

PENGUNAAN BOTTOM ASH SEBAGAI AGREGAT HALUS TERHADAP KARAKTERISTIK LASTON AC-WC DENGAN BAHAN PENGIKAT RETONA BLEND 55

Westplat M. A.^{1*}, Darwis M.², Nagu N.³

^{1,2,3}Program Studi Teknik Sipil FT Unkhair
Jln. Pertamina Gambesi Ternate 55281 INDONESIA
westplat03@gmail.com

Abstrak: *Tuntutan kualitas perkerasan aspal beton dalam melayani intensitas beban lalu lintas yang berat membuat para peneliti di bidang perkerasan jalan biasanya menambahkan material tambahan dan material pengganti ke dalam campuran beraspal panas. Pemanfaatan bottom ash pada perkerasan jalan dapat menjadi solusi Alternatif dalam menanggulangi besarnya jumlah limbah yang ada. Jenis aspal pen 60/70 banyak digunakan dalam perkerasan tetapi dengan perkembangan lalu lintas maka jenis aspal pen 60/70 sudah tidak dapat memadai. Salah satu aspal modifikasi yang dapat digunakan adalah retona blend 55.*

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh pemanfaatan *bottom ash* sebagai agregat halus terhadap nilai uji *Marshall* pada campuran aspal beton AC-WC dengan bahan pengikat retona blend 55 dan juga untuk mengetahui perbandingan aspal retona blend 55 dengan aspal pen 60/70 terhadap *bottom ash* sebagai agregat halus pada campuran aspal beton AC-WC. Penelitian dilakukan menggunakan *bottom ash* sebagai agregat halus dengan presentase 0%, 25%, 50% dan 100%. Kadar aspal yang digunakan adalah 5%, 5,5%, 6%, 6,5% dan 7%.

Hasil dari keseluruhan perhitungan bahwa penggantian *bottom ash* pada variasi kadar campuran 100% *bottom ash* tidak dapat digunakan. Sedangkan pada variasi campuran 25% *bottom ash* dilihat dari nilai stabilitas *bottom ash* mengalami peningkatan dibandingkan dengan tanpa menggunakan *bottom ash* namun terjadi penurunan pada variasi kadar campuran 50% *bottom ash*. Nilai stabilitas dari campuran yang menggunakan aspal pen 60/70 dengan campuran yang menggunakan retona blend 55 terhadap *bottom ash* menunjukkan bahwa retona blend 55 mampu meningkatkan stabilitas dari campuran.

Kata kunci: *Bottom ash*, Aspal Retona Blend 55, Aspal Pen 60/70, Karakteristik *Marshall*.

I. PENDAHULUAN

Konstruksi jalan yang dibangun di Indonesia dominan menggunakan perkerasan dengan konstruksi aspal beton. Tuntutan kualitas perkerasan aspal beton dalam melayani intensitas beban lalu lintas yang berat dan temperatur yang tinggi dan juga pengaruh lingkungan membuat para peneliti di bidang perkerasan jalan biasanya menambahkan material tambahan dan material pengganti ke dalam campuran beraspal panas.

Pemanfaatan *bottom ash* pada perkerasan jalan dapat menjadi solusi alternatif dalam menanggulangi besarnya jumlah limbah yang ada. *Bottom ash* adalah produk sampingan pengolahan batu bara.

Jenis aspal pen 60/70 banyak digunakan dalam perkerasan tetapi dengan perkembangan lalu lintas maka jenis aspal pen 60/70 sudah tidak dapat memadai terutama untuk menahan deformasi sehingga diperlukan alternatif jenis bahan aspal lainnya yang memiliki kekakuan lebih rendah sehingga mampu menahan potensi retak leleh. Oleh sebab itu, salah satu cara untuk meningkatkan kualitas aspal maka digunakan bahan modifikasi yang telah tersedia. Salah satu aspal modifikasi yang dapat digunakan adalah retona blend 55.

Dipandang perlu untuk melakukan penelitian tentang Bagaimana pengaruh nilai uji *Marshall* pada campuran aspal beton AC-WC menggunakan *bottom ash* sebagai agregat halus dengan bahan pengikat retona blend 55 dan membandingkan penggunaan aspal retona blend 55 dengan aspal pen 60/70 terhadap *bottom ash* sebagai agregat halus.

Kriteria Pengujian Marshall

Kriteria pengujian marshall adalah kriteria yang paling umum digunakan dalam mendesain maupun mengevaluasi sifat-sifat campuran. Konsep kriteria pengujian marshall di rumuskan oleh *Bruce Marshall* yang kemudian dikembangkan oleh *U.S Corps of Engineer* dan prosedur pengujiannya mengikuti AASTHO T 245-74. Dalam kriteria pengujian marshall hal-hal yang perlu diperhatikan berupa stabilitas, kelelahan plastis (*flow*), marshall quotient, rongga udara dalam campuran (*voids in mix/VIM*), rongga antara mineral agregat (*voids in the mineral agregate/VMA*), dan rongga terisi aspal (*voids filled with asphalt/VFA*).

II. METODOLOGI

Jenis penelitian yang dilakukan menggunakan penelitian eksperimental dengan cara pengujian laboratorium. Kegiatan penelitian ini bertempat di laboratorium Jalan dan Aspal Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Khairun Ternate.

Tahap-tahapan pengujian yang dilakukan dalam melaksanakan penelitian ini adalah:

1. Pengujian agregat

Bahan agregat yang akan diuji berupa agregat kasar, kasar sedang dan halus (abu batu). Sebelum pembuatan benda uji, bahan-bahan tersebut diuji dengan mengacu kepada Standar Nasional Indonesia (SNI).

a. Pengujian agregat kasar dan kasar sedang

- Pengujian analisa saringan
- Pengujian berat jenis dan penyerapan
- Pengujian indeks kepipihan
- Pengujian kadar lumpur
- Pengujian keausan Agregat

b. Pengujian agregat halus

- Pengujian analisa saringan
- Pengujian berat jenis dan penyerapan
- Pengujian kadar lumpur.

2. Pengujian aspal

Aspal minyak yang digunakan yaitu aspal retona blend 55 yaitu berupa pengujian:

- Pengujian penetrasi aspal,
- Pengujian titik lembek aspal,
- Pengujian berat jenis aspal.

