

ANALISIS PENGGUNAAN BATU BARA MUDA SEBAGAI BAHAN PENGGANTI BATU GRANIT UNTUK PERKERASAN JALAN PADA CAMPURAN ASPAL AC-BC

Matsyuri Ayat

Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Palembang

Abstrak

Bahan perkerasan jalan pada dasarnya adalah suatu bahan yang digunakan untuk lapisan jalan yang merupakan faktor utama dalam menentukan kestabilan perkerasan jalan . Kualitas suatu perkerasan jalan sangat tergantung pada kualitas bahan perkerasannya. Bahan perkerasan jalan yang umum digunakan adalah aspal dan agregat. Batu bara berasal dari tumbuhan yang telah tertimbun selama berjuta- juta tahun lamanya. Penelitian ini mencoba memanfaatkan batubara muda sebagai bahan untuk perkerasan jalan sebagai pengganti agregat kasar (split). Dari hasil analisis dilaboratorium dengan metoda test Marshall didapat bahwa kualitas aspal campuran batubara muda masih memenuhi standar yang ditentukan oleh Departemen Pekerjaan Umum Indonesia. Hal ini dapat dilihat dari nilai-nilai kepadatan, VITM, FVWA, stabilitas, kelelahan dan Marshall Quotient. Tetapi kualitas aspal dengan campuran batu granit lebih baik dari kualitas aspal campuran batubara muda.

Kata kunci : granit, batubara, aspal, kualitas

PENDAHULUAN

Bahan perkerasan jalan pada dasarnya adalah suatu bahan yang digunakan untuk lapisan jalan yang merupakan faktor utama dalam menentukan kestabilan perkerasan jalan . Kualitas suatu perkerasan jalan sangat tergantung pada kualitas bahan perkerasannya. Bahan perkerasan jalan yang umum digunakan adalah aspal dan agregat.

Sekarang ini Pemerintah Sumatera Selatan sedang berusaha untuk meningkatkan pembangunan segala bidang. Dibidang infrastruktur jalan meliputi pembangunan dan perbaikan jalan untuk mempermudah hubungan antara wilayah yang tentunya akan meningkatkan perekonomian masyarakat. Kendala yang sering di hadapi oleh pemerintah propinsi Sumatera Selatan adalah rusaknya jalan sebelum umur rencana jalan berakhir. Negara kita terkenal dengan sumber daya alam yang banyak, diantaranya batu bara. Batu bara berasal dari tumbuhan yang telah tertimbun selama berjuta- juta tahun lamanya. Karena itu alangkah baiknya apabila kita memanfaatkan batu bara yang tidak terpakai terutama batu bara muda sebagai bahan untuk perkerasan jalan sebagai pengganti agregat kasar (split).

Berkaitan dengan hal diatas dilakukan penelitian dengan bahan batu bara muda yang tak bisa dibakar, sehingga dapat diketahui layak tidaknya digunakan sebagai agregat untuk konstruksi jalan dimana penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kepadatan, VITM, VFVA, stabilitas, flow dan Marshall Quotient aspal dengan memakai campuran batubara muda sebagai agregat pengganti dan untuk mengetahui kualitas campuran agegat batu bara muda dengan

aspal sehingga dapat diketahui baik atau tidaknya bahan ini dipakai sebagai bahan perkerasan jalan, sehingga diharapkan dapat menambah pengetahuan kita mengenai perkerasan jalan raya apabila agregatnya diganti dengan memakai batu bara muda.

TINJAUAN PUSTAKA

Perkerasan merupakan suatu konstruksi yang terdiri dari lapisan-lapisan yang diletakkan diatas tanah dasar yang telah dipadatkan. Fungsi lapisan perkerasan jalan adalah untuk mendukung beban lalu lintas dan meneruskan beban tersebut ke tanah dasar sedemikian sehingga tidak melebihi daya dukung tanah dasarnya.

