

# EFEK PEMAKAIAN PASIR LAUT SEBAGAI AGREGAT HALUS PADA CAMPURAN ASPAL PANAS (AC-BC) DENGAN PENGUJIAN MARSHALL

Oleh :  
**Ahmad Refi**

Dosen Teknik Sipil  
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan  
Institut Teknologi Padang

---

## Abstrak

*Pasir laut sebagai salah satu jenis material agregat halus memiliki ketersediaan dalam kuantitas yang besar, namun secara kualitas masih perlu diteliti lebih lanjut terhadap struktur perkerasan jalan khususnya pada campuran panas aspal agregat lapisan AC-BC. Oleh karena itu perlu diteliti pemakaian pasir laut tersebut dan membandingkannya dengan pasir sungai dengan komposisi yang sama terhadap hasil karakteristik Marshall yang dihasilkan. Pasir laut yang digunakan bersumber dari pantai Air Tawar. Dari hasil penelitian diperoleh, agregat halus pasir sungai dengan menggunakan aspal penetrasi 60/70 kadar aspal optimum yang dihasilkan : 7,5 %, dengan Parameter Marshall yang meliputi : nilai Density (gr/cc) : 2,251, VMA(%) : 20,621 > 15, VFWA (%) : 73,418 > 65, VITM (%) : 5,482 > 3, Flow (mm) : 5,600 > 2, Stabilitas (Kg): 1214,642 > 800 dan Marshall Quotien (Kg/mm) : 218,621 > 200. Agregat halus pasir laut dengan menggunakan aspal penetrasi 60/70 kadar aspal optimum yang dihasilkan : 6,25 %, dengan parameter Marshall yang meliputi : nilai Density (gr/cc) : 2,293, VMA(%) : 17,828 > 15, VFWA (%) : 67,773 > 65, VITM (%) : 5,766 > 3, Flow (mm) : 5,517 > 2, Stabilitas (Kg): 1484,128 > 800 dan Marshall Quotien (Kg/mm) : 270,388 > 200. Setelah membandingkan nilai karakteristik Marshall antara kedua jenis agregat tersebut menunjukkan hasil yang tidak jauh berbeda dan ternyata berada dalam range spesifikasi yang disyaratkan. Hal ini menunjukkan bahwa pasir laut yang bersumber dari pantai Air Tawar dapat dipakai sebagai bahan alternatif pengganti pasir sungai pada campuran panas aspal agregat (AC-BC).*

*Kata kunci : pasir laut, karakteristik Marshall*

---

## 1. Pendahuluan

Aspal beton (*laston*) terdiri dari campuran agregat (agregat kasar, agregat halus, *filler*) dan selebihnya adalah bahan pengikat (*bitumen*). Agregat merupakan komponen yang cukup dominan sebagai bahan penyusun campuran aspal khususnya agregat halus, seiring dengan meningkatnya pembangunan jalan, maka semakin tinggi pula permintaan akan bahan dasar tersebut, serta kualitas yang memenuhi persyaratan. Kenyataan di lapangan ketersediaan bahan dasar untuk campuran aspal tersebut tidaklah sama, pada daerah tertentu faktor tersebut menyebabkan harga agregat tersebut menjadi mahal dan berimbas terhadap mahalnya harga pembangunan jalan, oleh karena itu perlu dicari sumber lain sebagai bahan alternatif, pemanfaatan secara maksimal sumber daya alam setempat yang ada sebagai salah satu upaya penghematan, merupakan suatu hal yang harus dilakukan. Dewasa ini penelitian-penelitian baru dalam teknologi perkerasan jalan yang bertujuan untuk maksud tersebut semakin banyak dilakukan.

Pasir laut termasuk bahan lokal yang relatif murah dan mudah didapatkan, khususnya pada daerah tertentu, karena ketersediaan pasir laut secara kuantitas cukup banyak namun secara kualitas masih perlu diteliti lebih lanjut terhadap struktur lapis perkerasan jalan raya, khususnya pondasi dan lapis pondasi bawah. Untuk itulah penulis ingin mengkaji secara teknis di laboratorium terhadap pasir laut dalam pemanfaatannya sebagai material pengganti parsial agregat halus pada lapis pondasi dan lapis pondasi bawah tentang pemakaian pasir laut dalam campuran aspal dengan pengujian laboratorium. yang hasilnya diharapkan bisa menjadi bahan alternatif untuk agregat halus sesuai pemanfaatannya dalam pembangunan konstruksi jalan, khususnya pada lapisan pondasi atas (AC – BC).

