

**PENGARUH PENGGUNAAN LIMBAH BETON SEBAGAI AGREGAT
KASAR PADA CAMPURAN ASPAL PORUS DENGAN TAMBAHAN
GILSONITE**

JURNAL

**Diajukan untuk memenuhi sebagian persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik**



Disusun oleh :

BANGUN PRAWIRO

NIM. 105060100111016-61

NUGRAHA PASCA O.T.

NIM. 105060100111010-61

**KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS TEKNIK
JURUSAN TEKNIK SIPIL
MALANG
2014**

PENGARUH PENGGUNAAN LIMBAH BETON SEBAGAI AGREGAT KASAR PADA CAMPURAN ASPAL PORUS DENGAN TAMBAHAN GILSONITE

**Bangun Prawiro, Nugraha Pasca Ogenta Tarigan, Ir. Ludfi Djakfar, MSCE, Ph.D,
Hendi Bowoputro, ST., MT**

Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Brawijaya
Jalan M.T. Haryono 167 Malang 65145, Jawa Timur - Indonesia
E-mail: bangunprawiro@yahoo.com, nugrahatarigan@gmail.com

ABSTRAK

Limbah beton merupakan limbah hasil penghancuran beton struktur yang diambil dari pembangunan atau renovasi gedung. Limbah beton digunakan sebagai pengganti agregat dalam perkerasan jalan. Perkerasan jalan yang dipilih adalah perkerasan lentur dengan kemampuan meresapkan air ke lapisan permukaan tanah atau aspal porus, karena dinilai cocok dengan kondisi iklim di Indonesia. Aspal porus memiliki nilai stabilitas rendah karena menggunakan campuran dengan sedikit agregat kasar. Oleh karena itu, dilakukan penambahan *Gilsonite HMA Modifier Grade* pada aspal dengan tujuan dapat menambah nilai stabilitas pada campuran aspal panas.

Tujuan dari penelitian yang telah dilakukan adalah untuk mengetahui komposisi optimum limbah beton yang digunakan sebagai agregat kasar pada campuran aspal porus dan kadar aspal aspal optimumnya. Setelah itu dilakukan penelitian tahap selanjutnya untuk mendapatkan pengaruh penambahan *Gilsonite* terhadap karakteristik *Marshall*. Adapun metode penelitian yang digunakan yaitu dengan menggunakan standar gradasi Aspal Porus California dan Bina Marga. Digunakan variasi proporsi agregat kasar antara batu pecah/limbah beton 100/0, 80/20, 60/40, 40/60, 20/80, 0/100 dan variasi kadar aspal 5%, 6%, 7%, 8%, 9%. Kemudian digunakan variasi kadar *Gilsonite* 7%, 8%, 9% dan 10% dari berat aspal pada campuran optimum. Masing-masing dibuat 3 benda uji untuk dilakukan dua jenis pengujian yaitu *Falling Head* sesuai ASTM dan *Marshall* sesuai Bina Marga.

Hasil yang didapat dari penelitian adalah komposisi agregat kasar optimum yaitu 0/100 (Batu pecah/limbah beton) dengan KAO 7,5%. Hasil tersebut didapat dari membandingkan tiga metode yaitu metode Grafik Pita, 3D dan Kontur. Dan kemudian didapatkan kadar *gilsonite* optimum 9% pada pengujian tahap kedua. Dengan penambahan *Gilsonite HMA Modifier Grade*, mampu membuat nilai VIM pada campuran aspal porus yang menggunakan limbah beton sebagai agregat kasar menjadi memenuhi syarat yang ditentukan yaitu antara 18-25%. Hal tersebut disebabkan karena penetrasi aspal menurun akibat penambahan *Gilsonite*. Penambahan *Gilsonite* tersebut juga meningkatkan nilai stabilitas campuran. Limbah beton sebagai pengganti agregat kasar pada campuran aspal porus juga memberikan pengaruh yang signifikan pada nilai stabilitas, dilihat dari komposisi optimum yang didapat adalah campuran dengan 100% limbah beton sebagai agregat kasar. Namun pada campuran tanpa menggunakan tambahan *Gilsonite*, VIM yang dihasilkan masih belum mampu memenuhi syarat standar dikarenakan dengan menggunakan aspal pen 60/70, aspal cenderung meresap pada agregat dan mengisi rongga antar agregat pada campuran.

Kata kunci : aspal porus, limbah beton, *gilsonite*, VIM, stabilitas.

I. Pendahuluan

1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan Negara yang beriklim tropis dan memiliki curah hujan yang cukup tinggi. Akibatnya, di Indonesia menuntut untuk diciptakannya sistem drainase jalan yang efektif agar tidak menimbulkan kerusakan jalan akibat tidak meresapnya air hujan ke dalam tanah. Masalah tersebut disebut juga dengan *aquaplaning* atau kondisi dimana lapisan air terbentuk antara permukaan jalan dan ban sehingga dapat menimbulkan kerusakan pada permukaan lapisan aspal. Kerusakan jalan di Indonesia 40% disebabkan oleh air dan 30% disebabkan oleh kelebihan muatan. (Kemenhub, 2014)

Masalah mengenai penyebab terjadinya kerusakan jalan yang telah dijelaskan di atas menimbulkan adanya pemikiran tentang pemilihan penggunaan perkerasan jalan sangat berpengaruh pada lokasi-lokasi tertentu. Penggunaan perkerasan konvensional yang cenderung memiliki banyak faktor penyebab kerusakan dewasa ini mulai menjadikan pertimbangan dalam sebuah perencanaan struktur jalan raya. Pemilihan aspal porus dinilai cocok dengan kondisi di Indonesia, meskipun aspal porus juga memiliki kekurangan yaitu memiliki stabilitas yang lebih rendah dari perkerasan konvensional. Disisi lain perkerasan Aspal Porus memiliki banyak keuntungan bagi pengguna jalan dan lingkungan, seperti fungsi drainase dan menjaga keselamatan serta mengurangi tingkat kebisingan.