Berdasarkan bahan pengikatnya konstruksi perkerasan jalan dapat dibedakan atas 3 macam (Sukirman, 1995) yaitu:

1. Konstruksi perkerasan lentur yaitu perkerasan yang menggunakan aspal sebagai bahan pengikat.
2. Konstruksi perkerasan kaku, yaitu perkerasan yang menggunakan semen (*portland cement*) sebagai bahan pengikat.
3. Konstruksi perkerasan komposit, yaitu perkerasan kaku yang dikombinasikan dengan perkerasan lentur.

Perkerasan Lentur

Konstruksi perkerasan lentur terdiri dari lapisan-lapisan yang diletakkan diatas lalu lintas dasar yang telah dipadatkan. Lapisan-lapisan tersebut berfungsi untuk menerima beban lalu lintas dan menyebarkannya ke lapisan dibawahnya. Konstruksi perkerasan lentur terdiri atas beberapa lapis (Sukirman, 1995) yaitu:

1. Lapis permukaan (*surface course*)
2. Lapis pondasi atas (*base course*)
3. Lapis pondasi bawah (*subbase course*)
4. Lapis tanah dasar (*sub grade*)

Adapun fungsi dari lapisan permukaan (*surface course*) adalah:

1. Lapisan perkerasan menahan beban roda
2. Lapisan kedap air untuk melindungi lapisan dibawahnya
3. Lapisan aus (*wearing course*)
4. Lapisan yang menyebarkan beban lapisan bawah.

Beton Aspal

Berdasarkan fungsinya aspal beton campuran panas dapat diklasifikasikan sebagai berikut:

1. Sebagai lapisan permukaan yang tahan terhadap cuaca, gaya geser dan tekanan roda serta memberikan lapisan kedap air yang dapat melindungi lapis dibawahnya dari rembesan air.
2. Sebagai lapisan pondasi atas.
3. Sebagai lapisan pembentuk pondasi, jika dipergunakan pada pekerjaan peningkatan atau pemeliharaan.

Campuran beton aspal merupakan salah satu jenis dari lapisan perkerasan lentur. Jenis perkerasan ini merupakan campuran merata antara agregat dan aspal sebagai bahan peningkat pada suhu tertentu (Sukirman, 1995).

Campuran untuk lapis aspal beton pada dasarnya terdiri dari agregat kasar, agregat halus dan aspal. Masing-masing fraksi agregat terlebih dahulu harus diperiksa gradasinya dan

selanjutnya digabung menurut perbandingan yang akan menghasilkan agregat campuran yang memenuhi spesifikasi gradasi yang telah ditetapkan dibawahnya (Petunjuk Pelaksanaan Lapis Aspal Beton (Laston) untuk jalan raya SKBI 24, 26, 1987).

Pembuatan Lapis Aspal Beton (Laston) dimaksudkan untuk mendapatkan suatu lapisan permukaan atau lapisan antara pada perkerasan jalan yang mampu memberikan sumbangan daya dukung yang terukur serta berfungsi sebagai lapisan kedap air yang dapat melindungi konstruksi dibawahnya (Petunjuk Pelaksanaan Lapis Aspal Beton (Laston) untuk jalan raya SKBI 24, 26, 1987).

Asphalt Concrete-Binder Course

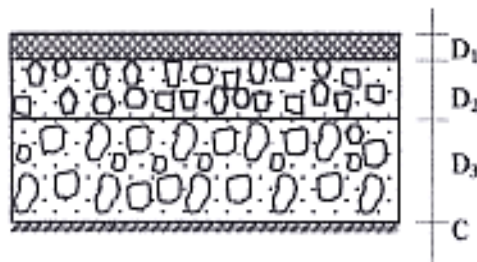
Asphalt Concrete-Binder Course (AC-BC) merupakan salah satu teknologi perkerasan lentur jalan raya yang populer di Indonesia. AC-BC merupakan lapis pengikat sebelum lapis permukaan yang mempunyai nilai struktural. Jenis campuran ini terdiri atas agregat dengan gradasi menerus yang dicampur, dihampar, dan dipadatkan dalam keadaan panas dengan temperatur tertentu.