## 2. Tinjauan Pustaka

Agregat atau batuan adalah kumpulan butir-butir mineral alam maupun buatan yang dapat berupa batu pecah, kerikil, pasir atau komposisi mineral lain. Agregat merupakan komponen utama dari lapisan perkerasan jalan (sekitar 90% - 95% berat atau 75% - 85% volume campuran). Berdasarkan besar partikelnya agregat dibedakan menjadi agregat kasar dan agregat halus. Agregat kasar adalah batuan yang tertahan saringan no : 8 (2,38 mm) dan agregat halus adalah batuan yang lolos saringan no. 8 (2,38 mm) dan tertahan saringan no : 200 (0,075 mm). Pasir yang digunakan diperoleh dari pantai Air Tawar Padang (Belakang Kampus Universitas Negeri Padang), berdasarkan hasil pemeriksaan analisa saringan besar partikel agregat pasir laut lolos saringan no. 8 (2,38 mm) dan tertahan saringan no. 200 (0,075 mm). Bahan diambil langsung secara random dilapangan tanpa dicuci.

## 3. Metodologi

Shell Bitumen (1990) menyatakan bahwa campuran panas aspal agregat harus memiliki kemampuan untuk :

1. Memiliki ketahanan terhadap deformasi permanen.
2. Ketahanan terhadap retak lelah (*fatigue*)
3. Mudah dikerjakan saat penghamparan sampai tingkat kepadatan yang diinginkan dengan peralatan yang memungkinkan.
4. Bersifat kedap air untuk melindungi lapisan perkerasan di bawahnya terhadap pemasukan air dari luar yang bersifat merusak.
5. Tahan lama dan mampu menahan abrasi oleh lalu lintas, pengaruh air dan udara.
6. Berperan dalam mendukung struktur perkerasan
7. Pemeliharaan murah dan paling utama harganya murah.

Di dalam penelitian, pendekatan empiris yang dipakai yang sesuai dengan perhitungan Marshall adalah sebagai berikut :

- a. Berat jenis Bulk dari total agregat:

$$Gsb = \frac{P_1}{P_1 / Gsb} + \frac{P_2}{P_2 / Gsb} + \dots + \frac{P_n}{P_n / Gsb}$$

- b. Berat jenis Apparent dari total agregat

$$Gsa = \frac{P_1}{P_1 / Gsa_1} + \frac{P_2}{P_2 / Gsa_1} + \dots + \frac{P_n}{P_n / Gsa_n}$$

- c. Berat jenis efektif dari total agregat

$$Gse = \frac{Gsb + Gsa}{2}$$

- d. Isi Bulk dari campuran padat, cc

$$V_{bulk} = W_{ssd} - W_w$$

- e. Berat jenis curah pada campuran padat, cc

$$Gmb = W_a / V_{bulk}$$

- f. Berat jenis teoritis maksimum pada campuran padat, gr/cc

$$Gmm = \frac{P_{mm}}{\left( \frac{P_{se}}{Gse} \right) + \left( \frac{P_b}{Gb} \right)}$$

- g. VITM/Rongga didalam campuran (prosentase dari volume total)

$$VITM = 100 \times \frac{Gmm - Gmb}{Gmm}$$

- h. VMA/Rongga dalam agregat (prosentase dari volume total)

$$VMA = 100 - \frac{Gmb - P_s}{Gsb}$$

- i. VFWA/Rongga terisi aspal (prosentase dari VMA)

$$VFWA = 100 \times \frac{VMA - VIM}{VMA}$$

j. Penyerapan aspal

$$Pba = 100 \times \frac{Gse - Gsb}{GsexGsb} \times Gb$$

k. Kadar aspal efektif dari total campuran

$$Pbe = Pb - \frac{Pba}{100} \times Ps$$

Keterangan :