Dalam prinsipnya perkerasan aspal porus memiliki gradasi yang didominasi oleh agregat kasar yaitu minimal 85% dari volume campuran sehingga memiliki tingkat keseragaman yang lebih besar antar agregatnya dan memiliki lebih banyak rongga. Adanya banyak rongga pada struktur perkerasan diharapkan mampu memberikan tingkat kekesatan permukaan yang tinggi yang diakibatkan oleh rongga antar agregat yang lebih besar sehingga dapat menimbulkan tingkat keselamatan bertambah. Selain itu rongga pada perkerasan porus dapat mengalirkan air

dari permukaan aspal melewati rongga kosong antar agregat. Dalam penggunaannya aspal porus memiliki stabilitas yang rendah tetapi memiliki permeabilitas tinggi yang disebabkan oleh banyaknya rongga antar agregat. Perlu adanya modifikasi dalam material campuran yang diharapkan dapat mempengaruhi kinerja stabilitas dari aspal porus tersebut tanpa harus merubah gradasi pada agregatnya. Penambahan Gilsonite pada perkerasan dapat menambah kelekatan dan mengurangi penetrasi aspal. Hasil dari penambahan tersebut dapat menciptakan perkerasan dengan kekerasan yang tinggi (Bardesi and Brule, 1999).

Perkerasan aspal porus memiliki perbedaan pada gradasi agregatnya jika dibandingkan dengan perkerasan konvensional. Pemilihan agregat sangat penting kaitannya dengan hasil yang diperoleh dari campuran aspal porus tersebut. Dewasa ini, dalam dunia pembangunan di Indonesia masih kerap dihubungkan dengan tata cara pengolahan limbah yang kurang efektif. Atas dasar pemikiran tersebut, dilakukan penelitian tentang beberapa macam limbah dalam pembangunan yang dapat dijadikan bahan pertimbangan dalam pemilihan agregat dalam campuran aspal porus di atas. Dalam suatu proyek pembangunan gedung, dapat dibedakan menjadi beberapa macam antara lain adalah renovasi dan relokasi. Karakteristik beton yang keras dan kaku dinilai cocok jika dibandingkan dengan karakteristik agregat. Untuk mengetahui kelayakan dari limbah beton sebagai material perkerasan jalan dilakukan penelitian pendahuluan dan didapatkan hasil seperti pada Tabel 1.1 berikut :

Tabel 1.1 Hasil Pengujian Limbah Beton (Agregat Kasar)

No	Jenis Pengujian	Satuan	Hasil Pengujian	Spesifikasi Bina Marga		Keterangan
				Min	Maks	
1	Berat Jenis <i>Bulk</i>	-	2.45	2.5	-	Tidak Memenuhi
2	Berat Jenis SSD	-	2.56	-	-	-
3	Berat Jenis Semu	-	2.74	-	-	-
4	Penyerapan Air	%	4.8	-	3	Tidak Memenuhi
5	Abrasi Los Angeles	%	27.36	-	40	Memenuhi

Sumber : Hasil penelitian pendahuluan

Penjelasan beberapa masalah di atas, cukup melandasi akan dilakukannya penelitian tentang material agregat yang diperoleh dari pemanfaatan limbah beton dengan kuat tekan tertentu dalam perkerasan aspal porus dengan menggunakan campuran material tambahan Gilsonite yang diharapkan dapat memberi pengaruh pada stabilitas aspal porus yang sebelumnya memiliki stabilitas yang rendah.

1.2 Rumusan Masalah

Permasalahan yang akan dibahas pada penelitian ini adalah :

- a. Berapa nilai komposisi campuran batu pecah dan limbah beton yang akan menghasilkan campuran optimum ?
- b. Bagaimana kinerja campuran aspal porus menggunakan material batu pecah dan limbah beton ?
- c. Bagaimana pengaruh penambahan gilsonite dalam campuran aspal porus terhadap karakteristik *Marshall* dan permeabilitas ?
- d. Berapa persentase kadar gilsonite optimum yang ditambahkan dalam campuran Aspal Porus dengan proporsi agregat kasar optimum ?

1.3 Tujuan Penelitian

Beberapa tujuan yang diharapkan dalam penelitian ini adalah :

- a. Untuk mengetahui nilai komposisi campuran batu pecah dan limbah

beton optimum serta kadar aspal optimumnya.

- b. Mengetahui kinerja campuran aspal porus menggunakan material batu pecah dan limbah beton.
- c. Untuk mengetahui pengaruh Gilsonite sebagai bahan tambahan pada campuran Aspal Porus terhadap karakteristik *Marshall* dan permeabilitas.
- d. Untuk menentukan kadar gilsonite optimum yang ditambahkan dalam campuran Aspal Porus.

II. Metode Penelitian

Pelaksanaan penelitian dilakukan di Laboratorium Jalan Raya, Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Brawijaya. Dilaksanakan mulai bulan September 2014 sampai dengan bulan November 2014. Tahapan penelitian ini meliputi:

1) Persiapan Peralatan

Peralatan disiapkan sebelum proses penelitian dengan memperhatikan efisiensi waktu penelitian.

