

# PEMANFAATAN LIMBAH BETON SEBAGAI AGREGAT KASAR PADA ASPAL BERONGGA MENGGUNAKAN ASPAL PENETRASI 60/70

Ahmad Gasruddin

(Dosen Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Unidayan Baubau)

Email : [agash778@gmail.com](mailto:agash778@gmail.com)

---

## ABSTRAK

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menentukan nilai karakteristik *marshall* pada setiap kadar aspal yang direncanakan dari campuran aspal berongga dengan memanfaatkan limbah beton sebagai agregat kasar.

Dalam penelitian ini perencanaan benda uji dilakukan dengan menentukan komposisi campuran baik penentuan komposisi agregat maupun penentuan kadar aspal rencana dimana variasi kadar aspal rencana yaitu : 4 %, 5 %, 6 %, dan 7 % dan setiap kadar aspal terdiri dari lima sampel. Benda uji dipadatkan dengan pemadatan 2x50 tumbukan, Kemudian menyiapkan benda uji untuk tes *Marshall* dan *Permeabilitas*

Dari hasil pengujian didapat nilai karakteristik *marshall* dari campuran aspal berongga didapat nilai tertinggi terdapat pada kadar aspal 7 % dimana nilai Stabilitas yaitu 2950,13 kg, nilai Kelelahan/*Flow* yaitu 2,63 mm, nilai VIM/ Porositas yaitu 19,86 % dan nilai *Permeabilitas* yaitu 0,42 ltr/dtk sedangkan nilai yang terendah terdapat pada kadar aspal 4% dimana nilai Stabilitas yaitu 1669,37 kg, nilai Kelelahan/*Flow* yaitu 5,83 mm, nilai VIM/ Porositas yaitu 22,56 % dan nilai *Permeabilitas* yaitu 0,54 ltr/dtk.

**Kata Kunci :** Aspal Berongga, Aspal Penetrasi 60/70, *Marshall test*, *Permeabilitas*.

---

## A. PENDAHULUAN

Secara umum, setiap jalan harus memenuhi persyaratan aman dimana kecelakaan yang terjadi seminimal mungkin, kuat sehingga dapat memikul beban, dan nyaman dimana permukaan jalan rata, lebar jalan yang memadai sesuai jumlah lalu lintas yang lewat.

Saat sekarang ini, keselamatan dalam transportasi khususnya transportasi darat merupakan hal yang patut mendapat perhatian. Salah satu aspeknya adalah dari segi kondisi lapisan permukaan jalan. Khususnya di Indonesia dengan curah hujan yang cukup tinggi, pada permukaan jalan sering terdapat genangan air sehingga lapisan aspal menjadi cepat rusak.

Pemilihan campuran aspal berongga pada lapisan permukaan adalah cara yang sedang dikembangkan untuk mengatasi permasalahan di atas yang dapat mengganggu keselamatan di jalan. Lapisan ini secara efektif akan memberikan tingkat keselamatan yang lebih, terutama di saat hujan.

Lapisan aspal berongga merupakan

lapisan dari perkerasan jalan yang dihampar di atas lapisan aspal yang kedap air. Karena menggunakan gradasi terbuka, sehingga memungkinkan air meresap ke dalam lapisan aspal tersebut. Sifat-sifat aspal berongga ini bergantung dari gradasi agregat dan sifat bahan-bahan pembentuk aspal itu sendiri.

Di samping itu, kebutuhan nasional akan aspal khususnya aspal minyak untuk konstruksi jalan meningkat setiap tahunnya untuk pembangunan jalan baru, pemeliharaan jalan, serta pengembalian kondisi selama masa layannya. Sebagian kebutuhan tersebut dipenuhi dengan mengimpor aspal. Untuk mengurangi impor aspal dapat dilakukan dengan memanfaatkan produk dalam negeri yaitu aspal alam yang terdapat di Pulau Buton Provinsi Sulawesi Tenggara. Pembangunan prasarana jalan nasional hendaknya dapat memanfaatkan aspal alam ini, baik dalam bentuk padat (*Buton Granular Asphalt*) maupun dalam bentuk cair (*Liquid Asbuton*).

Hal lain yang perlu mendapat perhatian adalah kebutuhan peningkatan

jalan dengan cara penambahan lapis tambahan atau pembangunan konstruksi jalan baru membutuhkan ketersediaan volume material, seperti kerikil dan pasir yang sangat besar tetapi ketersediaan material tersebut di alam tentu sangat terbatas. Untuk itu, diperlukan inovasi untuk mencari metode pembangunan alternatif yang mampu menghasilkan kualitas konstruksi jalan yang memenuhi standar namun dapat menggunakan material yang seminim mungkin.

Dengan segala kelebihannya yang dapat disimak dari berbagai penelitian akhir-akhir ini, penggunaan kembali limbah beton berupa pecahan sebagai pengganti agregat kasar pantas diteliti karena disamping murah dan ramah lingkungan, juga diharapkan akan mampu memberikan hasil yang memuaskan.

Berdasarkan uraian diatas, maka dapat disimpulkan bahwa penggunaan aspal berongga pada perkerasan atau konstruksi jalan dapat mempengaruhi kualitas konstruksi jalan. Dari kondisi di atas, penulis tertarik untuk melakukan penelitian dengan judul "Pemanfaatan Limbah Beton Sebagai Agregat Kasar Pada Aspal Berongga Menggunakan Aspal Penetrasi 60/70".