Laston lebih peka terhadap variasi kadar aspal maupun variasi gradasi agregat dari pada Lastaston. Laston terdiri dari tiga macam campuran, yaitu :

1. Laston lapis aus (AC-WC), untuk lapis permukaan yang mempunyai ukuran butir agregat maksimum 19 mm (yang tertahan saringan $\frac{3}{4}$ inci) dengan tebal nominal minimum adalah 4 cm.
2. Laston lapis pengikat (AC-BC), yang mempunyai ukuran butir agregat maksimum 25,4 mm (yang tertahan saringan 1 inci) dengan tebal nominal minimum adalah 5 cm.
3. Laston lapis pondasi (AC-Base), untuk lapisan bawah yang mempunyai ukuran butir agregat maksimum 37,5 mm (yang tertahan saringan 1 $\frac{1}{2}$ inci) dengan tebal nominal minimum adalah 6 cm.

Adapun fungsi dari Laston lapis pondasi (AC – BC) ini adalah sebagai berikut :

1. Bagian dari konstruksi perkerasan menahan beban roda dan menyebarkan beban ke lapisan di bawahnya.
2. Lapisan peresapan untuk lapis pondasi
3. Bantalan terhadap lapisan permukaan atau lapis antara



Gambar 1. Jenis campuran konstruksi perkerasan Laston (Soedarsono, 1983)

Dimana :

- D₁ = Laston lapis aus (AC-WC)
- D₂ = Laston lapis pengikat (AC-BC)
- D₃ = Laston lapis pondasi (AC-Base)
- C = Tanah dasar (sub grade)

Sedangkan untuk memperoleh nilai-nilai tes *Marshall* yang berupa kepadatan (*density*), VITM (*Void in The Mix* = Persentase Rongga Dahulu Campuran), VFWA (*Void Filled with Asphalt* = Persentase Rongga Terisi Aspal), stabilitas (*stability*) dan kelelahan (*flow*) diperlukan data-data lain sebagai berikut :

- a. Berat jenis aspal = berat / volume
- b. Berat jenis agregat

$$B_j \text{ Agregat} = \frac{(A + F_1) + (B + F_2)}{100} \quad (1)$$

dengan :

- A = Persentase agregat kasar
- B = Persentase agregat halus
- F₁ = Berat jenis agregat kasar
- F₂ = Berat jenis agregat halus

1. *Kepadatan (Density)*

Nilai kepadatan (*Density*) tersebut dapat dihitung dengan rumus berikut ini :

$$BD = g = \frac{c}{f} \quad (2)$$

$$F = d - e \quad (3)$$

Dengan :

- c = Berat benda uji sebelum direndam dalam air (gr)
- d = Berat benda uji dalam keadaan jernih air (gr)
- e = Berat benda uji dalam air (gr)
- f = Isi benda uji (ml)
- g = BD, berat isi benda uji (gr, ml)

2. *VFWA (Voids Filled With Asphalt)*

Untuk nilai VFWA terlebih dahulu harus dihitung nilai-nilai berikut :

$$I = \frac{b \times g}{BJ_{aspal}} \quad (4)$$

$$J = \frac{(100 - b) \times g}{BJ_{aspal}} \quad (5)$$

$$k = (100 - j) \quad (6)$$

Selanjutnya nilai VFWA (m) bisa dihitung dengan rumus :

$$m = 100 \times \frac{I}{k} \quad (7)$$

dengan :

m = VFWA (*Voids Filled With Asphalt*)

i,j,k = Rumus substitusi

b = Persentase terhadap campuran

3. *VITM (Voids In The Mix)*

Untuk mendapatkan nilai VITM harus dihitung dahulu nilai BJ maksimum teoritis (h).