2) Persiapan Material

Pada Persiapan material dilakukan sebelum penelitian agar tidak menghambat jalannya penelitian.

3) Pemeriksaan Material

Pemeriksaan material yang dilakukan antara lain:

a) Agregat

Agregat yang digunakan dalam penelitian ini adalah batu pecah dan limbah beton, dimana pengujian ini berdasarkan spesifikasi Bina Marga 2010.

b) Aspal

Aspal yang digunakan dalam penelitian ini adalah aspal keras dengan penetrasi 60/70. Pengujian ini berdasarkan spesifikasi Bina Marga 2010.

4) Penentuan Kadar Aspal Rencana

Penentuan awal dalam kadar aspal rencana digunakan kadar aspal 5% sampai dengan 9%.

5) Jumlah Benda Uji

Pembuatan benda uji digunakan untuk mencari kadar aspal optimum dengan beberapa variasi kadar aspal dan kadar limbah beton, juga untuk mengetahui VIM, *Flow*, MQ dan stabilitas dari masing – masing variasi.

Banyaknya benda uji yang dibuat dapat ditentukan dengan rumus pendekatan berikut (I.G.N. Suharto) :

$$(r-1) \cdot (t-1) \approx 15$$

Dimana:

r = Replikasi atau perulangan

t = Treatment atau perlakuan

6) Proses Pembuatan Benda Uji

Benda uji dibuat dengan langkah – langkah sebagai berikut :

- Mempersiapkan agregat sesuai dengan komposisi campuran yang akan digunakan.
- Memanasakan agregat dan aspal sampai suhu tertentu, untuk aspal dan agregat $\pm 160^{\circ}\text{C}$ sedangkan suhu pencampuran $\pm 150^{\circ}\text{C}$.
- Pada suhu yang telah ditentukan, agregat yang telah dipanaskan dicampur dengan aspal dengan komposisi tertentu sampai rata.
- Campuran dipadatkan dengan *Marshall Compaction* pada suhu 120°C , dengan jumlah pukulan sebanyak 2×50 pukulan.
- Setelah dipadatkan benda uji didiamkan selama 1 hari untuk dilakukan uji permeabilitas.

7) Pengujian Permeabilitas

Untuk mengukur besarnya permeabilitas dari benda uji yang dibuat maka dilakukan pengujian *Falling Head*.

$$k = 2,3 \frac{aL}{At} \times \left[\log\left(\frac{h_1}{h_2}\right) \right]$$

Dimana :

k = Koefisien permeabilitas air (cm/s),

a = Luas potongan melintang tabung (cm²)

L = Tebal spesimen (cm),

A = Luas potongan specimen (cm²)

t = Waktu yang dibutuhkan untuk mengalirkan air dari h₁ ke h₂ (s)

h₁ = Tinggi batas air paling atas pada tabung (cm)

h₂ = Tinggi batas air paling bawah pada tabung (cm)

8) Pengujian *Marshall Standart*

Pengujian pada tahap ini untuk mendapatkan data guna penentuan kadar aspal optimum dan data durabilitas. Tahapan

pengujian *Marshall Standart* adalah sebagai berikut :

- Benda uji ditimbang dalam keadaan kering dan diukur tingginya.
- Benda uji direndam dalam air selama 24 jam.
- Setelah direndam ditimbang berat SSD dan berat dalam air.
- Benda uji dimasukkan dalam *water bath* pada suhu 60°C selama 30 menit. Dilakukan *Marshall Test* untuk mendapatkan stabilitas dan kelelahan (*flow*).

9) Benda Uji

Dalam penelitian ini dipakai 6 variasi komposisi limbah beton yang berlainan dalam setiap campuran aspal porus, masing-masing 0%, 20%, 40%, 60%, 80%, dan 100%. Pada masing-masing komposisi limbah beton dibuat 3 benda uji. Pada penelitian ini dipakai kadar aspal sebesar 5%, 6%, 7%, 8%, dan 9% dari berat agregat, yaitu 900 gram.

10) Rancangan Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan pembuatan benda uji dan analisa hasil penelitian, rancangan penelitian antara lain:

Tabel 2.1 Jumlah Benda Uji dengan Variasi Kadar Aspal dan Variasi Proporsi Limbah Beton dan Batu Pecah pada Campuran Aspal Porus

Proporsi Agregat Kasar (Batu Pecah/Limbah Beton)	Kadar Aspal				
	5%	6%	7%	8%	9%
100/0	3 buah	3 buah	3 buah	3 buah	3 buah
80/20	3 buah	3 buah	3 buah	3 buah	3 buah
60/40	3 buah	3 buah	3 buah	3 buah	3 buah
40/60	3 buah	3 buah	3 buah	3 buah	3 buah
20/80	3 buah	3 buah	3 buah	3 buah	3 buah
0/100	3 buah	3 buah	3 buah	3 buah	3 buah

Setelah mendapatkan kadar aspal optimum dan kadar limbah optimum dari penelitian di atas, dilanjutkan dengan penelitian pembuatan benda uji ditambah dengan variasi *Gilsonite HMA Modifier Grade*.