### 1. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas maka rumusan masalah dari penelitian ini adalah bagaimana karakteristik *marshall* pada campuran aspal berongga dengan memanfaatkan limbah beton sebagai agregat kasar dengan menggunakan aspal penetrasi 60/70.

### 2. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menentukan nilai karakteristik *marshall* pada setiap kadar aspal yang direncanakan dari campuran aspal berongga dengan memanfaatkan limbah beton sebagai agregat kasar

### 3. Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang dapat diperoleh dari penelitian ini yaitu:

- a. Memperoleh pengetahuan tentang studi kuat tekan aspal berongga kepada penulis dan pembaca.
- b. Memperoleh pengetahuan bagi penulis dan pembaca tentang komposisi bahan penyusun campuran aspal berongga.
- c. Sebagai bahan referensi dan perbandingan bagi penelitian-penelitian yang terdahulu dan yang mendatang.
- d. Sebagai bahan referensi kepada seluruh pihak yang terkait dalam pekerjaan perkerasan aspal berongga.

## B. KAJIAN PUSTAKA

### 1. Pengertian Aspal

Aspal didefinisikan sebagai material berwarna hitam atau cokelat tua, pada temperatur yang berbentuk padat sampai agak padat. Jika dipanaskan sampai suatu temperatur tertentu aspal dapat menjadi lunak/cair sehingga dapat membungkus partikel agregat pada waktu pembuatan aspal beton atau dapat masuk dalam pori-pori yang ada pada penyemprotan/penyiraman pada perkerasan macadam ataupun peleburan. Jika temperatur mulai turun, aspal akan mengeras dan mengikat agregat pada tempatnya (Sukirman, 1990).

Berdasarkan cara mendapatkannya, aspal dibedakan atas :

- a. Aspal Alam :
  1. Aspal Gunung (*rock asphalt*), contohnya Aspal Buton.
  2. Aspal Danau (*lake asphalt*), contohnya Aspal *Bermudez*, Trinidad.

### b. Aspal Buatan

Jenis aspal ini dibuat dari proses pengolahan minyak bumi, jadi bahan baku yang dibuat untuk aspal pada umumnya adalah minyak bumi yang banyak mengandung aspal. Jenis dari aspal buatan antara lain adalah sebagai berikut :

#### 1) Aspal Keras

Aspal keras digunakan untuk bahan pembuatan AC Aspal yang digunakan dapat berupa aspal keras penetrasi 60 atau penetrasi 80 yang memenuhi persyaratan aspal keras.

Jenis-jenisnya :

- a. Aspal penetrasi rendah 40 / 55, digunakan untuk kasus: Jalan dengan volume lalu lintas tinggi, dan daerah dengan cuaca iklim panas.
- b. Aspal penetrasi rendah 60 / 70, digunakan untuk kasus : Jalan dengan volume lalu lintas sedang atau tinggi, dan daerah dengan cuaca iklim panas. Spesifikasi untuk jenis aspal ini disajikan pada Tabel 5 di bawah ini.
- c. Aspal penetrasi tinggi 80 / 100, digunakan untuk kasus : Jalan dengan volume lalu lintas sedang / rendah, dan daerah dengan cuaca iklim dingin.
- d. Aspal penetrasi tinggi 100 / 110, digunakan untuk kasus : Jalan dengan volume lalu lintas rendah, dan daerah dengan cuaca iklim dingin.

## 2) Aspal Cair

Aspal cair digunakan untuk keperluan lapis resap pengikat (*prime coat*) digunakan aspal cair jenis MC – 30, MC – 70, MC – 250 atau aspal emulsi jenis CMS, MS. Untuk keperluan lapis pengikat (*tack coat*) digunakan aspal cair jenis RC – 70, RC – 250 atau aspal emulsi jenis CRS

## 3) Aspal Emulsi

Aspal cair yang dihasilkan dengan cara mendispersikan aspal keras ke dalam air atau sebaliknya dengan bantuan bahan pengemulsi sehingga diperoleh partikel aspal yang bermuatan listrik positif (*kationik*), negatif (*anionik*) atau tidak bermuatan listrik (*nonionik*).

## 4) Ter

Merupakan hasil penyulingan batu bara dan kayu. Umumnya aspal digunakan sebagai bahan pengikat agregat pada perkerasan lentur pada suatu konstruksi jalan. Fungsi aspal antara lain :

- a. Untuk mengikat batuan agar tidak lepas dari permukaan jalan akibat lalu lintas (*water proofing*), melindungi terhadap erosi.
- b. Sebagai bahan pelapis dan perekat agregat
- c. Sebagai pengisi ruang yang kosong antara agregat kasar, agregat halus, dan filler.

## 2. Agregat

Menurut Silvia Sukirman, (1990), 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. Campuran beraspal merupakan suatu kombinasi antara agregat dan aspal. Dalam campuran aspal, agregat berperan sebagai tulangan sedangkan aspal berperan sebagai pengikat antar partikel agregat. Sifat-sifat agregat merupakan salah satu faktor penentu kemampuan perkerasan jalan memikul beban lalu lintas dan daya tahan terhadap cuaca.