P1,P2,.....Pn	= prosentase berat agregat
Gsb, Gsb n	= berat jenis dari agregat
Gsa1, Gsa n	= berat jenis apparent dari agregat
Gsa	= berat jenis apparent dari total agregat
Gsb	= berat jenis bulk dari total agregat
V bulk	= volume bulk campuran dipadatkan
Wssd	= berat jenis kering permukaan
Ww	= berat dalam air
Gmb	= berat jenis bulk pada campuran padat
Gmm	= berat jenis teoritis maksimum campuran padat
Pmm	= prosentase berat dari total campuran lepas 100%
Pb	= kadar aspal
Gb	= berat jenis aspal
Ps	= prosentase berat agregat VIM rongga dalam campuran
VITM	= rongga dalam campuran
VFWA	= rongga udara terisi aspal
VMA	= rongga udara dalam agregat
Pba	= penyerapan aspal, prosentase dari berat agregat
Pbe	= kadar aspal efektif, prosentase dari berat campuran
MS	= Stabilitas Marshall, kg
MF	= Marshall Flow (mm)
MSS	= stabilitas Marshall pada kondisi standar (kg)
MSI	= stabilitas Marshall pada kondisi perendaman (kg)

### 3.1. Hipotesis

Campuran panas aspal-agregat dalam penelitian ini adalah laston lapis pondasi atas AC – BC (*Asphalt Concrete – Binder Course*) yang merupakan campuran agregat dan aspal dengan perbandingan tertentu yang dicampur dalam keadaan panas. Agregat yang digunakan terdiri dari agregat kasar, agregat halus dan bahan pengisi (*filler*). Dalam penelitian ini untuk memberikan alternatif akan diteliti pemanfaatan pasir laut sebagai agregat halus pengganti dengan melihat karakteristik Marshall sesuai dengan spesifikasi Bina Marga. Pasir laut sebagai agregat halus alternatif dapat dipakai dalam campuran panas aspal agregat lapisan AC – BC.

### 3.2. Pengujian Marshall

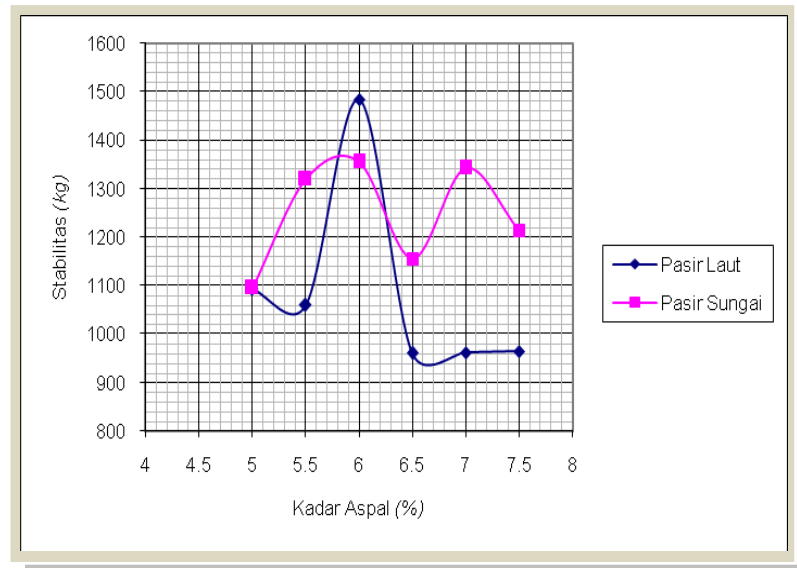
Pengujian Marshall adalah metode pengujian laboratorium untuk bahan dasar perkerasan yang meliputi pengujian karakteristik campuran dan perencanaan kadar aspal optimum. Pengujian ini menghasilkan sejumlah data Marshall properties dan terdiri dari *Stabilitas*, *Flow*, rongga antar butir agregat (*VMA*), rongga dalam campuran (*VITM*), rongga terisi aspal (*VFWA*) dan *Marshall Quotient (MQ)*.

