 + 7)}{2}$	6.35%

D.4. Hasil Pengujian Marshall Pada Kadar Aspal Optimum Campuran Laston AC-WC

Setelah didapatkan nilai KAO, selanjutnya dilakukan pembuatan benda uji pada keempat komposisi *filler* untuk melihat nilai karakteristik *Marshall* yang meliputi, stabilitas, *flow*, VMA, VFA, VIM dan MQ. Pada penelitian ini hanya menitik beratkan pada nilai stabilitas dari keempat komposisi *filler*, dan komposisi terbaik adalah komposisi yang memiliki nilai stabilitas tertinggi, yaitu pada campuran dengan *filler* 6%.

D.4.1. Stabilitas

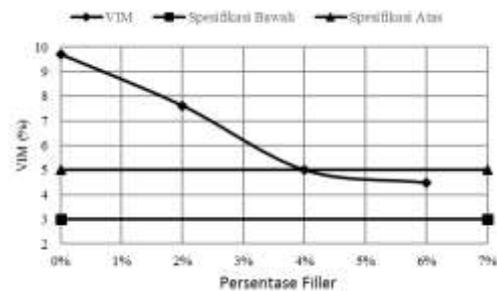


Gambar 9. Grafik Nilai Stabilitas Terhadap Variasi *Filler*

Pada Gambar 9 dapat dilihat bahwa nilai stabilitas dari seluruh variasi *filler* yang digunakan telah memenuhi Spesifikasi Umum Bina Marga 2018. Nilai stabilitas terkecil terdapat pada

campuran *filler* abu terbang 0% yaitu sebesar 1.164,7 kg, hal ini menunjukkan bahwa pada komposisi *filler* 0% benda uji yang dihasilkan lebih lembek karena memiliki rongga yang cukup besar di dalam campuran yang disebabkan oleh tidak adanya *filler* yang mengisi rongga tersebut.

D.4.2. Rongga dalam Campuran (VIM)

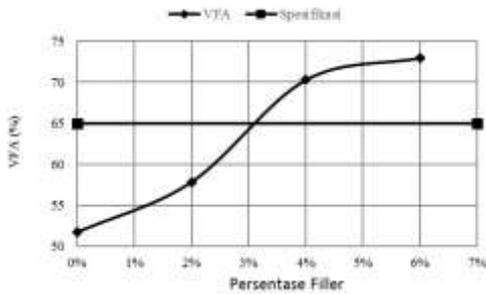


Gambar 10. Grafik Nilai VIM Terhadap Variasi *Filler*

Pada Gambar 10 dapat dilihat bahwa pengujian dari seluruh variasi *filler*. Yang telah memenuhi spesifikasi *VIM* yang ditetapkan oleh Bina Marga. Nilai *VIM* terdapat pada campuran *filler* 4% yaitu 5% dan *filler* 6% yaitu 4,97% dan variasi *filler* yang lainnya tidak memenuhi spesifikasi Bina Marga 2018. Nilai *VIM* terlihat menurun seiring dengan bertambahnya persentase *filler*,

hal ini disebabkan oleh partikel halus yang semakin banyak pada setiap variasi *filler*. Semakin banyak partikel halus dalam suatu campuran maka semakin sedikit rongga udara dalam campuran.

D.4.3. Rongga Terisi Aspal (VFA)

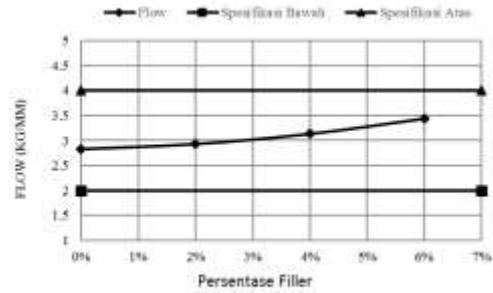


Gambar 11. Grafik Nilai VFA Terhadap Variasi Filler

Dari Gambar 11 dapat dilihat bahwa pengujian variasi *filler* yang memenuhi spesifikasi VFA yang ditetapkan oleh Bina Marga 2018 yaitu minimal 65%. Pada campuran filler 4% didapatkan nilai VFA sebesar 70,3%, pada kadar filler 6% didapatkan nilai VFA sebesar 73,0% dan nilai VFA tertinggi terdapat pada campuran filler 6% yaitu 73,0%. Dari hasil pengujian diatas dapat disimpulkan bahwa nilai VFA mengalami peningkatan seiring dengan bertambahnya kadar filler pada campuran, hal ini disebabkan oleh semakin banyaknya rongga yang terisi aspal didalam campuran dan semakin tingginya kadar aspal pada campuran.