## 3. Gradasi Agregat

Gradasi agregat adalah susunan dari beberapa ukuran butiran agregat yang membentuk suatu campuran agregat yang terdiri dari beberapa fraksi agregat. Ukuran butir agregat dapat diperoleh melalui pemeriksaan analisis saringan. Gradasi agregat menentukan besarnya rongga atau pori yang mungkin terjadi dalam campuran. Gradasi batuan dapat terjadi secara alami, atau hasil produksi mesin *stone crusher* atau dapat dibuat dengan cara mencampur berbagai ukuran butir dari stok material batuan. Berdasarkan distribusi butir ada tiga jenis gradasi :

1. Gradasi tertutup / Menerus / Rapat / *Dense* ; adalah gradasi yang menghasilkan rongga antar butir yang paling kecil, gradasi ini juga disebut gradasi *fuller*, paling cocok untuk lapis permukaan beton aspal.
2. Gradasi terbuka (*Open Graded*) adalah gradasi dimana butir kasarnya jauh lebih banyak sehingga menghasilkan rongga butir batuan yang paling besar. Gradasi ini banyak digunakan untuk permukaan beton aspal untuk maksud anti slip, atau bahkan untuk drain aspal yaitu lapis yang berongga sehingga air dapat lewat dengan mudah.
3. Gradasi senjang (*Gap Graded*) adalah gradasi yang butir tengahnya dibuang sehingga timbul rongga butiran yang cukup besar yang memungkinkan aspal

bisa lebih banyak masuk ke dalam campuran. Gradasi ini berbeda dengan *open graded* karena butir kasarnya relatif sedikit sehingga butir kecil dominan menciptakan kekuatan *mastic*. Biasanya digunakan untuk lapis HRS (*Hot Rolled Sheet*).

Penggunaan gradasi untuk campuran aspal berongga harus sesuai dengan batas-batas gradasi yang digunakan, dimana tidak diperbolehkan melebihi batas atas dan batas bawah dari sebuah gradasi.

Setyawan (2008), melakukan Observasi properties aspal berongga berbagai gradasi dengan material lokal. Penelitian ini membandingkan Gradasi Jepang, Gradasi Indonesia, Gradasi Inggris (*British Standard*), dan Gradasi *Blackwater Valley Route* (BVR). Dari pengujian dan pengamatan terhadap nilai-nilai stabilitas (pada *Marshall Test*), kuat desak (pada *Unconfined Compressive Test*) dan nilai aus (pada *Cantabrian Test*), dapat disimpulkan bahwa gradasi Jepang adalah gradasi terbaik dibandingkan dengan penggunaan gradasi-gradasi lainnya, mengingat bisa memberikan nilai tertinggi untuk uji stabilitas dan kuat desak, meskipun ketahanan terhadap ausnya sedikit lebih rendah.

#### 4. Aspal Berongga

Menurut Setyawan A. Sanusi, campuran aspal berongga merupakan generasi baru dalam perkerasan lentur, yang membolehkan air meresap ke dalam lapisan atas (*wearing course*) secara vertikal dan horizontal. Lapisan ini menggunakan gradasi terbuka (*open graded*) yang dihamparkan di atas lapisan aspal yang kedap air. Lapisan aspal berongga ini secara efektif dapat memberikan tingkat keselamatan yang lebih terutama diwaktu hujan agar tidak terjadi *aquaplaning* sehingga menghasilkan kekesatan permukaan yang lebih kasar, dan dapat mengurangi kebisingan (*noise reduction*).

##### a. Pengertian Aspal Berongga

Aspal berongga adalah aspal yang dicampur dengan agregat tertentu yang

setelah dipadatkan mempunyai 10-25% pori-pori udara. Aspal berongga umumnya memiliki nilai stabilitas *Marshall* yang lebih rendah dari aspal beton yang menggunakan gradasi rapat, stabilitas *Marshall* akan meningkat bila gradasi terbuka yang digunakan lebih banyak fraksi halus (Cabrera & Hamzah, 1996). Aspal berongga adalah campuran aspal dengan agregat tertentu yang didesain setelah dipadatkan mempunyai pori-pori udara berkisar 10%-25%. (Cabrera & Hamzah, 1996).

Aspal berongga merupakan salah satu alternatif untuk meningkatkan keselamatan di jalan dan mengurangi kebisingan (*noise reduction*). Aspal berongga didesain untuk mendapatkan kadar rongga yang besar untuk meneruskan aliran air ke saluran samping dan lapisan dasar yang kedap air untuk mencegah air meresap ke lapis subbase dan badan jalan sehingga genangan air di atas permukaan jalan yang seringkali terjadi setelah hujan dan mengganggu kelancaran arus lalu lintas dapat diminimalisir. Kondisi ini dimungkinkan karena gradasi yang digunakan merupakan gradasi terbuka yang memiliki fraksi agregat kasar tidak kurang dari 85% dari berat total campuran.