## 4. Hasil dan Pembahasan

### 4.1. Stabilitas

Stabilitas merupakan kemampuan lapis perkerasan menerima beban lalu lintas tanpa mengalami perubahan bentuk tetap seperti gelombang, alur (*rutting*), maupun mengalami *bleeding*, nilai stabilitas dipengaruhi oleh kohesi/penetrasi, kadar aspal, gesekan (*internal friction*), sifat saling mengunci (*interlocking*) dari partikel-partikel agregat, bentuk, tekstur permukaan serta gradasi agregat. Nilai stabilitas yang terlalu tinggi menyebabkan campuran menjadi terlalu kaku, hal ini

berakibat perkerasan mudah menjadi retak bila menerima beban, tetapi apabila nilai stabilitas yang terlalu rendah, campuran aspal agregat akan mudah mengalami *rutting* oleh adanya beban lalu lintas. Nilai stabilitas dapat dilihat pada gambar dibawah ini :

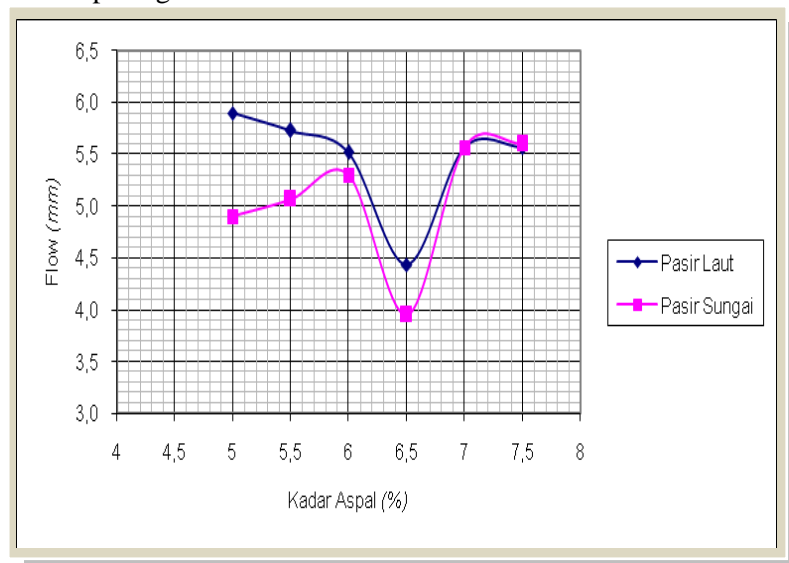


Gambar 1. Perbandingan Pemakaian Agregat Halus Pada Beberapa Kadar Aspal Pen. 60/70 Terhadap *Stability*

Hasil pemeriksaan memperlihatkan pada pasir laut mengalami titik puncak tertinggi nilai stabilitas yaitu pada kadar aspal 6% dan kembali turun setelah terjadi penambahan kadar aspal, pada kadar aspal optimum masing-masing agregat nilai stabilitas pasir sungai lebih kecil dibandingkan pasir laut, namun kedua agregat tersebut telah memenuhi persyaratan Bina Marga yaitu diatas 800 Kg.

#### 4.2. Flow

*Flow* (kelelahan) adalah deformasi vertikal yang terjadi mulai dari awal pembebanan sampai dengan kondisi stabilitas menurun, yang menunjukkan besarnya deformasi yang terjadi pada lapis perkerasan akibat menahan beban yang diterimanya, pengujian dengan alat Marshall. *Flow* (kelelahan) merupakan besarnya perubahan bentuk plastis suatu benda uji campuran agregat yang terjadi akibat pembebanan yang dilakukan sampai batas keruntuhan, dinyatakan dalam panjang. Nilai Flow dapat dilihat pada gambar dibawah ini :