3. Pengujian *Marshall*

Tahap lanjut adalah perencanaan campuran, berdasarkan gradasi masing-masing agregat akan di rancang komposisi dari masing-masing agregat sehingga menghasilkan gradasi gabungan yang memenuhi spesifikasi. Kemudian dari hasil uji *Marshall* akan diperoleh nilai stabilitas dan *flow*.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Data Pemeriksaan Aspal

Pemeriksaan aspal bertujuan untuk mengetahui apakah aspal yang akan digunakan telah memenuhi standar spesifikasi yang ada. Aspal yang digunakan yaitu aspal retona blend 55 dan aspal penetrasi 60/70. Pemeriksaan aspal dilakukan di Laboratorium Jalan dan Aspal Fakultas Teknik. Karakteristik aspal yang di periksa dapat dilihat pada tabel 4.1. Dari hasil pemeriksaan ini diketahui bahwa aspal memenuhi syarat untuk dijadikan bahan pengikat.

Tabel 1. Hasil pemeriksaan aspal retona blend 55

No	Jenis Pengujian	Standar Pengujian	Hasil	Spesifikasi
1	Penetrasi sebelum kehilangan berat	SNI 06-2456-1991	45,9	40 - 55
2	Titik lembek	SNI 2434:2011	55	≥ 53
3	Berat jenis	SNI 2441:2011	1,077	≥ 1
4	Penetrasi sesudah kehilangan berat	SNI 06-2456-1991	56,20	Min. 50
5	Penurunan berat aspal	SNI 06-2440-1991	0,91	Maks. 2

Sumber: Hasil Pengujian Laboratorium Jalan Dan Aspal Universitas Khairun

Tabel 2. Hasil pemeriksaan aspal pen 60/70

No	Jenis Pengujian	Standar Pengujian	Hasil	Spesifikasi
1	Penetrasi sebelum kehilangan berat	SNI 06-2456-1991	61,50	60 - 70
2	Titik lembek	SNI 2434:2011	50	≥ 48
3	Berat jenis	SNI 2441:2011	1,033	≥ 1
4	Penetrasi setelah kehilangan berat	SNI 06-2456-1991	50,6	Min. 50
5	Penurunan berat aspal	SNI 06-2440-1991	0,26	Maks. 0,8

Sumber: Laboratorium Jalan Dan Aspal Fakultas Teknik Universitas Khairun

Data Pemeriksaan Agregat

Hasil dari pengujian agregat ini harus sesuai dengan acuan dari Kementerian Pekerjaan Umum Direktorat Jendral Bina Marga 2010 Revisi 3.

Tabel 3. Hasil pemeriksaan agregat

No.	Jenis Pengujian	Metode Uji	Persyaratan	Hasil Uji Agregat
A Agregat Kasar 10 - 20 mm				
1	Penyerapan %		Maks. 3%	1,3
2	a. Berat Jenis Bulk (gr/cc)	SNI-03-1969-1990	Min. 2,5%	2,574
	b. Berat Jenis SSD (gr/cc)			2,607
	c. Berat Jenis Semu (gr/cc)			2,663
3	Keausan Agregat (%)	SNI 2417 : 2008	Maks. 40%	28,10
5	Kadar Lumpur	SNI 03-4141-1996	Maks 3%	1,5
B Agregat Kasar Sedang 5 - 10 mm				
1	Penyerapan %		Maks. 3%	1,45
2	a. Berat Jenis Bulk (gr/cc)	SNI-03-1969-1990	Min. 2,5%	2,699
	b. Berat Jenis SSD (gr/cc)			2,738
	c. Berat Jenis Semu (gr/cc)			2,809
3	Kadar Lumpur	SNI 03-4141-1996	Maks 3%	2%
C Agregat Abu Batu 0,5 mm				
1	Penyerapan %		Maks. 3%	1,525
2	a. Berat Jenis Bulk (gr/cc)	SNI-03-1970-1990	Min. 2,5%	2,592
	b. Berat Jenis SSD (gr/cc)			2,632
	c. Berat Jenis Semu (gr/cc)			2,699
3	Kadar Lumpur	SNI 03-4141-1996	Maks 3%	3,5%

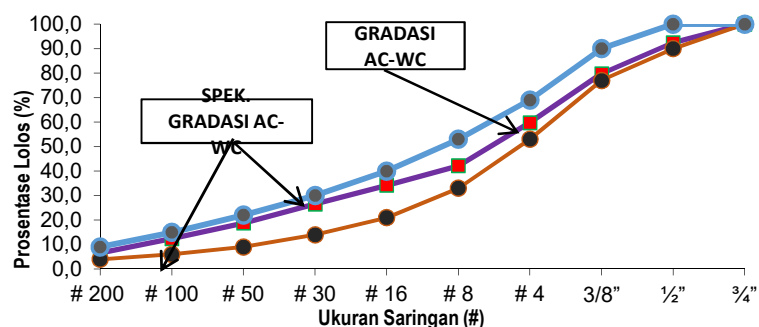
Sumber: Hasil Pengujian Laboratorium Jalan Dan Aspal Universitas Khairun

Data Pemeriksaan Sifat Fisik *Bottom Ash*

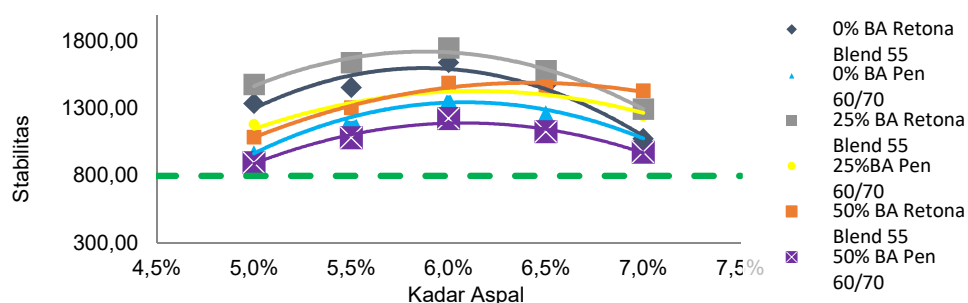
Untuk mengetahui karakteristik *bottom ash* yang digunakan dalam campuran, dilakukan pengujian fisik dengan hasil seperti diperlihatkan pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil Pemeriksaan *Bottom Ash*