Tabel 2.2 Jumlah Benda Uji dengan Variasi Kadar Gilsonite pada Campuran Aspal Porus

Kadar Gilsonite	Jumlah Benda Uji dengan Kadar Aspal Optimum dan Kadar Agregat Kasar Optimum
7%	3 buah
8%	3 buah
9%	3 buah
10%	3 buah

11) Analisa Data

Dalam menganalisis data digunakan pendekatan analisis varian, analisis regresi, metode kontur dan metode 3D.

III. Pembahasan

3.1 Pengujian Material

3.1.1 Pengujian Karakteristik Aspal

Tabel 3.1 Pengujian Karakteristik Aspal

No.	Uraian	Unit	Spesifikasi*		Hasil	Keterangan
			Min.	Maks.		
1	Penetrasi	mm	60	79	61.778	Memenuhi
2	Titik Lembek	°C	48	58	49	Memenuhi
3	Daktalitas	mm	100	-	>1500	Memenuhi
4	Titik Nyala	°C	200	-	320	Memenuhi
5	Titik Bakar	°C	200	-	346	Memenuhi
6	Berat Jenis		1	-	1.061	Memenuhi

* Standar Bina Marga Untuk Agregat Pada Campuran Aspal Beton Panas

Tabel 3.2 Hasil Pemeriksaan Sifat Fisik Aspal Pen 60/70 Dengan Penambahan Persentase Kadar *Gilsonite*

No.	Sifat-sifat	Unit	Spek Pen 60/70		% Kadar <i>Gilsonite</i>				
			Min.	Maks.	0	2	4	6	8
1	Penetrasi	0.1mm	60	79	62	53	46	44	41
2	Titik Lembek	°C	48	58	54	56	57	61	65
3	Titik Nyala	°C	100	-	321	336	342	342	342

3.1.2 Pengujian Karakteristik Agregat

Tabel 3.3 Pengujian Karakteristik Agregat Kasar Batu Pecah

No.	Uraian	Unit	Spesifikasi*		Hasil	Keterangan
			Min	Maks		
1	Berat Jenis Curah	-	2.5	-	2.642	Memenuhi
2	Berat Jenis SSD	-	-	-	2.69	Memenuhi
3	Berat Jenis Semu	-	-	-	2.776	Memenuhi
4	Penyerapan Air	%	-	3	1.818	Memenuhi
5	Pengujian Los Angeles	%	-	40	12.748	Memenuhi
6	Nilai Tumbukan	%	-	30	12.186	Memenuhi

* Standar Bina Marga Untuk Agregat Pada Campuran Aspal Beton Panas

Tabel 3.4 Pengujian Karakteristik Agregat Halus

No.	Uraian	Unit	Spesifikasi*		Hasil	Keterangan
			Min	Maks		
1	Berat Jenis Curah	-	2.5	-	2.733	Memenuhi
2	Berat Jenis SSD	-	2.5	-	2.77	Memenuhi
3	Berat Jenis Semu	-	-	-	2.839	Memenuhi
4	Penyerapan Air	%	-	3	1.359	Memenuhi

* Standar Bina Marga Untuk Agregat Pada Campuran Aspal Beton Panas

3.2 Pembuatan Benda Uji untuk Menentukan KAO

Jumlah benda uji dibuat dengan variasi kadar aspal 5% - 9%, dapat dilihat pada tabel 2.1. Berikut ini ditampilkan hasil perhitungan penelitian *Marshall standart* pada penelitian yang telah dilakukan. Hasil Pengujian *Marshall* untuk nilai Stabilitas adalah :

Tabel 3.5 Nilai Stabilitas (kg)

Kadar Aspal	Komposisi Batu Pecah / Limbah Beton					
	100/0	80/20	60/40	40/60	20/80	0/100
5%	336.9433	590.7099	541.1327	447.785	400.6497	515.9323
	337.1378	359.5625	329.9468	535.5247	530.2717	567.8947
	383.1775	524.4366	465.4536	506.704	386.1684	471.4946
6%	166.9397	375.279	540.6535	556.4232	600.9746	563.4935
	387.0841	417.9137	487.6476	426.134	518.4879	522.4631
	198.0817	468.8539	449.8081	473.1344	473.1344	530.2717
7%	398.0871	552.1853	521.661	340.7368	483.1364	563.4935
	438.6632	238.3915	452.1492	606.5861	648.1098	597.9931
	424.5439	529.3559	480.5809	565.0268	461.0027	431.6
8%	449.517	497.3977	402.4954	536.9231	570.4502	648.1098
	315.4229	524.4366	456.5518	590.8376	585.755	553.8393
	215.2889	539.5177	533.7926	589.1908	518.4879	659.8936
9%	382.0512	454.259	552.668	521.661	642.9775	533.821
	392.9831	461.6452	594.4509	585.755	655.1091	624.5422
	262.2183	474.4902	530.2717	566.2194	563.4935	594.4438

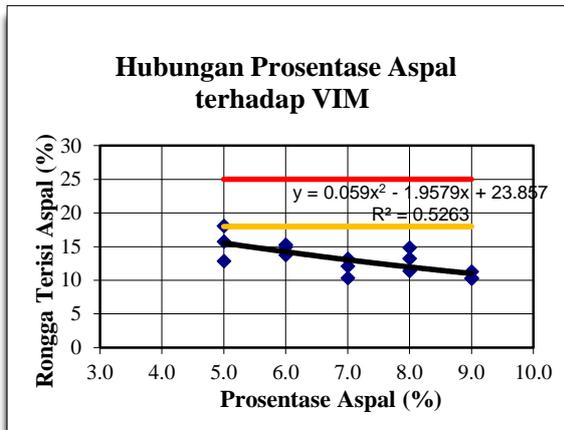
Sumber : Hasil Penelitian

Terdapat Juga hasil pengujian MQ, *Flow* dan VIM.