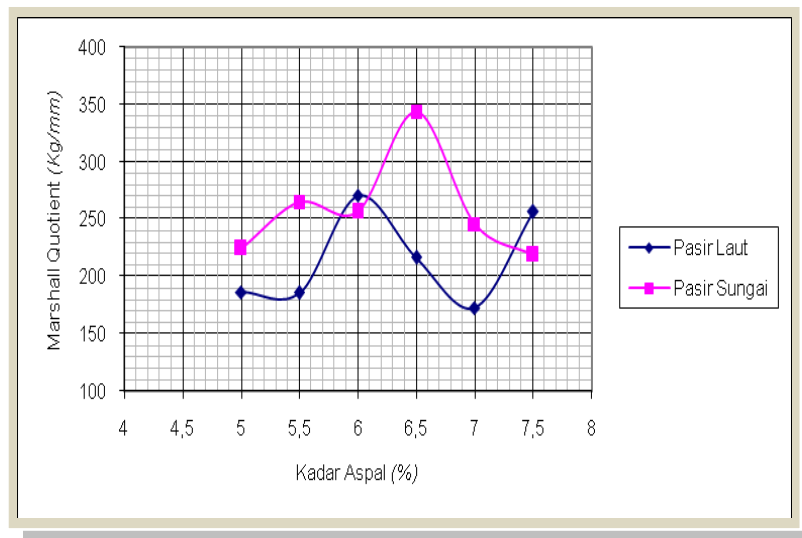


Gambar 2. Perbandingan Pemakaian Agregat Halus Pada Beberapa Kadar Aspal Pen.60/70 Terhadap *Flow*

Hasil pemeriksaan memperlihatkan nilai kelelahan (*flow*) pada kadar aspal 6,5% kedua agregat tersebut sama-sama mengalami penurunan dan kembali naik setelah penambahan kadar aspal selanjutnya. Perbandingan pemakaian kedua agregat halus pada masing-masing kadar aspal optimumnya untuk nilai *flow* telah memenuhi persyaratan spesifikasi Bina Marga yaitu minimal 2 mm.

#### 4.3. Marshall Quotient

*Marshall Quotient* merupakan hasil bagi Marshall dengan *flow*. Nilai *flow* menggambarkan nilai fleksibilitas dari campuran. Semakin besar nilai MQ berarti campuran semakin kaku dan sebaliknya semakin kecil nilai MQ, maka campuran semakin lentur. Faktor-faktor yang mempengaruhi hasil bagi Marshall yaitu nilai *stability* dan *flow*, penetrasi, *viscositas* aspal, kadar aspal campuran, bentuk dan tekstur permukaan agregat, gradasi agregat. Nilai *Marshall Quotient* dapat dilihat pada gambar dibawah ini :

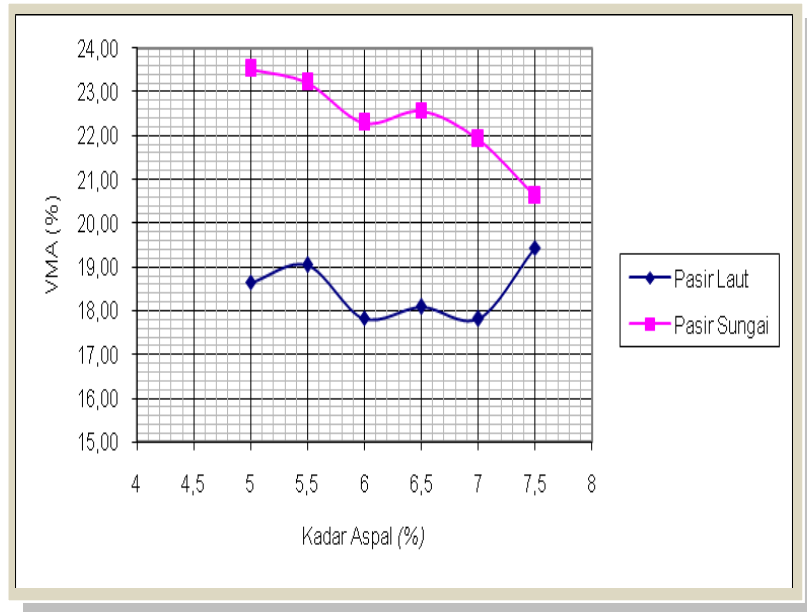


Gambar 3. Perbandingan Pemakaian Agregat Halus Pada Beberapa Kadar Aspal Pen. 60/70 terhadap *Marshall Quotient*

Hasil pemeriksaan menunjukkan pemakaian pasir sungai memiliki nilai MQ yang relatif tinggi dibandingkan pasir laut, namun menghasilkan nilai optimum pada kadar aspal optimum yaitu pada 7,5 %. Hal ini menunjukkan bahwa apabila terjadi penambahan kadar aspal, maka akan terjadi penurunan MQ hal ini disebabkan turunnya nilai *flow*.