No	Sifat Fisik <i>Bottom Ash</i>	Hasil
1	Ukuran (% lolos Saringan)	¾ (100%)
		½ (100%)
		3/8 (100%)
		#4 (99,7%)
		#8 (93,3%)
		#16 (80,7)
		#30 (57,3)
		#50 (34,7%)
2	Penyerapan	#100 (13,0%)
		#200 (5,7%)
3	a. Berat Jenis Bulk	1,229
	b. Berat Jenis SSD	1,446
	c. Berat Jenis Semu	1,570



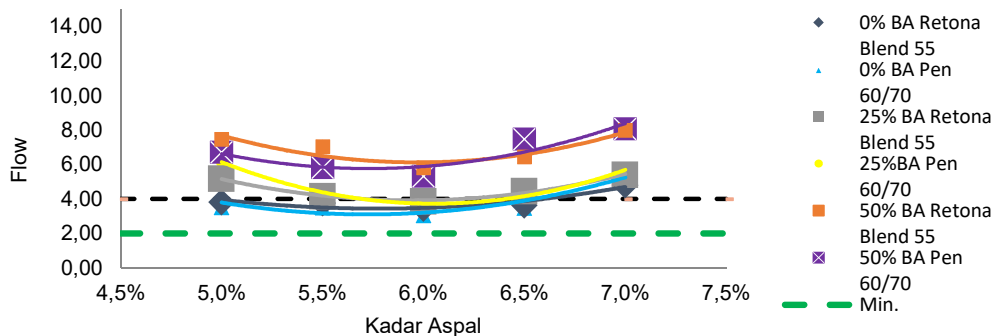
Gambar 1. Grafik gradasi gabungan AC-WC



Gambar 2. Grafik hubungan kadar aspal dengan stabilitas menggunakan aspal retona blend 55 dan pen 60/70

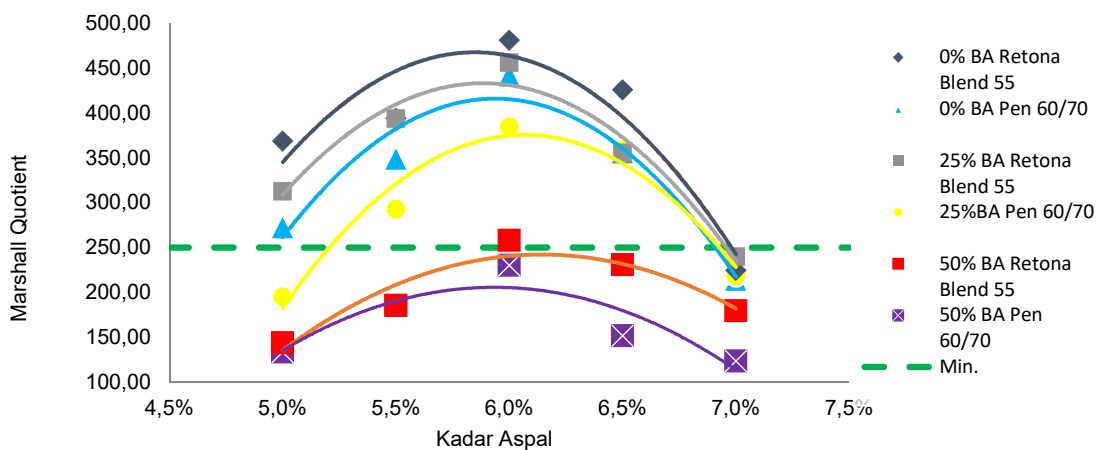
Gambar 2 menunjukkan bahwa hubungan antara kadar aspal dengan stabilitas serta analisa terhadap *bottom ash* sebagai agregat halus dimana pada variasi 25% nilai stabilitas lebih tinggi dibandingkan dengan tanpa *bottom ash* sedangkan terjadi penurunan pada variasi 50% akan tetapi masih memenuhi batas spesifikasi, bahwa batas nilai stabilitas ≥ 800 kg dan juga nilai stabilitas yang didapatkan dari berbagai campuran kadar aspal dan masing-masing

variasi bottom ash dimana dengan penambahan kadar aspal akan menaikkan nilai stabilitas namun stabilitas akan turun jika sudah mencapai kadar aspal optimum.



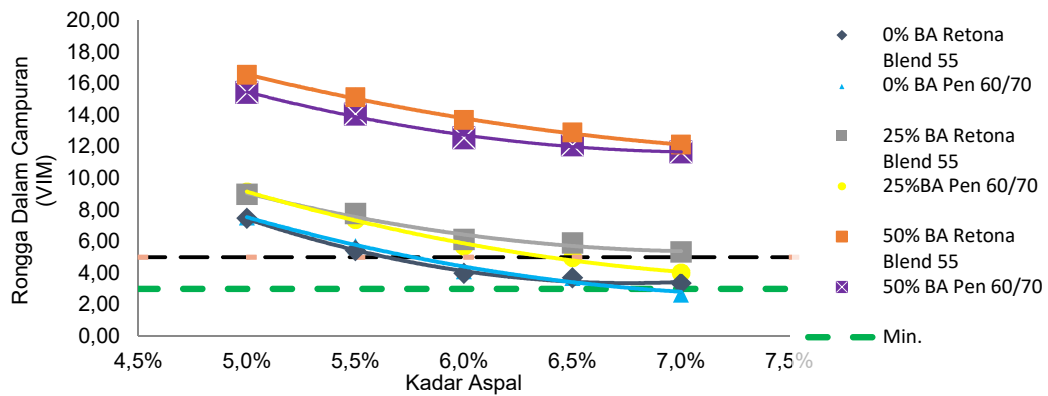
Gambar 3. Grafik hubungan kadar aspal dengan flow menggunakan aspal retona blend 55 dan pen 60/70

Gambar 3 menunjukkan bahwa campuran kadar aspal dan variasi 50% *bottom ash* memiliki nilai kelelehannya sangat besar yaitu mencapai 7,46, 7,05, 5,82, 6,44 dan 7,99 dengan menggunakan aspal retona blend 55 sedangkan 6,73, 5,83, 5,32, 7,49, 8,09 untuk aspal pen 60/70. Tetapi pada variasi tanpa menggunakan *bottom ash* menggunakan aspal retona blend 55 maupun aspal pen 60/70 nilai flow yang didapatkan lebih rendah dari pada menggunakan *bottom ash* 25%. Namun hasil yang di dapatkan hanya pada kadar aspal 6% menggunakan aspal retona blend 55 dan pen 60/70 untuk variasi 25% *bottom ash* yang memenuhi spesifikasi, sedangkan yang tanpa *bottom ash* hanya pada kadar aspal 7% tidak memenuhi spesifikasi bahwa batas nilai flow yaitu 2 sampai 4.