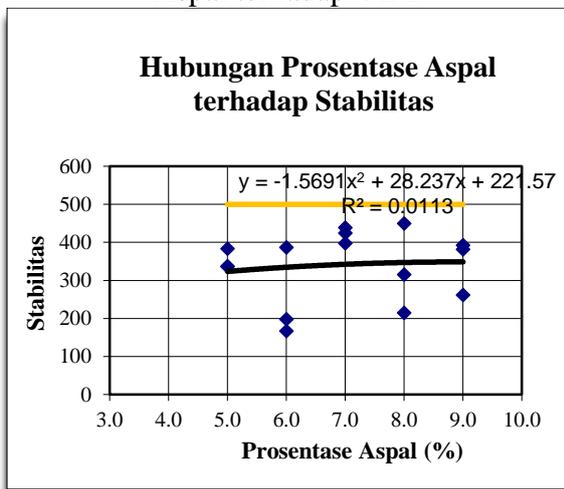
3.3 Penentuan KAO

Dari hasil pengujian *Marshall* telah diketahui nilai VIM, Stabilitas, *Flow*, dan MQ dari campuran yang digunakan pada penelitian ini. Kadar Aspal Optimum didapat dari nilai VIM, Stabilitas, *Flow*, dan MQ yang memenuhi syarat standar untuk

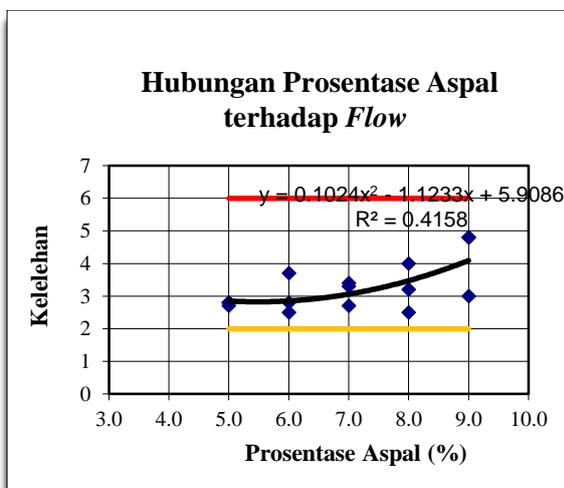
campuran aspal porus. Penentuan Kadar Aspal Optimum ditentukan dari perhitungan dengan metode grafik dan grafik pita.



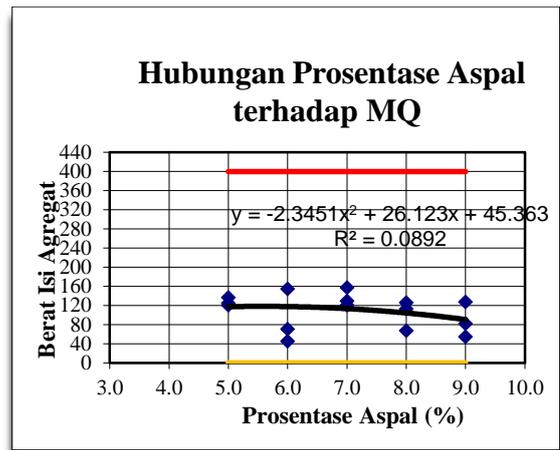
Gambar 3.1 Grafik Hubungan Prosentase Aspal terhadap VIM



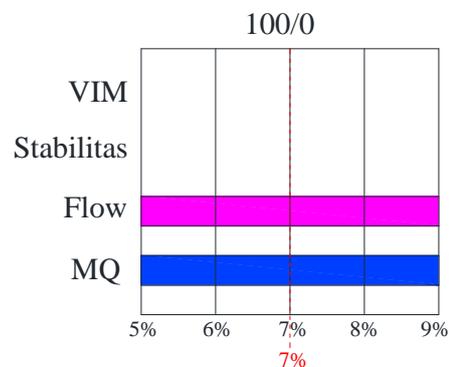
Gambar 3.2 Grafik Hubungan Prosentase Aspal terhadap Stabilitas



Gambar 3.3 Grafik Hubungan Prosentase Aspal terhadap Flow



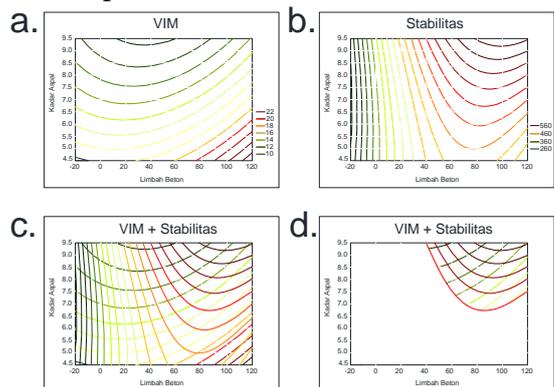
Gambar 3.4 Grafik Hubungan Prosentase Aspal terhadap MQ



Gambar 3.5 Grafik Pita Campuran Aspal Porus Standar California

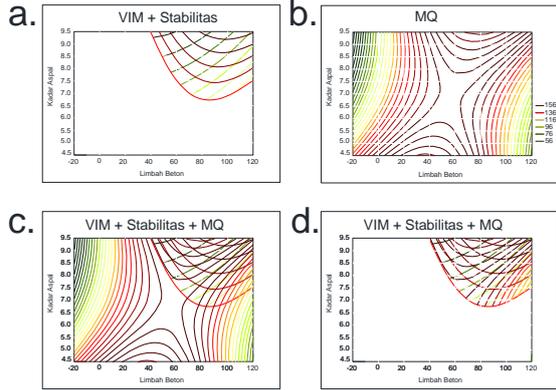
Penentuan Kadar Aspal Optimum dapat ditentukan juga dengan cara metode grafik kontur.