#### 4.4. Void In Mineral Aggregate (VMA)

*Void In Mineral Aggregate* (VMA) merupakan rongga udara antar butiran agregat yaitu rongga udara yang ada diantara partikel campuran agregat aspal yang sudah dipadatkan termasuk ruang yang terisi aspal yang dinyatakan dalam persen terhadap total volume campuran aspal agregat. Faktor-faktor yang mempengaruhi *void in mineral aggregate* antara lain gradasi agregat (komposisi campuran agregat dan ukuran diameter butir terbesar), energi pemadat, kadar aspal dan bentuk butiran. Nilai VMA dapat dilihat pada gambar dibawah ini :

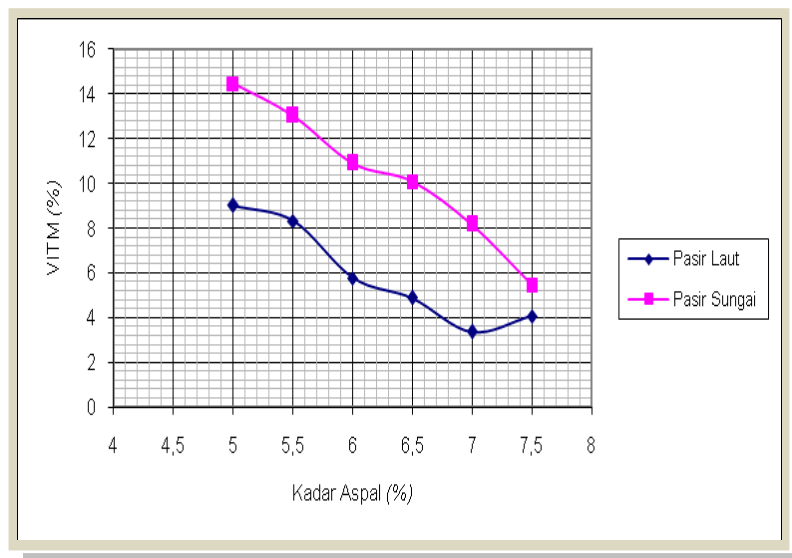


Gambar 4. Perbandingan Pemakaian Agregat Halus Pada Beberapa Kadar Aspal Pen.60/70 Terhadap VMA

Hasil pemeriksaan menunjukkan kadar aspal optimum menghasilkan perbandingan yang signifikan antara pasir sungai dan pasir laut, nilai VMA yang dihasilkan keduanya diatas 15, memenuhi spesifikasi Bina Marga. Pada pasir sungai menunjukkan semakin tinggi kadar aspal, maka VMA semakin mengecil, pada pasir laut nilai VMA lebih kecil dibandingkan dengan pasir sungai. Hal ini dipengaruhi bentuk butiran pasir laut yang relatif halus dan kecil sehingga menghasilkan nilai VMA yang lebih kecil.

#### 4.5. Void In The Mix (VITM)

*Void In The Mix* (VITM) merupakan prosentase rongga dalam campuran, nilai VITM berpengaruh kepada keawetan dari campuran aspal agregat, semakin tinggi nilai VITM menunjukkan semakin besar rongga dalam campuran sehingga campuran bersifat porous, hal ini mengakibatkan campuran menjadi kurang rapat dimana air dan udara mudah masuk ke rongga-rongga dalam campuran, yang menyebabkan mudah teroksidasi mengurangi keawetannya. Nilai VITM dapat dilihat pada gambar dibawah ini :