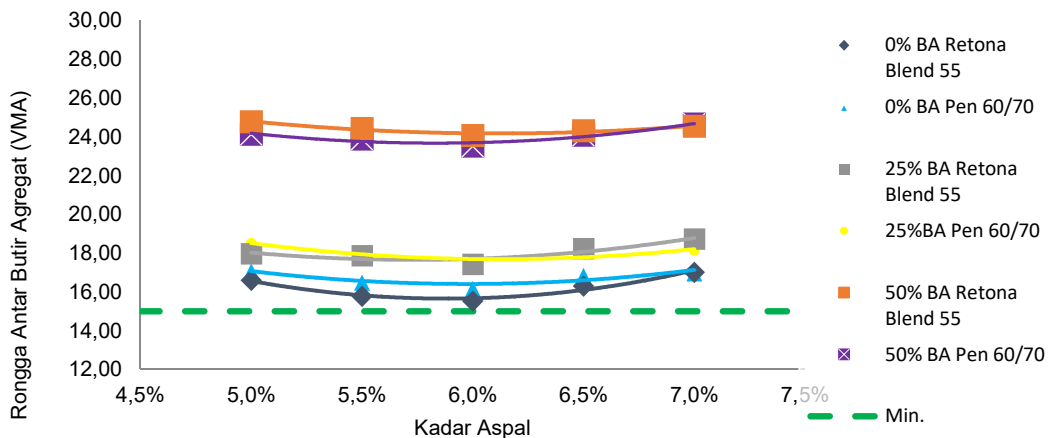
Gambar 4. Grafik hubungan kadar aspal dengan Marshall Quotient menggunakan aspal retona blend 55 dan aspal pen 60/70

Gambar 4 menunjukkan bahwa penggantian *bottom ash* sebagai agregat halus pada campuran aspal menyebabkan nilai Marshall Quotient semakin tinggi pada Variasi 25% dibandingkan dengan variasi 50% *bottom ash*. Hal ini di karenakan semakin banyak penambahan *bottom Ash* maka menjadikan campuran tersebut menjadi plastis/fleksibel. Kenaikan dan penurunan nilai MQ dipengaruhi oleh stabilitas dan *flow* pada campuran. Stabilitas yang kecil dan *flow* yang besar menghasilkan campuran yang lembek dan mudah berubah bentuk jika terjadi beban.



Gambar 5. Grafik Hubungan Kadar Aspal dengan VIM menggunakan Aspal Retona Blend 55

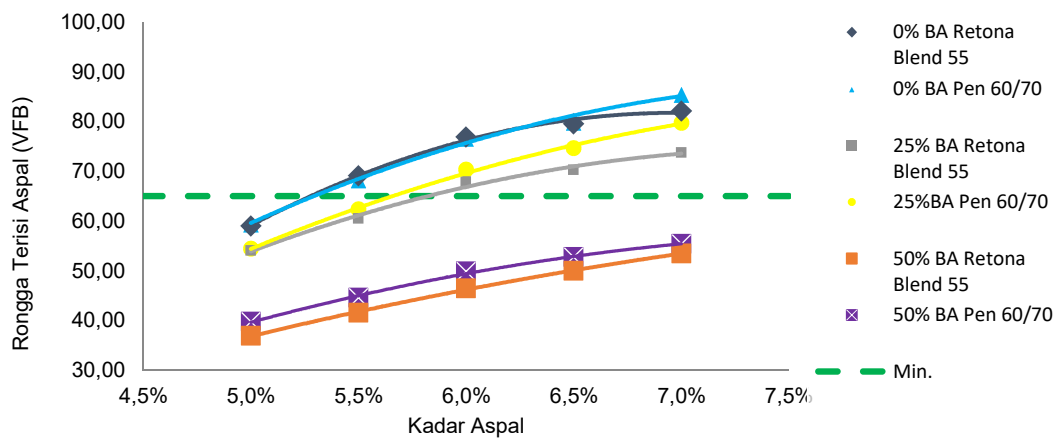
Gambar 5 menunjukkan bahwa Penggunaan *bottom ash* yang berbeda dalam campuran sangat berpengaruh terhadap campuran itu sendiri, semakin tinggi kadar *bottom ash* maka semakin tinggi nilai VIM. Dari nilai VIM yang di dapat dari berbagai campuran kadar aspal dan *bottom ash* sebagai agregat halus akan menurunkan nilai VIM, penurunan nilai VIM itu sendiri akan turun seiring dengan besarnya kadar aspal yang di tambahkan. Semakin besar kadar aspal maka semakin kecil nilai VIM.



Gambar 6. Grafik hubungan kadar aspal dengan VMA menggunakan aspal retona blend 55

Gambar 6 menunjukkan bahwa nilai dari VMA memenuhi batas spesifikasi bahwa batas nilai VMA yaitu $\geq 15\%$, sehingga sifat durabilitas campuran menjadi lebih tahan dalam menerima repetisi beban yang besar. pengaruh nilai rongga dalam agregat (VMA) yang baik dalam campuran membuatnya mampu untuk menampung aspal yang dapat mengikat butir-butir agregat, tanpa menemukan penggemukan atau bleeding.