Campuran aspal berongga diciptakan supaya mempunyai kemampuan untuk mengalirkan air di atas permukaan agar masuk kedalam lapisan kedap air dan mengalirkan air kesaluran samping. Di Eropa campuran aspal berongga di modifikasi ulang agar rongga-rongga udara berhubungan antara satu sama lain. Aspal berongga adalah lapisan yang istimewa jika dipergunakan sebagai lapisan aus seperti pada Gambar 1 dibawah ini :



**Gambar 1.** Permukaan Aspal Berongga(\*UNHSC Design Specifications For Porous Asphalt Pavement and Infiltration Beds)

b. Keuntungan dan Kerugian dalam Penggunaan Aspal Berongga, yaitu:

- 1) Keuntungan dalam penggunaan aspal berongga :
  - a) Mengurangi tingkat kebisingan pada roda ban,
  - b) Mengurangi percikan dan semprotan air,
  - c) Efektif untuk meningkatkan keselamatan lalu lintas pada musim hujan,
- 2) Kerugian dalam penggunaan aspal berongga :
  - a) Gaya gesek besar, tidak disenangi pada daerah perkotaan karena kecepatan di perkotaan kecil,
  - b) Khususnya pada kondisi negara 4 musim, pada musim dingin digunakan garam untuk mencairkan es, maka garam akan merusak,
  - c) Aspal berongga /aspal berpori membutuhkan perawatan khusus,
  - d) Biaya besar khususnya di daerah perkotaan karena memerlukan drainase khusus.

Penggunaan aspal berongga telah digunakan sebagai lapisan permukaan jalan pada daerah pedestrian seperti tempat-tempat pejalan kaki (*pedestrian walkways*) ditaman-taman, trotoar dan untuk kendaraan ringan (*light vehicle*). Selain sifat mekanik, maka mikro-struktur, ikatan antara material dan permeabilitas adalah karaktersitik yang penting dari aspal berongga digunakan untuk meredam kebisingan lalu lintas, meningkatkan ketahanan gelincir jalan dan permeabilitas digunakan untuk meneruskan air ke dalam tanah sehingga dapat digunakan untuk mengontrol dan mengatur limpasan air hujan. Telusur pustaka menunjukkan bahwa dewasa ini, sejumlah Negara mengadakan penelitian, pengembangan dan penerapan aspal berongga secara terus-menerus karena memberikan banyak keuntungan ekologi.

Pemilihan jenis campuran aspal yang akan digunakan dalam pembangunan jalan baru maupun pemeliharaan atau

peningkatan jalan sangat terkait dengan tujuan dan fungsi konstruksi jalan tersebut, termasuk berkaitan dengan prediksi jumlah arus lalu lintas yang akan melewati jalan tersebut. Apabila konstruksi jalan tersebut berorientasi pada kekuatan dimana nilai stabilitas tinggi, maka dapat menggunakan campuran bergradasi rapat (*dense graded*). Sedangkan untuk memperoleh campuran dengan nilai fleksibilitas dan durabilitas tinggi dapat menggunakan campuran bergradasi senjang (*gap graded*). Dan untuk memperoleh campuran dengan permeabilitas tinggi dapat menggunakan campuran bergradasi terbuka (*open graded*).

Aspal berongga merupakan campuran agregat dengan komposisi dan gradasi tertentu dengan bahan pengikat aspal sehingga setelah dipadatkan akan diperoleh pori-pori udara yang cukup besar. Campuran aspal berongga ini dihindarkan diatas lapisan kedap air. Karena menggunakan gradasi terbuka (*open graded*), maka lapisan ini akan membolehkan air meresap ke lapisan paling atas.

Diana (2000) dalam penelitiannya mengenai sifat-sifat teknik dan permeabilitas pada aspal berongga mengambil spesifikasi aspal berongga yang bersumber dari *Australian Asphalt Pavement Association*, 2004

**Tabel 1.** Gradasi Agregat Untuk Campuran Aspal Berongga

Ukuran Ayakan		Gradasi % Lolos Saringan
ASTM	(mm)	Amerika
1/2"	12,7	100
3/8"	9,5	95 - 100
no. 4	4,76	30 - 50
no. 8	2,38	5 - 15
no. 200	0,074	2 - 5

*Sumber : Federal highway administration, 1990*

## 5. Karakteristik Campuran Aspal Berongga

Kinerja aspal Berongga diperoleh melalui hasil pengujian karakteristik campuran beraspal.

**Tabel 2.** Standar Kinerja Aspal Berongga

No	Kriteria Perencanaan	Nilai
1	Uji Cantabro Loss (%)	Maks. 35
2	Uji Aliran Aspal Ke Bawah (%)	Maks. 0,3
3	Kadar Rongga Dalam Campuran (VIM %)	18 - 25
4	Jumlah Tumbukan Perbidang	50
5	Stabilitas Marshall (kg)	Min. 500
6	Kelelahan Marshall (mm)	2-6
7	Kekakuan Marshall (kg/mm)	Maks. 400

**Sumber :** *Australian Asphalt Pavement Association*, 2004

## C. METODE PENELITIAN

Dalam Penelitian ini metode yang digunakan adalah metode eksperimen di laboratorium. Campuran aspal berongga diproduksi dengan menggunakan pecahan limbah beton sebagai agregat kasar dengan variasi komposisi dan aspal cair sebagai bahan pengikat. Pengujian dilakukan dengan menggunakan Standar Nasional Indonesia (SNI).