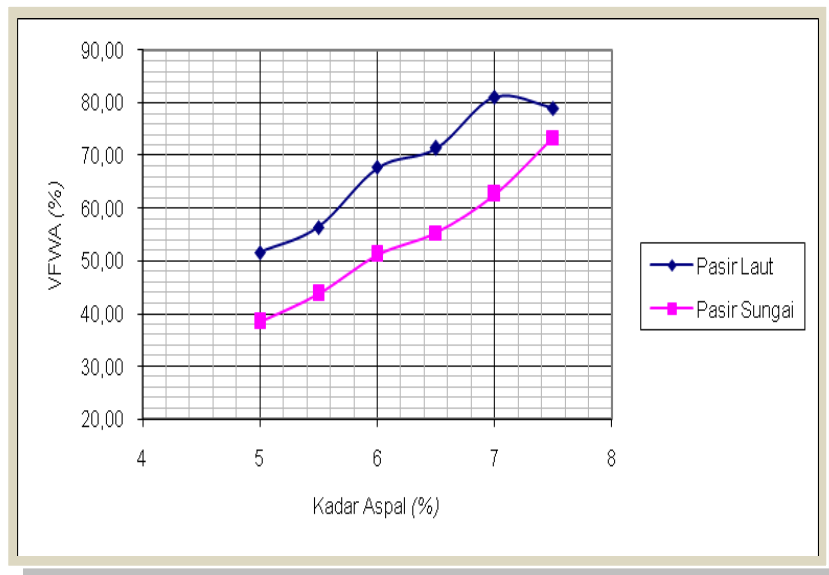


Gambar 5. Perbandingan Pemakaian Agregat Halus Pada Beberapa Kadar Aspal Pen.60/70 terhadap VITM

Hasil pemeriksaan menunjukkan, untuk kedua agregat memperlihatkan bahwa semakin tinggi kadar aspal, maka nilai VITM semakin kecil, hal ini disebabkan setiap penambahan kadar aspal dapat masuk kerongga antar butiran agregat sehingga campuran menjadi semakin rapat dan rongga yang tersisa semakin kecil. Kedua agregat berada pada range batasan spesifikasi Bina Marga yaitu 3-6 %. Pada pemakaian pasir sungai dan pasir laut dapat dilihat pada kadar aspal optimum, pasir laut memiliki nilai yang lebih kecil dari pasir sungai, hal ini dipengaruhi oleh faktor bentuk dan ukuran agregat.

#### 4.6. Void Filled With Asphalt (VFWA)

*Void Filled With Asphalt* (VFWA) yaitu rongga terisi aspal pada campuran setelah mengalami pemadatan yang dinyatakan dalam persen campuran setelah mengalami proses pemadatan terhadap rongga butiran agregat (VMA), sehingga nilai VFWA dengan VMA mempunyai kaitan yang erat. Faktor-faktor yang mempengaruhi VFWA antara lain kadar aspal, gradasi agregat, energi pemadat dan temperatur pemadatan. VFWA yang terlalu tinggi dapat menyebabkan aspal naik ke permukaan pada temperatur tinggi, sedangkan nilai VFWA yang terlalu rendah menyebabkan campuran bersifat porous dan mudah teroksidasi (*Roberts et.al, 1991*). Nilai VFWA dapat dilihat pada gambar dibawah ini :

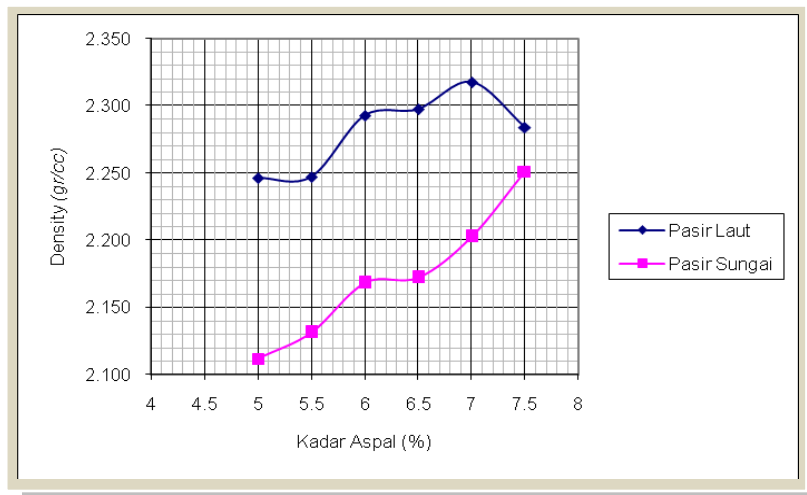


Gambar 6. Perbandingan Pemakaian Agregat Halus Pada Beberapa Kadar Aspal Pen.60/70 Terhadap VFWA

Hasil pemeriksaan menunjukkan bahwa semakin tinggi kadar aspal maka akan menghasilkan nilai rongga terisi aspal yang semakin besar, penyerapan aspal oleh agregat semakin tinggi, artinya pemakaian agregat halus antara pasir sungai dan pasir laut berpengaruh terhadap nilai VFWA. Untuk nilai VFWA pada kadar aspal optimum untuk pasir sungai 7,5% dan pasir laut 6,25% masing-masing agregat halus menunjukkan telah memenuhi standar Bina Marga yaitu diatas 65%.