- Tahap 1



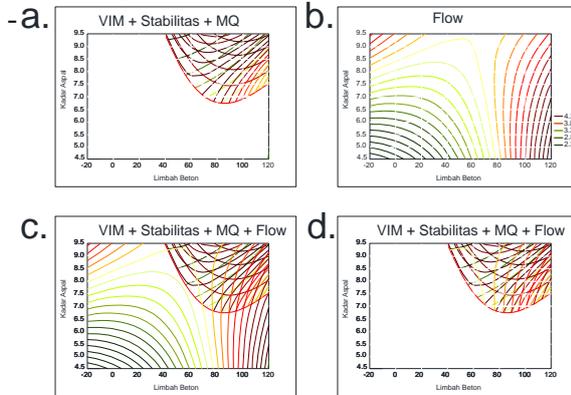
Gambar 3.6 Gambar Eliminasi Kontur Tahap 1

- Tahap 2



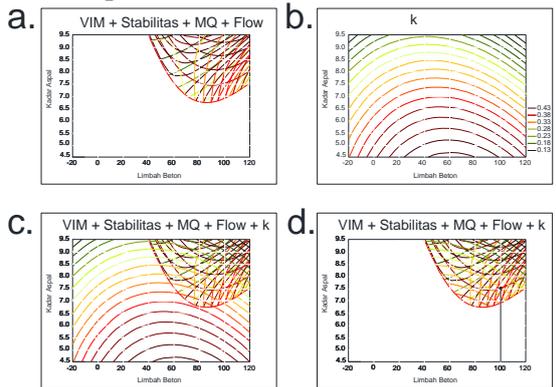
Gambar 3.7 Gambar Eliminasi Kontur Tahap 2

- Tahap 3



Gambar 3.8 Gambar Eliminasi Kontur Tahap 3

- Tahap 4



Gambar 3.9 Gambar Eliminasi Kontur Tahap 4

Terdapat juga hasil perhitungan KAO dengan cara grafik pita dan regresi serta regresi 3D dan iterasi. Sehingga didapatkan rekapitulasi sebagai berikut:

Tabel 3.6 Rekapitulasi KAO dan Kadar Limbah Beton Optimum

Metode	Kadar Limbah Beton Optimum	Kadar Aspal Optimum
Grafik Pita	100 %	7 %
Grafik Limbah Beton v Aspal v VIM	100 %	5 %
Grafik Limbah Beton v Aspal v Stabilitas	100 %	9 %
Kontur	100 %	7,5 %

Dari ketiga metode diatas didapatkan komposisi agregat kasar optimum 0/100 (batu pecah/limbah beton) dengan KAO 7,5%.

3.4 Analisa Statistik Pengaruh Limbah Beton Terhadap Campuran Aspal Porus

Berdasarkan data penelitian yang didapatkan, untuk mengetahui adanya pengaruh atau perbedaan dari variabel yang digunakan pada penelitian ini, maka dilakukan analisis statistik menggunakan Two Way ANOVA.

Rekapitulasi hasil dapat dilihat pada tabel checklist sebagai berikut :

Tabel 3.7 Rekapitulasi Dengan Checklist Analisis Statistik ANOVA Dua Arah

Pembanding	Variabel Tetap				
	VIM	Stabilitas	Flow	MQ	Koef. Permeabilitas
Proporsi Limbah Beton	√	√	√	√	√
Kadar Aspal	√	√	-	-	√
Interaksi Proporsi Limbah Beton dan Kadar Aspal	-	-	-	-	√

Dari tabel rekapitulasi diatas dapat kita lihat bahwa proporsi limbah beton memiliki pengaruh terhadap VIM, flow, stabilitas, MQ dan koefisien permeabilitas.

3.5 Pembuatan Benda Uji Berdasarkan Kadar Limbah Beton Optimum dengan KAO + Gilsonite

Setelah mendapatkan nilai kadar aspal optimum dan kadar limbah beton optimum maka dibuat benda uji 12 buah menggunakan kadar limbah beton optimum dengan KAO ditambah Gilsonite.

Berikut ini hasil perhitungan pengujian Marshall Standard Test pada penelitian ini :

Tabel 3.8 Hasil Uji *Marshall* Variasi Gilsonite

Kadar Aspal	Kadar Limbah Beton	Kadar Gilsonite	VIM	Stabilitas	Flow	MQ
7,5 %	100%	7%	20	653.427	5	130.69
			21	706.986	5.5	128.54
			21.64	623.122	4.5	138.47
		8%	22.29	717.698	5.5	130.49
			21.51	674.851	5.8	116.35
			19.77	621.291	5.8	107.12
		9%	20.62	867.665	5.4	160.68
			21.93	771.258	5.5	140.23
			21.04	824.817	4.2	196.39
		10%	20.34	706.986	5.6	126.25
			20.33	743.374	5.6	132.75
			21.8	685.562	5	137.11

Sumber : Hasil Penelitian

3.6 Analisis Statistik Pengaruh Kadar Gilsonite Terhadap Campuran Aspal Porus

Berdasarkan data penelitian yang didapatkan, untuk mengetahui adanya pengaruh atau perbedaan dari variabel yang digunakan pada penelitian ini, maka dilakukan analisis statistik menggunakan One Way ANOVA.