Tahap awal dilakukan pengujian terhadap material yang akan digunakan. Kemudian setelah sampel briket telah dibuat, dilakukan pengujian untuk mendapatkan nilai permeabilitas, stabilitas, dan kelelahan melalui Pengujian *Marshall*. Dari pengujian ini diharapkan akan diperoleh komponen penyusun dan persentase komposisi yang terdapat dalam material dan briket aspal berongga

### 1. Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan dilaboratorium Teknik Sipil Universitas Dayanu Ikhsanuddin Baubau yang beralamat

di Jalan Dayanu Ikhsanuddin Baubau Kelurahan Lipu Kota Baubau. Penelitian ini mulai dilaksanakan pada bulan september 2018 sampai selesai.

## 2. Teknik Pengumpulan Data

Pengambilan sampel untuk agregat halus dan agregat kasar (split) dilakukan secara langsung dilokasi. Hal ini dilakukan agar sampel yang diambil benar-benar langsung bersumber dari lokasi tersebut. Sampel kemudian dimasukkan kedalam satu tempat (karung sampel) untuk dilakukan pemeriksaan data-data karakteristik dan mix design, setelah pengujian dilaboratorium Teknik Sipil Universitas Dayanu Ikhsanuddin. Lokasi pengambilan material Agregat Kasar (pecahan limbah beton) dari hasil penelitian yang ada di laboratorium Jalan dan Aspal progam studi Teknik Sipil Unidayan sedangkan Agregat halus yang bersumber dari Sorawolio (PT. Tunas Harapan Lakina Wolio).

## 3. Bahan Penelitian

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

- Agregat Kasar (pecahan limbah beton) dari hasil penelitian yang ada di laboratorium Jalan dan Aspal progam studi Teknik Sipil Unidayan.
- Agregat halus yang bersumber dari Sorawolio (PT. Tunas Harapan Lakina Wolio).
- Aspal yang digunakan adalah Aspal penetrasi 60/70.

## D. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

### 1. Hasil Pengujian Karakteristik Agregat

Pengujian material dilakukan dengan acuan Spesifikasi Umum Direktorat Jendral Bina Marga Divisi 6 Perkerasan Aspal Tahun 2018 sebagai acuan. Pemeriksaan karakteristik agregat (Batu pecah dari limbah beton, Pasir dan Abu Batu dari sorawolio).

**Tabel 3.** Hasil Pemeriksaan Karakteristik Agregat

Jenis Pemeriksaan	Satuan	Metode Pemeriksaan	Hasil Pengujian	Spec	
				Min	Max
<b>A. Batu Pecah Limbah Beton</b>					
1. Buah	gr/cc	SNI 03-1969-1990	2,58	2,5	-
2. Apparent	gr/cc	SNI 03-1969-1990	2,75	-	-
3. Efektif	gr/cc	SNI 03-1969-1990	2,66	-	-
4. Absorpsi	%	SNI 03-1969-1990	2,40	-	3
5. Bahan Lolos 200	%	SNI 03-4142-1996	0,78	-	1
<b>B. Pasir Sorawolio</b>					
1. Buah	gr/cc	SNI 03-1969-1990	2,62	2,5	-
2. Apparent	gr/cc	SNI 03-1969-1990	2,81	-	-
3. Efektif	gr/cc	SNI 03-1969-1990	2,73	-	-
4. Absorpsi	%	SNI 03-1969-1990	2,60	-	3
5. Bahan Lolos 200	%	SNI 03-4142-1996	0,85	-	8
<b>C. Abu Batu Sorawolio</b>					
1. Buah	gr/cc	SNI 03-1970-1990	2,66	2,5	-
2. Apparent	gr/cc	SNI 03-1970-1990	2,85	-	-
3. Efektif	gr/cc	SNI 03-1970-1990	2,67	-	-
4. Absorpsi	%	SNI 03-1970-1990	2,60	-	3
5. Bahan Lolos 200	%	SNI 03-4142-1996	5,04	-	8

**Sumber :** Hasil Analisa Data

Hasil pengujian menunjukkan bahwa agregat kasar dan agregat halus yang digunakan dalam penelitian ini memenuhi spesifikasi umum bina marga tahun 2019 untuk digunakan pada campuran *HRS Base*.

### 2. Hasil Pengujian Karakteristik Aspal Pen 60/70

Pemeriksaan dilakukan terhadap sifat fisik Aspal Pertamina Pen 60/70 mengacu pada Spesifikasi Umum Direktorat Jendral Bina Marga Divisi 6 Perkerasan Aspal Tahun 2018 sebagai acuan.

**Tabel 4.** Hasil Pemeriksaan Karakteristik Aspal Pen 60/70

Jenis Pemeriksaan	Satuan	Metode Pemeriksaan	Spec	
			Min	Max
1. Berat Jenis	gr/cc	SNI 06-2448-1991	1.0	-
2. Penetrasi	mm	SNI 06-2456-1991	60	70
3. Duktilitas	Cm	SNI 06-2432-1991	100	-
4. Kehilangan Berat	%	SNI 06-2440-1991	-	0.8

**Sumber :** Departemen Pekerjaan umum, Spesifikasi Umum Bina Marga Divisi VI Perkerasan Aspal, 2018

### 3. Hasil Penggabungan Agregat

Pada penelitian ini jenis campuran Aspal Berongga yang digunakan adalah campuran Aspal Berongga gradasi senjang. Data yang diperlukan adalah hasil gradasi dari ketiga fraksi (Batu Pecah, Pasir, Abu Batu yang berasal dari Pasarwajo) yang dilaksanakn sesuai SNI 03-1968-1990. Penentuan komposisi masing-masing bahan dilakukan dengan metode coba-coba (*trial and error*) dimana penggabungan agregat dilakukan dengan cara mengkombinasi ke tiga fraksi dengan komposisi tertentu sehingga total persen lolos gabungan harus berada diantara batas atas dan batas bawah spesifikasi gabungan agregat. Hasil penggabungan agregat dapat ditampilkan dalam bentuk grafik sebagai berikut :