D.4.4. Flow (Kelelahan)

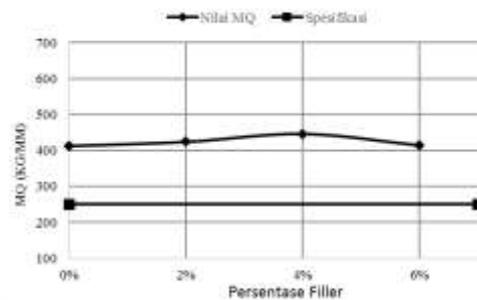
Pada Gambar 12 dapat terlihat bahwa nilai *flow* setiap variasi *filler* memenuhi syarat. Nilai *flow* tertinggi terdapat pada campuran filler 6% yaitu sebesar 3,4 mm, sedangkan nilai *flow* terendah terdapat pada campuran filler 0% yaitu sebesar 2,8 mm.



Gambar 12. Grafik Nilai Flow Terhadap Variasi Filler

D.4.5. Marshall Quotient (MQ)

Pada Gambar 13 dapat terlihat bahwa nilai MQ untuk setiap variasi filler lebih besar dari yang disyaratkan berdasarkan Spesifikasi Umum Bina Marga yaitu 250 kg/mm untuk Laston AC-WC. Nilai MQ tertinggi terdapat pada campuran filler 4% yaitu 446,6 kg/mm dan nilai MQ terendah terdapat pada campuran filler 0% yaitu 412,9 kg/mm.



Gambar 13. Grafik Nilai MQ Terhadap Variasi Filler

D.5. Rangkuman Hasil Pengujian Karakteristik Marshall

Setelah dilakukan pengujian karakteristik Marshall pada masing-masing kadar filler, didapatkan hasil yang dapat dilihat pada Tabel 15.

Tabel 15. Rangkuman Pengujian Karakteristik *Marshall*

Kadar Abu Terbang	KAO (%)	Stabilitas (kg)	VIM (%)	VFA (%)	VMA (%)	Flow (mm)	MQ (kg/mm)
0%	6,05	1.164,7	9,70	51,7	20,03	2,8	412,9
2%	6,35	1.241,4	7,60	57,8	17,99	2,9	424,1
4%	6,50	1.394,9	5,00	70,3	16,81	3,1	446,6
6%	6,58	1.422,0	4,48	73,0	16,56	3,4	414,9
8%	Tidak Memenuhi Spesifikasi						

E. KESIMPULAN

Kesimpulan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Penggunaan *Filler* abu terbang sangat berpengaruh terhadap nilai karakteristik marshall terutama pada nilai stabilitas, *VFA* dan *VIM*. Dengan menggunakan *filler* abu terbang, nilai stabilitas dan *VFA* mengalami kenaikan yaitu 51,7% dengan kadar abu terbang 0% dan 73,0% dengan kadar abu terbang 6%. Hal ini menandakan campuran menjadi lebih kuat dan lentur. Nilai *VIM* mengalami penurunan yaitu 9,7% dengan kadar abu terbang 0% dan 4,48% dengan kadar abu terbang 6%. Hal ini menunjukkan bahwa penggunaan abu terbang dapat mengurangi rongga udara di dalam campuran yang menyebabkan campuran lebih kedap air dan tidak mudah berlubang.
2. Kadar abu terbang optimum untuk campuran AC-WC yaitu 6% dengan kadar aspal optimum sebesar 6,58% memiliki nilai stabilitas sebesar 1.422 kg, flow sebesar 3,4 mm, *VIM* sebesar 4,48%, *VMA* sebesar 16,56%, *VFA* sebesar 73,0%, *MQ* 414,9 kg/mm lebih baik dari pada persentase kadar *filler* abu terbang lainnya dan memenuhi Spesifikasi Umum Bina Marga 2018. Kadar *filler* 8% tidak dapat digunakan

karena nilai *VIM* pada karakteristik *Marshall* tidak memenuhi syarat Spesifikasi Umum Bina Marga 2018.