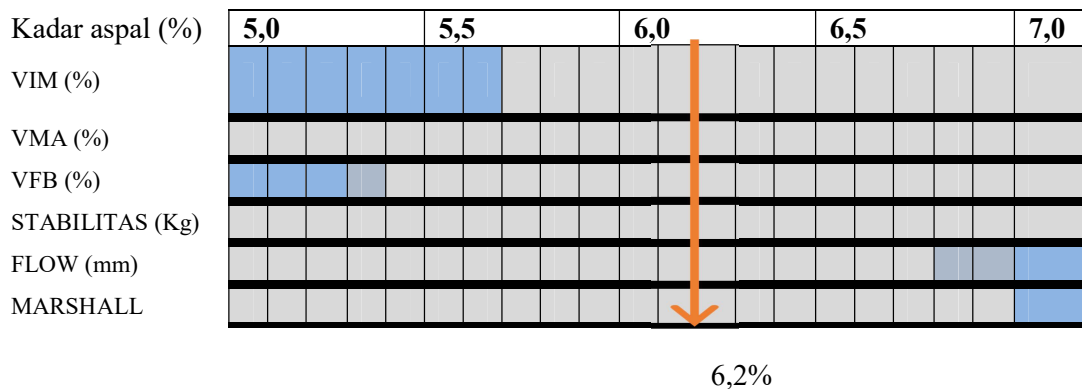
a) Hubungan Kadar Aspal Dengan VFB (*Voids Filled Bitument*)



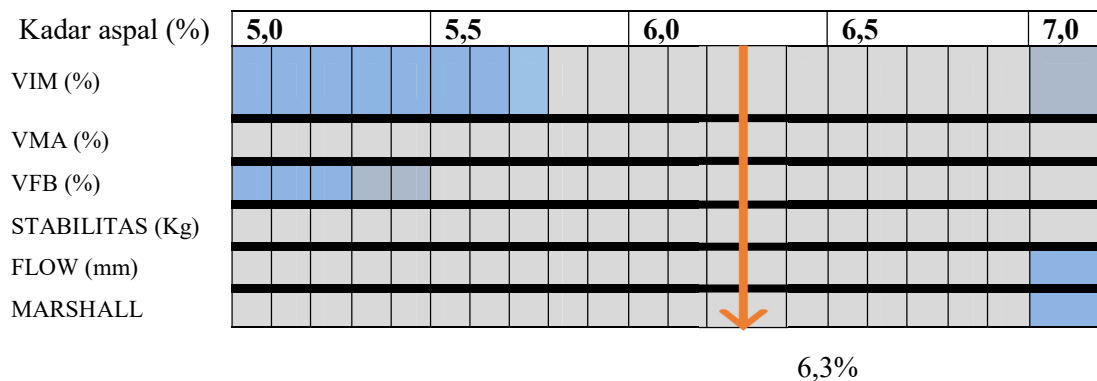
Gambar 7. Grafik hubungan kadar aspal dengan VFB menggunakan aspal retona blend 55

Gambar 7 dapat dilihat bahwa nilai VFB pada masing-masing komposisi campuran *bottom ash* menggunakan aspal retona blend 55 dan aspal pen 60/70 tanpa menggunakan *bottom ash* hanya pada kadar aspal 5% yang tidak masuk batas spesifikasi. Nilai VFB pada variasi 25% dan 50% mengalami penurunan dengan tanpa menggunakan *bottom ash*, penurunan terjadi karena aspal yang terserap oleh *bottom ash* mengakibatkan rongga terisi aspal (VFB) pada campuran menurun.

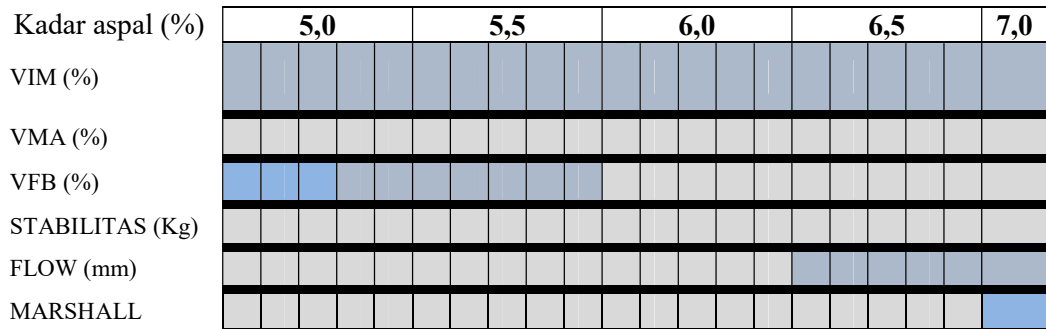
Penentuan Kadar Aspal Optimum



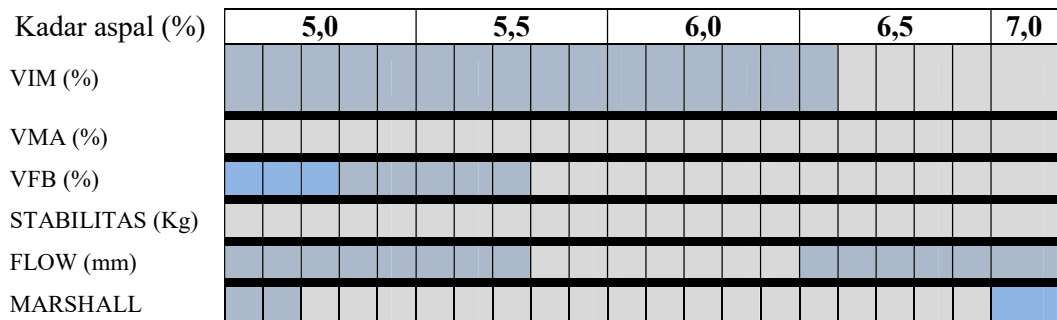
Gambar 8. Penentuan KAO variasi 0% *bottom ash* menggunakan aspal retona blend 55



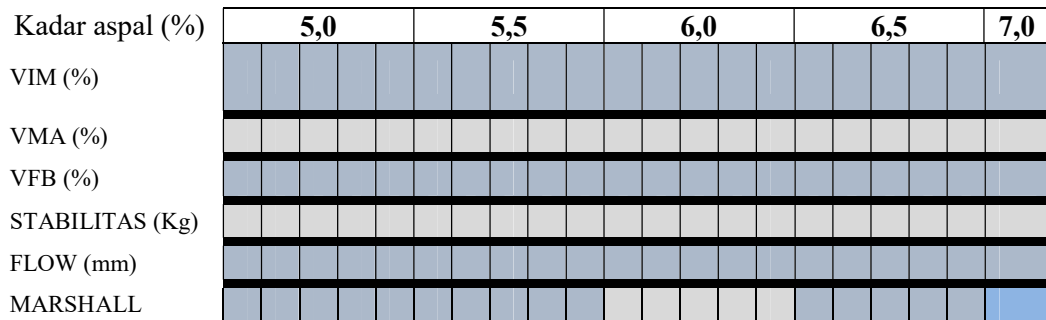
Gambar 9. Penentuan KAO variasi 0% *bottom ash* menggunakan aspal pen 60/70