**Gambar 2.** Grafik Gabungan Campuran Aspal Berongga

### 4. Hasil Penentuan Berat Jenis Agregat Gabungan

Berat jenis agregat gabungan merupakan berat jenis agregat diluar dari bahan aspal. Berdasarkan hasil pengujian, diperoleh nilai berat jenis agregat gabungan yaitu : berat jenil bulk agregat = 2,58, berat jenis semu agregat = 2,75, berat jenis efektif = 2,66, dan absorsi aspal terhadap total agregat = 1,01.

### 5. Hasil Pemeriksaan Marshall Test

Hasil pengujian ini untuk menentukan Kadar Aspal Optimum (KAO). Kadar Aspal Optimum diperoleh dari tengah-

tengah rentang karakteristik *Marshall* yaitu : *Stabilitas, Flow, MQ, VIM/Porositas* yang memenuhi syarat campuran *Aspal Porous*.

**Tabel 5.** Hasil Pengujian Karakteristik *Marshall*

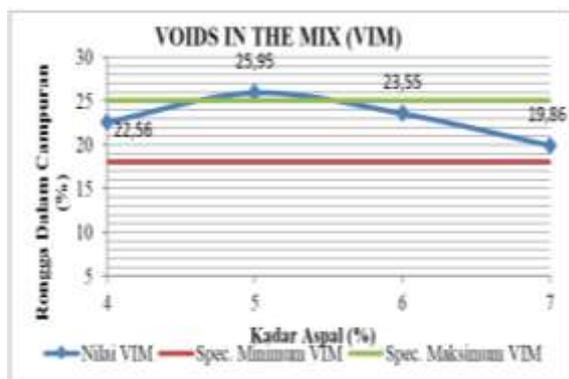
Karakteristik	Spec.		Jumlah Tumbukan Pemadatan	Kadar Aspal (%)			
	Min	Max		4%	5%	6%	7%
<i>VIM (%)</i>	18	25		22,56	25,95	23,55	19,86
<i>Stability (kg)</i>	500	-	2x50	1669,37	1707,95	2016,61	2950,13
<i>Flow (mm)</i>	2	6	Tumbukan	5,83	3,90	4,07	2,63
<i>MQ (kg/mm)</i>	400	-		282,10	441,28	504,30	1121,14
<i>Permeabilitas</i>	0,1	-		0,54	0,51	0,46	0,42

**Sumber :** Hasil Analisa Data

Dari tabel 5 Hasil Pengujian Karakteristik *Marshall* digambarkan Grafik Hubungan Antara *Stabilitas, Flow, MQ, VIM/Porositas* dengan kadar aspal pada campuran *Aspal Berongga*. Grafik Hubungan Antara *VIM, Stabilitas, Flow, MQ* dengan kadar aspal pada campuran *Aspal Berongga* dapat dilihat pada gambar berikut.

a. Hubungan Antara Kadar Aspal dan Porositas / *VIM*

*VIM* adalah volume total udara yang berada diantara partikel agregat yang terselimuti aspal dalam suatu campuran yang telah dipadatkan. Pada Gambar 7 dapat dilihat bahwa nilai *VIM* menurun sejalan dengan penambahan kadar aspal. untuk campuran *Aspal Porous* nilai *Porositas/VIMA* yaitu 10 - 25 %.

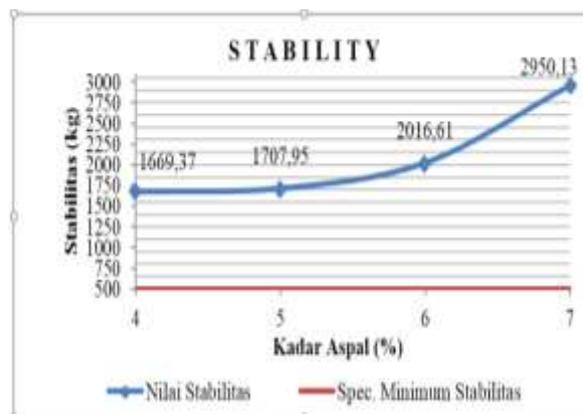


**Gambar 3.** Grafik Hubungan Antara Kadar Aspal dan Porositas / *VIM*

Dari Gambar 3 menunjukkan bahwa pada kadar Aspal terendah yaitu 3% nilai *VIM* diperoleh 17,45%, dan pada kadar aspal tertinggi yaitu 5% nilai *VIM* diperoleh 15,22%. jadi semakin tinggi nilai kadar aspal maka semakin rendah nilai *VIM* yang diperoleh, dan semakin rendah nilai kadar aspal maka semakin tinggi nilai *VIM* yang diperoleh.

b. Hubungan Kadar Aspal dan Stabilitas

Nilai stabilitas menggambarkan kemampuan dari lapis perkerasan jalan menerima beban lalu lintas tanpa terjadi perubahan bentuk tetap seperti gelombang, alur dan *bleeding*. Kebutuhan stabilitas sebanding dengan jumlah lalulintas dan beban kendaraan yang akan memakai jalan tersebut. Stabilitas terjadi dari geseran antar butir, penguncian antar partikel agregat , dan daya ikat dari lapisan aspal. Untuk campuran *Aspal Porous* nilai stabilitas dibatasi minimum 550 kg.