#### 4.7. Kepadatan (*Density*)

Nilai *density* adalah nilai berat volume untuk menunjukkan kepadatan dari campuran beton aspal. Faktor-faktor yang mempengaruhi *density* yaitu temperatur pemadatan, komposisi bahan penyusun, semakin bertambahnya kadar aspal semakin banyak rongga-rongga udara yang terisi aspal, sehingga kerapatan semakin tinggi. Nilai *density* dapat dilihat pada gambar dibawah ini :



Gambar 7. Perbandingan Pemakaian Agregat Halus Pada Beberapa Kadar Aspal Pen.60/70 Terhadap *Density*

Hasil pemeriksaan menunjukkan bahwa nilai kepadatan (*density*) yang didapat dari hasil pengujian dengan membandingkan pemakaian agregat halus pasir sungai kadar aspal optimum berada pada 7,5% dan pasir laut 6,25%. Penambahan kadar aspal berpengaruh terhadap kenaikan nilai *density* karena aspal dengan bahan pengisi lainnya dapat mengisi satu dengan yang lainnya serta energi pemadatan.

## 5. Kesimpulan dan Saran

### 5.1. Kesimpulan

1. Kadar aspal optimum yang dihasilkan pada pemakaian pasir sungai sebagai agregat halus dalam campuran panas aspal agregat adalah 7,5 % sedangkan pada pasir laut adalah 6,25%.
2. Campuran panas aspal agregat halus pasir sungai dengan menggunakan aspal penetrasi 60/70, nilai karakteristik Marshall yang meliputi : nilai *Density* (gr/cc) : 2,251, *VMA*(%) : 20,621 > 15, *VFWA* (%) : 73,418 > 65, *VITM* (%) : 5,482 > 3, *Flow* (mm) : 5,600 > 2, Stabilitas (Kg): 1214,642 > 800 dan *Marshall Quotient* (Kg/mm) : 218,621 > 200.
3. Campuran panas aspal Agregat halus pasir laut dengan menggunakan aspal penetrasi 60/70, nilai karakteristik Marshall yang meliputi : nilai *Density* (gr/cc) : 2,293, *VMA*(%) : 17,828 > 15, *VFWA* (%) : 67,773 > 65, *VITM* (%) : 5,766 > 3, *Flow* (mm) : 5,517 > 2, Stabilitas (Kg): 1484,128 > 800 dan *Marshall Quotient* (Kg/mm) : 270,388 > 200.

Berdasarkan hasil penelitian, dengan melihat pada nilai karakteristik Marshall dan kadar aspal optimum yang dihasilkan oleh kedua agregat halus tersebut memenuhi spesifikasi yang disyaratkan, maka pasir laut yang bersumber dari pantai Air Tawar dapat digunakan sebagai agregat halus pada campuran panas aspal agregat lapisan AC-BC.

### 5.2. Saran

1. Penelitian ini dapat dilanjutkan dengan mengkombinasikan penggunaan agregat halus pasir sungai dan pasir laut dengan komposisi tertentu dalam satu campuran serta mengkaji variasi temperatur pemadatan campuran terhadap nilai karakteristik Marshall.
2. Karakteristik pasir laut masing-masing sumber (*quarry*) belum tentu sama, maka dicoba membandingkan dengan sumber lainnya.

### Daftar Pustaka

- ASTM Standards. 1969. *Bituminous Materials Of Highway Contruction, Waterprofing and Rofing*. Philadelphia.
- Brown,S. 1990. *The Shell Bitumen Hand Book*. University Of Nottingham.
- Suprpto, T. 1998. *Model Rancangan Campuran Agregat Aspal Untuk Uji Marshall*. Yogyakarta: Media Teknik FT-UGM.