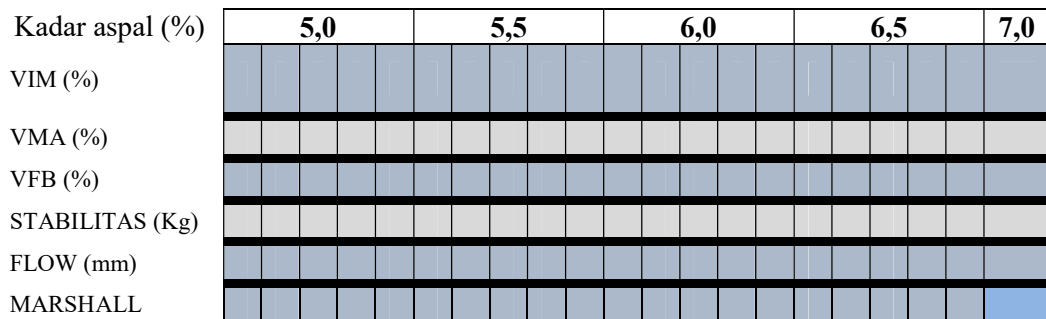
Gambar 10. Penentuan KAO variasi 25% *bottom ash* menggunakan aspal retona blend 55



Gambar 11. Penentuan KAO variasi 25% *bottom ash* menggunakan aspal pen 60/70



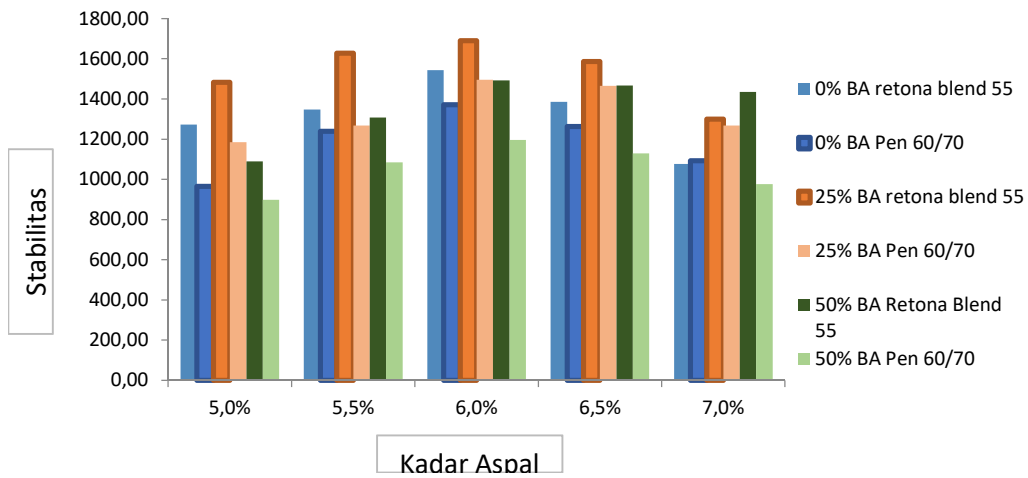
Gambar 12. Penentuan KAO variasi 50% *bottom ash* menggunakan aspal retona blend 55



Gambar 13. Penentuan KAO variasi 50% *bottom ash* menggunakan aspal pen 60/70

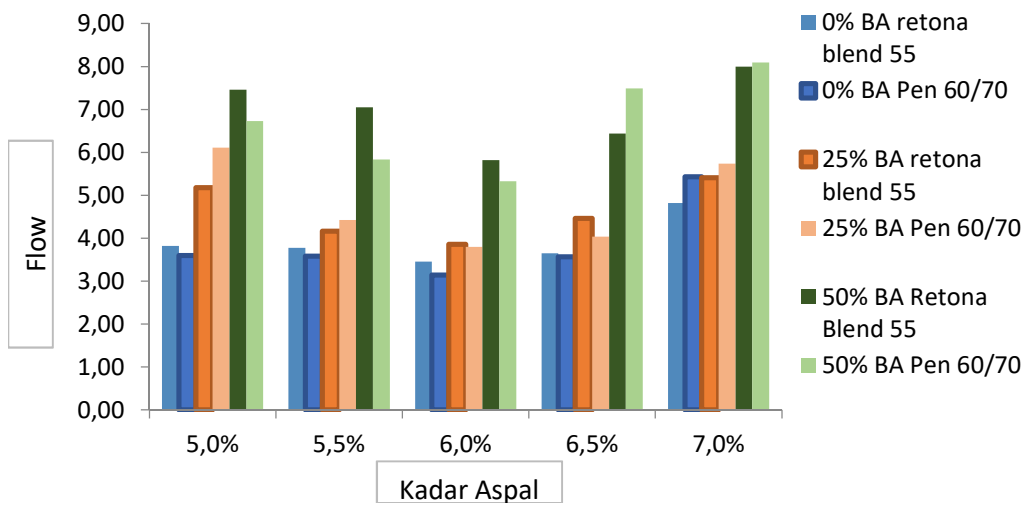
Pada Variasi Kadar 25% *Bottom Ash* dan 50% *bottom ash* menggunakan aspal pen 60/70 maupun retona blend 55 tidak memiliki kadar aspal optimum (KAO), karena ada beberapa parameter *Marshall* yang tidak memenuhi spesifikasi.