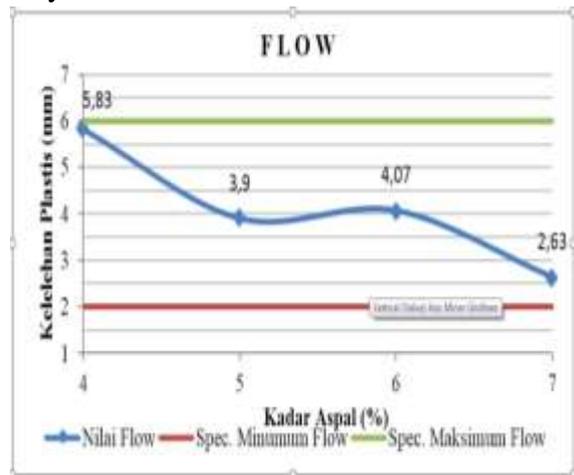
**Gambar 4.** Grafik Hubungan Antara Kadar Aspal dan Stabilitas

Gambar 4 terlihat Pada kadar Aspal terendah yaitu 4% nilai stabilitas diperoleh 1669,37 kg, dan pada kadar aspal tertinggi yaitu 7% nilai stabilitas diperoleh 2950,13 kg. Maka nilai kadar aspal berpengaruh pada nilai stabilitas campuran *Aspal Berongga* dengan jumlah tumbukan 2x50 kali, jadi semakin tinggi nilai kadar aspal maka semakin tinggi pula nilai stabilitas yang diperoleh.

c. Hubungan Kadar Aspal dan *Flow*

Kelelahan plastis menunjukkan tingkat kelenturan lapis perkerasan. Untuk

campuran Aspal Berongga nilai *Flow* disyaratkan minimum 3 mm.

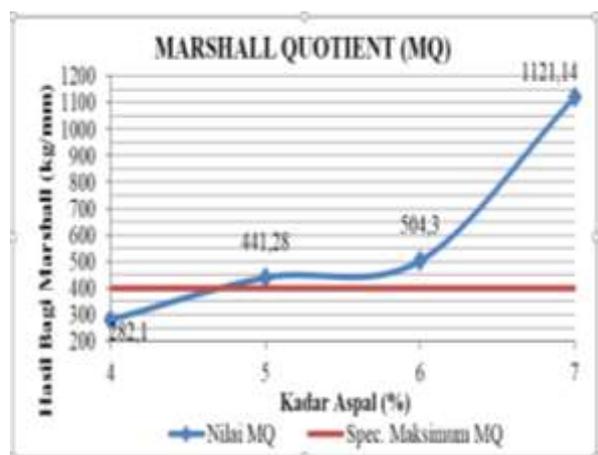


**Gambar 5.** Grafik Hubungan Antara Kadar Aspal dan *Flow*

Dari gambar 5 menunjukkan bahwa Pada kadar Aspal terendah yaitu 7% nilai *Flow* diperoleh 2,63 mm, dan pada kadar aspal tertinggi yaitu 4% nilai *Flow* diperoleh 5,83 mm.

d. Hubungan Kadar Aspal dan *Marshall Quotient (MQ)*

*Marshall quotient* merupakan hasil bagi *marshall* dengan *Flow* yang merupakan kekakuan campuran. Untuk campuran *Aspal Porous* nilai *MQ* dibatasi minimal 200 kg/mm.



**Gambar 6.** Grafik Hubungan Antara Kadar Aspal dan *MQ*

Dari Gambar 6 terlihat bahwa pada kadar aspal 4 % mengalami penurunan nilai *MQ* dimana tidak memenuhi batas minimum *MQ* yang di syaratkan pada aspal berongga

6. Hasil Pemeriksaan Pemeriksaan pengujian Permeabilitas

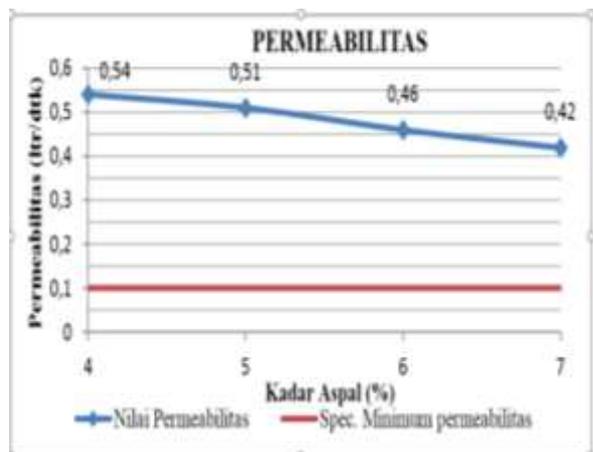
Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui seberapa besar/cepat kemampuan campuran aspal porous dengan berbagai variasi campuran aspal untuk mengalirkan fluida/air melalui rongga yang dimilikinya. Dari hasil pengujian diperoleh nilai *permeabilitas* seperti Tabel berikut:

**Tabel 6.** Grafik Hubungan Antara Kadar Aspal dan Stabilitas

No	kadar Aspal (%)	Jumlah Tumbukan	Waktu rembesan air (dtk)	Volume air (liter)	Permeabilitas (ltr/dtk)
1	4,00		7,72		0,54
2	5,00	2x50	9,19	0,7 liter	0,51
3	6,00	tumbukan	9,156		0,46
4	7,00		10,04		0,42

**Sumber :** Hasil Analisa Data

Tabel 6 hasil pengujian permeabilitas aspal porous dengan pematatan 2x50 tumbukan di atas dapat ditampilkan dalam bentuk grafik pada Gambar 7 sebagai berikut :



**Gambar 7.** Grafik Hubungan Antara Kadar Aspal dan Permeabilitas

Dari gambar 7 menunjukkan bahwa koefisien permeabilitas semakin kecil dengan semakin bertambahnya kadar aspal, maka volume rongga yang berada di dalam benda uji semakin berkurang hal ini disebabkan rongga yang terisi oleh aspal semakin kecil sehingga waktu untuk mengalirkan air

dipermukaan akan lebih lama. Dari hasil penelitian nilai permeabilitas pada penelitian ini memenuhi spesifikasi yang di syaratkan pada aspal berongga.

## E. KESIMPULAN

Dari hasil pengujian di laboratorium tentang “Pemanfaatan Limbah Beton Sebagai Agregat Kasar Pada Aspal Berongga Menggunakan Aspal Penetrasi 60/70” dapat disimpulkan bahwa nilai karakteristik marshall dari campuran aspal berongga pada kadar aspal 7 % adalah yang tertinggi dimana nilai Stabilitas yaitu 2950,13 kg, nilai Kelelahan/*Flow* yaitu 2,63 mm, nilai VIM/ Porositas yaitu 19,86 % dan nilai *Permeabilitas* yaitu 0,42 ltr/dtk sedangkan nilai yang terendah terdapat pada kadar aspal 4% dimana nilai Stabilitas yaitu 1669,37 kg, nilai Kelelahan/*Flow* yaitu 5,83 mm, nilai VIM/ Porositas yaitu 22,56 % dan nilai *Permeabilitas* yaitu 0,54 ltr/dtk.

## DAFTAR PUSTAKA

- Ariens. 1994. Toksikologi Umum Pengantar. Gajah Mada University Press : Yogyakarta.
- Australian Asphalt Pavement Association (AAPA), 2004. *National asphalt Specification*.
- Cabrera, J.G. & Hamzah, M.O. (1996), “Aggregate Grading Design For Porous Asphalt”. In Cabrera, J.G. & Dixon, J.R. (eds), “Performance and Durability of Bituminous Materials”, Proceeding of Symposium, University of Leeds, March (1994), London.
- Departemen Pekerjaan Umum, Spesifikasi Umum Bina Marga Divisi VI Perkerasan Aspal, 2018
- Diana, I Wayan., Siswosoebroto, Bambang., Hermawan, Rudy., 2000, Sifat-Sifat Teknik dan Permeabilitas pada Aspal Porus, *Prosiding Simposium III FSTPT*, Yogyakarta.
- Djumari., Sarwono, Djoko., 2009, Perencanaan Gradasi Aspal Porus Menggunakan Material Lokal dengan Metode Pemampatan Kering, *Jurnal Media Teknik Sipil*, Edisi Januari 2009, pp. 9-14.
- Ginting, Perdana. 2007. Sistem Pengelolaan Lingkungan dan Limbah Industri, Cetakan pertama. Bandung: Yrama Widya.
- Haeruddin, 2010. Karakteristik Campuran Aspal Beton AC-WC Menggunakan Liquid Asbuton dengan Variasi Penambahan Aspal Minyak Penetrasi 60/70, *Tesis*, Teknik Sipil, Universitas Hasanuddin, Makassar.
- Poulikakos, L.D., (2003), “A Comparison of Swiss and Japanese Porous Asphalt Through Various Mechanical Tests”, Swiss : Swiss Transport Research Conference.
- Sastrawijaya, T. 2000. *Pencemaran Lingkungan*. Rineka Cipta. Bandung.
- Setyawan Ary, Sanusi, 2008, Observasi Properties Aspal Porus Berbagai Gradasi Dengan Material Lokal, *Jurnal Media Teknik Sipil*, Edisi Januari 2008, pp. 15-20.
- Sujak, Cantya, Wicaksana, Sangga., 2011, *Penggunaan Daur Ulang Limbah Beton Untuk Preservasi Jalan Kaligawe Semarang*, Program Kreatifitas Mahasiswa, Universitas Islam Sultan Agung, Semarang.
- Sukirman, Silvia (1990), *Aspal Beton Campuran Panas, Rancangan Campuran, Methode CQCMU*, Indec, Ass Ltd., Bandung.
- Sukirman, Silvia (2003). *Beton Aspal Campuran Panas*, Edisi Kedua. Yayasan Obor Indonesia, Jakarta.
- Sunu, P. 2001. Melindungi Lingkungan dengan Menerapkan ISO 14001 . P.T. Grasindo. Jakarta.
- Suriawiria, Unus. 1996. Air dalam Kehidupan dan Lingkungan yang Sehat. Penerbit Alumni. Bandung.