Rekapitulasi hasil dapat dilihat pada tabel checklist sebagai berikut :

Tabel 3.9 Rekapitulasi Dengan *Checklist* Analisis Statistik ANOVA Satu Arah Variasi Gilsonite

Pembanding	Variabel Tetap				
	VIM	Stabilitas	Flow	MQ	Koef. Permeabilitas
Kadar Gilsonite	-	√	√	√	√

Dari tabel rekapitulasi diatas dapat kita lihat bahwa penggunaan *Gilsonite HMA Modifier Grade* tidak mempunyai pengaruh yang signifikan terhadap VIM. Namun memiliki pengaruh yang signifikan terhadap stabilitas, *flow*, k dan MQ.

3.7 Pengujian Permeabilitas

Kemampuan permeabilitas diuji untuk dapat mengetahui berapa kemampuan campuran Aspal porus dalam mengalirkan air hujan kedalam tanah tanpa menyebabkan genangan. Pengujian permeabilitas yang dilakukan dalam penelitian ini adalah dengan metode "*Falling Head*". Variabel

yang mempengaruhi kecepatan permeabilitas antara lain tinggi benda uji, beda tekan aliran air, dan luas penampang.

Berikut ini akan ditampilkan hasil perhitungan koefisien permeabilitas (k) berdasarkan pengujian permeabilitas dengan variasi kadar aspal dan variasi agregat kasar:

Tabel 3.10 Hasil Uji Permeabilitas (cm/s)

Kadar Aspal	Komposisi Batu Pecah / Limbah Beton					
	100/0	80/20	60/40	40/60	20/80	0/100
5%	0.4	0.41	0.5	0.46	0.47	0.45
	0.38	0.43	0.55	0.47	0.45	0.42
	0.38	0.43	0.52	0.45	0.49	0.42
6%	0.39	0.36	0.49	0.41	0.45	0.41
	0.38	0.38	0.52	0.4	0.46	0.42
	0.37	0.38	0.52	0.4	0.45	0.39
7%	0.38	0.36	0.39	0.39	0.35	0.35
	0.37	0.37	0.41	0.38	0.35	0.36
	0.36	0.36	0.41	0.37	0.33	0.36
8%	0.28	0.29	0.36	0.3	0.3	0.28
	0.27	0.3	0.34	0.3	0.28	0.29
	0.27	0.3	0.33	0.3	0.3	0.27
9%	0.24	0.26	0.34	0.23	0.22	0.27
	0.24	0.26	0.33	0.23	0.21	0.26
	0.25	0.25	0.34	0.22	0.23	0.26

Sumber : Hasil Penelitian

Berikut ini akan ditampilkan hasil perhitungan koefisien permeabilitas (k) berdasarkan pengujian permeabilitas dengan variasi kadar aditif Gilsonite :

Tabel 3.11 Hasil Uji Permeabilitas Variasi Gilsonite (cm/s)

Kadar Aspal	Kadar Limbah Beton	Kadar Gilsonite	Koefisien Permeabilitas
7,5 %	100 %	7 %	0.41
			0.35
			0.36
		8 %	0.40
			0.42
			0.44
		9 %	0.31
			0.34
			0.34
		10 %	0.31
			0.36
			0.30

Sumber : Hasil Penelitian

Dari hasil pengujian permeabilitas tidak ada pengaruh signifikan dari

penggunaan Gilsonite. Nilai koefisien permeabilitas pada campuran aspal porus dengan menggunakan limbah beton dan gilsonite masih memenuhi syarat. Syarat batas kecepatan infiltrasi Aspal Porus adalah 0,2 – 0,5.

IV. Kesimpulan dan Saran

4.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan sebagai berikut :

- a. Nilai proporsi campuran agregat kasar antara batu pecah dengan limbah beton yang optimum adalah 0% batu pecah dan 100% limbah beton. Untuk Kadar Aspal Optimum (KAO) sebesar 7.5%.
- b. Pemakaian limbah beton pada aspal porus standar California mempengaruhi karakteristik *Marshall* nilai VIM dan Stabilitas seperti penjelasan di bawah ini :
 - Nilai VIM tidak memenuhi syarat disebabkan karena aspal penetrasi 60/70 cenderung meresap di agregat sehingga menyebabkan rongga-rongga antar agregat terisi oleh aspal (Bardesi dan Brule, 1999).
 - Penggunaan limbah beton dapat meningkatkan nilai stabilitas. Dari nilai stabilitas benda uji dengan batu pecah 100% yaitu sebesar 449.517 kg menjadi 659.894 kg menggunakan limbah beton 100%.
- c. Penambahan Gilsonite pada aspal porus standar California mempengaruhi karakteristik *Marshall* yaitu pada nilai VIM, Stabilitas, *Flow* dan MQ hasil analisis statistik. Penjelasan hasil tersebut adalah :
 - Penambahan Gilsonite memberikan pengaruh terhadap peningkatan nilai stabilitas. Nilai stabilitas yang dicapai pada KAO 7.5% tanpa menggunakan gilsonite adalah 571.296 kg sedangkan nilai stabilitas pada KAO 7.5% dengan penambahan Gilsonite adalah 761.347 kg.