Perbandingan Aspal Retona Blend 55 dan Aspal Pen 60/70 Terhadap *Bottom ash* Sebagai Agregat Halus Pada Campuran AC-WC



Gambar 14. Perbandingan aspal retona blend 55 dan aspal Pen 60/70

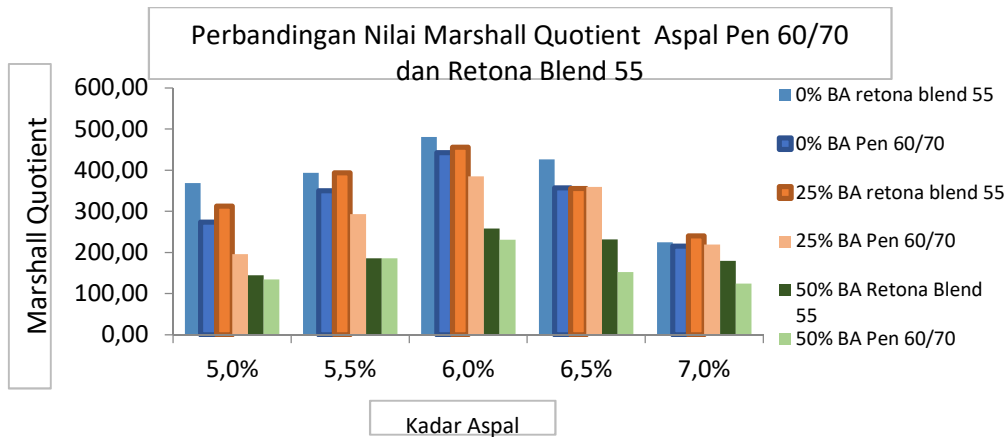
Pada gambar 14 dilihat bahwa dari hasil pengujian campuran aspal terhadap kadar *bottom ash*, aspal retona blend 55 memiliki nilai sabilitas lebih tinggi dibandingkan dengan campuran aspal pen 60/70. untuk variasi kadar 0%, 25%, 50% *bottom ash* diperoleh nilai stabilitas tertinggi pada kadar aspal 6%.



Gambar 15. Perbandingan nilai flow aspal retona blend 55 dan aspal pen 60/70

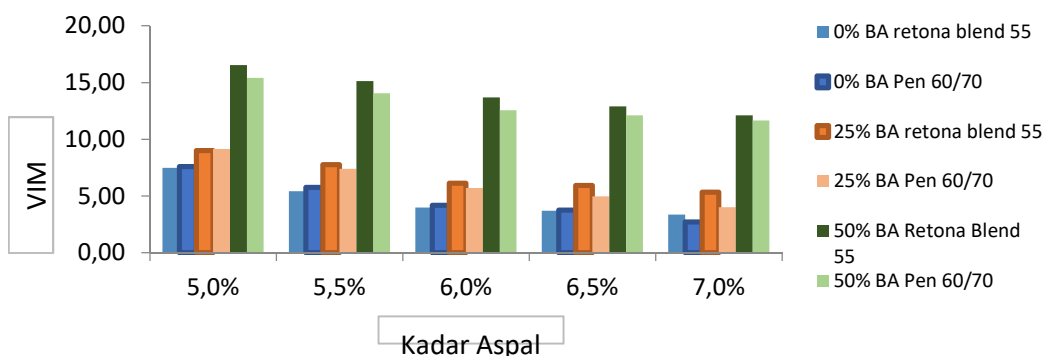
Pada gambar 15 menjelaskan bahwa Dari hasil pengujian, nilai kelelahan (flow) yang diperoleh pada campuran 0% *bottom ash* yang menggunakan aspal pen 60/70 sebesar 3,60, 3,58, 3,14, 3,57, 5,43. sedangkan nilai yang diperoleh pada campuran yang menggunakan retona blend 55 sebesar 3,82, 3,77, 3,45, 3,65, 4,82. Pada campuran 25% *bottom ash* yang menggunakan aspal Pen 60/70 sebesar 6,11, 4,43, 4,13, 4,03, 5,14, aspal retona blend 55 sebesar 5,18, 4,16, 3,86, 4,46, 5,41. Dan pada campuran 50% *bottom ash* yang menggunakan aspal pen 60/70 sebesar 6,73, 5,83, 5,32, 7,49, 8,09 menggunakan aspal retona blend 55 yaitu 7,46, 7,05, 5,82, 6,44, 7,99 masing-masing kadar aspal.

a) *Marshall Quotient*



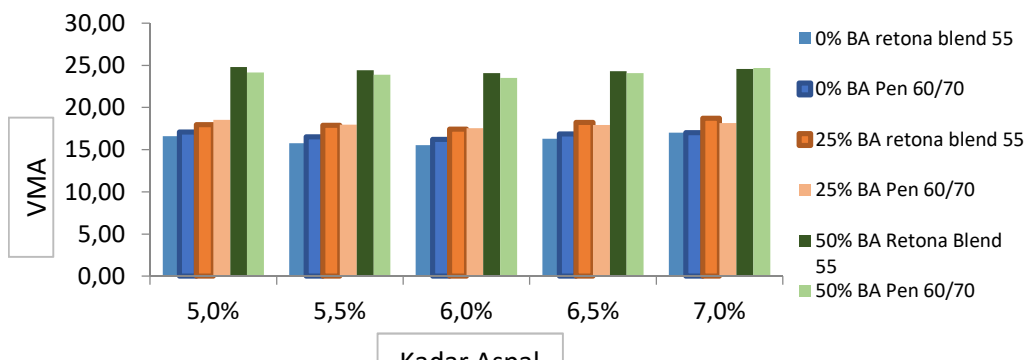
Gambar 16. Perbandingan aspal retona blend 55 dan aspal pen 60/70

Pada gambar 16 menunjukkan bahwa nilai pada variasi tanpa *bottom ash* menggunakan aspal retona blend 55 memiliki nilai *Marshall Quotient* tertinggi pada kadar aspal 5%, 5,5%, 6%, 6,5% dan 7%. Sedangkan pada variasi 25% *bottom ash* presentase menggunakan aspal retona blend 55 tertinggi pada kadar aspal 5%, 5,5%, 6%, dan 7%. Dan pada variasi kadar 50% *Bottom ash* menggunakan aspal retona blend 55 masing-masing kadar aspal memiliki nilai *Marshall Quotient* lebih tinggi dari aspal pen 60/70.