DAFTAR PUSTAKA

- Akbar, S.J., Wesli. (2012). *Stabilitas Lapis Aspal Beton AC-WC Menggunakan Abu terbang*. Teras Jurnal. Volume 2. No. 4. Jurusan Teknik Sipil. Universitas Malikussaleh. Aceh.
- Bina Marga. (1990). *SK SNI M 58-1990-03, Metode Pengujian Campuran Aspal Dengan Alat Marshall*. Direktorat Jendral Bina Marga.
- Bina Marga. (2011). *SNI-03-2439. Metode Pengujian Kelekatan Agregat Terhadap Aspal*. Jakarta: Pustran Balitbang Pekerjaan Umum.
- Bina Marga. (2011). *SNI-2433. Metode Pengujian Titik Nyala dan Titik Bakar dengan Cleveland Open Cup*. Jakarta: Pustran Balitbang Pekerjaan Umum.
- Bina Marga. (2011). *SNI-2434. Metode Pengujian Titik Lembek Aspal dan Ter*. Jakarta: Pustran Balitbang Pekerjaan Umum.
- Bina Marga. (1991). *SNI-06-2440. Metode Pengujian Kehilangan Berat Minyak dan Aspal dengan*

- Cara A. Jakarta: Pustran Balitbang Pekerjaan Umum.
- Bina Marga. (2011). *SNI-2441. Metode Pengujian Berat Jenis Aspal Padat*. Jakarta: Pustran Balitbang Pekerjaan Umum.
- Bina Marga. (1991). *SNI-06-2456. Metode Pengujian Penetrasi Baha-Bahan Bitumen*. Jakarta: Pustran Balitbang Pekerjaan Umum.
- Bina Marga. (2000). *SNI-06-6441. Metode Pengujian Viskositas Bahan Aspal*. Jakarta: Pustran Balitbang Pekerjaan Umum.
- Bina Marga. (2003). *RSNI-M-01. Metode Pengujian Campuran Beraspal Panas dengan Alat Marshall*. Jakarta: Pustran Balitbang Pekerjaan Umum.
- Bina Marga. (SNI-06-2432. *Metode Pengujian Daktilitas Bahan-Bahan Aspal*). 1991. Jakarta: Pustran Balitbang Pekerjaan Umum.
- Bina Marga. (2018). *Spesifikasi Umum Bidang Jalan dan Jembatan. Kementerian Pekerjaan Umum, Indonesia*.
- Hendarsin, S. L. (2000). *Perencanaan Teknik Jalan Raya*. Bandung. Poltek Negeri.
- Mehta, P. K., & Monteiro, P. J. M. (2006). *Concrete Microstructure, Properties, and Materials* (Third Edit). Universitas Of California at Berkeley.
- Purnomo, D., Supiyana, & Desriantomy. (2017). *Pemanfaatan Fly Ash (Limbah Batu Bara) sebagai Tambahan Filler Pada Campuran Asphalt Concrete-Binder Course (AC-BC)*. 3(1), 198-205.
- Putrowijoyo, R., 2006, *Kajian Laboratorium Sifat Marshall dan Durabilitas Asphalt Concrete - Wearing Course (AC-WC) Dengan Membandingkan Penggunaan Antara Semen Portland Dan Abu Batu Sebagai*, Tesis pada Program Pasca Sarjana Universitas Diponegoro Semarang.
- Sukirman, S. (1999). *Dasar-dasar Perencanaan Geometrik jalan*. Bandung: Nova.
- Sukirman, S. (2003). *Beton Aspal Campuran Panas*. Jakarta: Granit.
- Suprasman dan Ermiyati. (2003). *Kuat Tekan Mortar dengan Penambahan Abu terbang Sebagai Pengganti Sebagian Semen*. Pekanbaru: Universitas Riau.
- Tahir, A. (2009). *Karakteristik Campuran Beton Aspal (AC-WC) Dengan Menggunakan Variasi Kadar Filler Abu Terbang Batu Bara*. Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Tadulako, Palu.