- Penambahan Gilsonite memberikan pengaruh terhadap peningkatan nilai VIM. Nilai VIM yang dicapai pada KAO 7.5% tanpa menggunakan Gilsonite adalah 14.92 % sedangkan nilai VIM pada KAO 7.5% dengan penambahan Gilsonite adalah 21.186%. Penambahan Gilsonite juga membuat nilai VIM menjadi memenuhi syarat yaitu 18-25%.
 - Penambahan Gilsonite memberikan pengaruh terhadap peningkatan nilai *flow*. Nilai *flow* yang dicapai pada KAO 7.5% tanpa menggunakan Gilsonite adalah 4.159 mm sedangkan nilai *flow* pada KAO 7.5% dengan penambahan Gilsonite adalah 5.396 mm.
 - Penambahan Gilsonite memberikan pengaruh terhadap peningkatan nilai MQ. Nilai MQ yang dicapai pada KAO 7.5% tanpa menggunakan Gilsonite adalah 141.543 kg/mm sedangkan nilai MQ pada KAO 7.5% dengan penambahan Gilsonite adalah 144.186 kg/mm.
 - Penambahan Gilsonite tidak memberikan pengaruh signifikan terhadap nilai koefisien permeabilitas perkerasan Aspal Porus.
- d. Didapatkan kadar zat *additive* Gilsonite HMA *Modifier Grade* optimum sebesar 9%. Penambahan Gilsonite berpengaruh signifikan terhadap peningkatan nilai stabilitas dan VIM perkerasan Aspal Porus.

4.2 Saran

Beberapa saran yang dapat disampaikan untuk lebih menyempurnakan penelitian ini antara lain :

- a. Penelitian ini dapat digunakan di tempat yang tersedia limbah beton dalam jumlah banyak.
- b. Diharapkan pada penelitian selanjutnya aspal yang digunakan adalah aspal dengan tingkat kekentalan yang lebih tinggi dari aspal pen 60/70.

- c. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut dengan material lain untuk mendapatkan stabilitas lebih dari 800 kg agar dapat melayani lalu lintas tinggi.
- d. Penelitian ini dapat digunakan di Indonesia pada jalan yang melayani lalu lintas sedang.

Daftar Pustaka

- American Gilsonite Company. 2013. *High-Strength, High Performance Road That Stand The Test of Time*.
- Anonim. 1976. *Manual Pemeriksaan Bahan*. Jakarta : Departemen Pekerjaan Umum Bina Marga.
- Australian Asphalt Pavement Association. 2004. *National Asphalt Specification*.
- Bardesi A. dan Brule B. 1999. *Use of Modified Bituminous Binders, Special Bitumens and Bitumens with Additives in Road Pavements*. World Road Association
- Basuki, R. 1997. *Pengaruh Penambahan Gilsonite Resin Terhadap Kadar Aspal Optimum Pada Asphalt Concrete*. Surabaya : Institut Teknologi Sepuluh November. Jurnal
- Basuki, R. & Machsus. 2007. *Penambahan Gilsonite Resin Pada Aspal Prima 55 untuk Meningkatkan Kualitas Perkerasan Hot Mix*. Surabaya : Institut Teknologi Sepuluh November. Jurnal
- Bina Marga. 2010. *Spesifikasi Umum Campuran Beraspal Panas*.
- Bruce. K.F. 2005. *Porous Pavement*. CRC PRESS. United States of America
- Krebs, R.D dan Walker, R.D. 1971. *Highway Materials*. McGraw-Hill Book Company. New York, USA.
- Putri, F. & Ariyanti, F. 2013. *Evaluasi Kinerja Aspal Porus Menggunakan Spesifikasi Gradasi dari Australia (AAPA), California (CalAPA), dan British (BS)*. Malang : Universitas Brawijaya. Skripsi
- Putrowijoyo, R. 2006. *Kajian Laboratorium Sifat Marshall dan Durabilitas Asphalt Concrete – Wearing nCourse (AC-WC) dengan Membandingkan Penggunaan Antara Semen Portland dan Abu Batu Sebagai Filler*. Semarang : Universitas Diponegoro, Tesis
- Ramadhan, N. & Burhan, R.R. 2014. *Pengaruh Penambahan Additive Gilsonite HMA Modifier Grade Terhadap Kinerja Aspal Porus*. Malang : Universitas Brawijaya. Skripsi
- Sarwono, D dan Astuti K. W . 2007. *Pengukuran Sifat Permeabilitas Campuran Porous Asphalt*. Media Teknik Sipil.
- Suharto, Ign, Dkk, 2004. *Perekayasaan Metodologi Penelitian*. Yogyakarta : Andi Offset
- Sukirman, Silvia. 2003. *Beton Aspal Campuran Panas*. Jakarta : Yayasan Obor Indonesia
- Suprpto, T.M. 2004. *Bahan Dan Struktur Jalan Raya*. Biro Penerbit Teknik Sipil Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta.
- The Asphalt Institute. 1984. *Mix Design Methods for Asphalt Concrete and other Hot Mix Types*, Manual Series No 2 (MS-2). 1 st Edition, Lexington, Kentucky, USA.
- Yasra, S. 2014. *Pemanfaatan Limbah Beton Sebagai Agregat Pengganti Pada Campuran Asphalt Concrete – Binder Course (AC-BC)*. Yogyakarta : Universitas Gadjah Mada. Skripsi