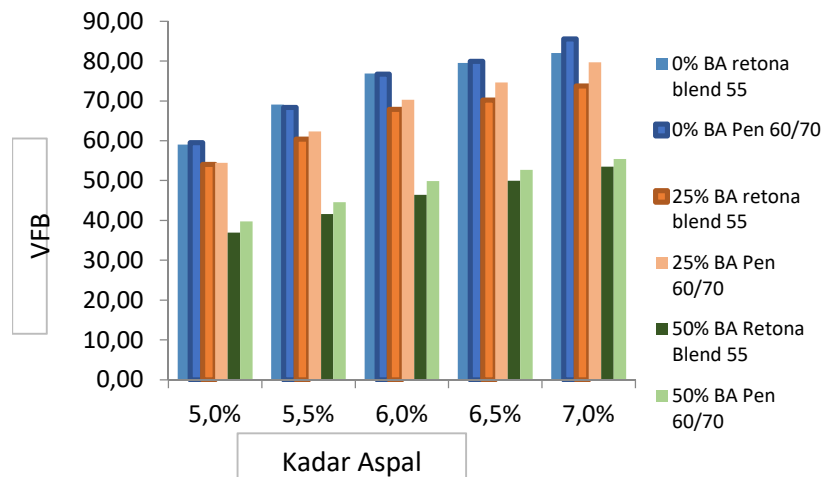
Gambar 17. Perbandingan aspal retona blend 55 dan aspal pen 60/70

Berdasarkan gambar 17 menunjukkan bahwa untuk variasi tanpa menggunakan *bottom ash* aspal pen 60/70 memiliki presentase nilai VIM yang lebih besar di dibandingkan dengan aspal retona blend 55, tetapi sebaliknya ketika menggunakan *bottom ash* aspal retona blend 55 memiliki rongga udara yang besar dibandingkan dengan aspal Pen 60/70.



Gambar 18. Perbandingan aspal retona blend 55 dan aspal pen 60/70

Berdasarkan gambar 18 menunjukkan bahwa pada variasi kadar *bottom ash* 0% menggunakan aspal Pen 60/70 memiliki nilai VMA yang tinggi, sedangkan grafik pada Variasi 25% *bottom Ash* terjadi naik turun nilai VMA, Ada beberapa faktor yang mempengaruhi kenaikan dan penurunan nilai VMA seperti kualitas pemadatan dan kadar aspal. Dan nilai VIM pada kadar *bottom ash* 50% menggunakan aspal retona blend 55 lebih tinggi dibandingkan aspal pen 60/70.



Gambar 19. Perbandingan aspal retona blend 55 dan aspal pen 60/70

Berdasarkan gambar 19 menunjukkan bahwa dari hasil pengujian perbandingan aspal Pen 60/70 dengan aspal retona blend 55 tidak jauh berbeda hanya saja pada variasi kadar *bottom ash* 25% dan 50% nilai VFB untuk aspal retona blend 55 lebih rendah dibandingkan dengan aspal pen 60/70.

IV. KESIMPULAN

Dari hasil penelitian dan pembahasan yang dilakukan, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Dari keseluruhan perhitungan bahwa pengaruh penggantian *bottom ash* sebagai agregat halus antara lain :
 - a. Pada variasi kadar campuran 100% *bottom ash* tidak dapat digunakan karena penyerapan dari *bottom ash* terlalu besar sehingga membuat daya lekat agregat terhadap aspal berkurang dan membuat campuran tersebut menjadi lembek.
 - b. Pada variasi campuran 25% *bottom ash* mengalami peningkatan pada nilai Stabilitas dengan variasi tanpa menggunakan *bottom ash* namun terjadi penurunan pada variasi kadar campuran 50% *bottom ash*. Hal ini dikarenakan ada kandungan *Bottom ash* dalam campuran yang mengakibatkan aspal memiliki nilai stabilitas yang tinggi dan membuat variasi campuran semakin padat.
 - c. Dalam uji *Marshall* nilai rata-rata pada kondisi optimum dengan kadar aspal 6% yang menggunakan 25% *bottom ash* yaitu, Stabilitas=1690,01 kg, Flow=3,86 mm, MQ=438,78 kg/mm, VIM=6,12%, VMA=17,42%, dan VFB=67,89%. dan 50% *Bottom ash* yaitu, Stabilitas=1492,40 kg, Flow=5,82 mm, MQ=563,18 kg/mm, VIM=14,54%, VMA=24,82%, dan VFB=44,73%.
2. Nilai stabilitas dari campuran yang menggunakan aspal pen 60/70 dengan campuran yang menggunakan retona blend 55 terhadap *bottom ash* menunjukkan bahwa retona blend 55 mampu meningkatkan stabilitas dari campuran. Sedangkan nilai Flow pada kadar campuran 25% menggunakan aspal pen 60/70 lebih tinggi dari aspal retona blend 55, kecuali pada kadar aspal 6,5% dan 7%.

REFERENSI

- [1] Syaiful A. A., 2015, Pemanfaatan Limbah Batu Marmer Sebagai Pengganti Agregat Kasar Pada Campuran Aspal Beton Terhadap Karakteristik Marshal. Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Univ. Muhammadiyah Malang
- [2] Anonimus, 2014, *Penuntun Pratikum Laboratorium Jalan Dan Aspal*, Teknik Sipil Universitas Khairun Ternate.
- [3] Fannysa H., 2010, Penggunaan Campuran Aspal Beton Dengan Menggunakan Filler Kapur Padam.
- [4] Nursanti R. D, 2011, Studi Karakteristik Campuran Beton Aspal AC-BC Dengan Menggunakan Aspal Retona Blend 55 Dan Aspal Penetrasi 60/70, Universitas Khairun Ternate.
- [5] Aji N. W. P., 2011, *Penggunaan Material Galiandari desa Koripan, Matesih Untuk Pembuatan Aspal Beton Campuran Panas*. Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Sebelas Maret Surakarta.
- [6] Andarias P, 2003, *Pengaruh Penggunaan Bottom Ash Terhadap Karakteristik Campuran Aspal Beton*. Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan, Universitas Kristen Petra.
- [7] Mulyawan S., 2013, Studi Penambahan Batu Bara Sebagai Filler Pada Campuran Beraspal, Universitas Sebelas Maret.
- [8] Sukirman S., *Perkerasan Lentur Jalan Raya*. Bandung: Nova.
- [9] Arlaning V. T., 2012. *Pengaruh Penggunaan Aspal Retona Blend 55 Terhadap Karakteristik Marshall Pada Campuran AC-WC*. Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Jember.