$$h = \frac{100}{\frac{\%_{\text{agregat}}}{BJ_{\text{agregat}}} + \frac{\%_{\text{agregat}}}{BJ_{\text{aspal}}}} \quad (8)$$

Nilai VITM (n) dihitung dengan rumus :

$$n = 100 - \frac{100 \times g}{h} \quad (9)$$

4. *Stabilitas (Stability)*

Angka stabilitas benda uji didapat dari pembacaan arloji stabilitas alat rekan *Marshall*. Angka stabilitas masih harus dikoreksi kalibrasi *proving ring* (lihat lampiran) dan angka koreksi ketebalan benda uji dengan rumus :

Harga stabilitas (q) diperoleh dengan rumus :

$$q = P \times T \quad (10)$$

$$p = O \times R \quad (11)$$

dengan :

O = Pembacaan arloji stabilitas (lbs)

P = Angka kalibrasi propping ring / cincin penguji

T = Angka koreksi ketebalan

R = Marshall Quotient (MQ)

Batu Bara Muda

Batubara berasal dari tumbuhan-tumbuhan yang mengalami proses pembusukan, pemampatan dan proses perubahan akibat pengaruh proses kimia dan fisika. Proses perubahan (transformasi) dari tumbuh-tumbuhan menjadi batubara dikenal sebagai proses "*coalifikasi*". Batubara terbentuk dengan cara sangat kompleks dan memerlukan waktu yang lama.

1. *Jenis Batubara*

Berdasarkan sifatnya batubara dapat digolongkan menjadi 3 jenis yaitu :

a. Antrasit

Antrasit adalah batubara dengan kandungan zat terbang (*volatile matter*) sedikit, sehingga menghasilkan nyala yang pendek, karena itu antrasit disebut juga *short flaming coal*.

b. Bitumine atau Subbitumine

Bitumine atau subbitumine adalah batubara yang mempunyai kandungan *volatile matter* sedang, tetapi nilai kalorinya cukup besar dan menghasilkan suhu nyala yang lebih tinggi. Bitumine dengan kadar asli yang tinggi (akibat adanya *impurities* yang berasal dari *clay* dan sebagainya). Selain itu bitumine mempunyai kandungan air yang besar sehingga kurang diminati.

c. Lignit

Lignit adalah batubara yang memiliki kadar *volatile matter* yang besar dan ber *heating volue* kecil, jenis lignit kurang disukai karena akan menghasilkan suhu nyala yang rendah.

2. Sifat Batubara

Sifat batubara berdasarkan jenisnya ada 3 bagian, yaitu :

a. Sifat batubara jenis antrasit.

1. Warnanya hitam sangat mengkilat, menyeluruh,
2. Nilai kalori dan kadar karbonnya sangat tinggi,
3. Kadar airnya sangat kecil.
4. Kadar abunya sangat kecil.
5. Kadar sulfurnya sangat kecil

b. Sifat batubara jenis bitumine atau subbitumine

1. Warnanya hitam mengkilat tetapi tidak menyeluruh,
2. Nilai kalori dan kadar karbonnya sangat tinggi,
3. Kadar airnya kecil,
4. Kadar abunya kecil,
5. kadar sulfurnya kecil.

c. Sifat batubara jenis lignit (*brown coal*).

1. Warna hitam dan mudah hancur,
2. Kadar kalori dan kadar karbonnya sedikit,
3. kadar airnya kecil,
4. kandungan abunya besar,
5. kandungan sulfurnya besar.

Untuk menentukan besarnya nilai kadar air, karbon, kandungan abu, kalori batubara dapat dilakukan dengan analisa proksimat. Analisa proksimat meliputi :

a. Kadar air total (*total moisture*).

Kandungan *free moisture* tergantung dari kondisi penambangan serta keadaan udara pada saat penyimpanan. *Free moisture* sangat penting dalam perencanaan *coal handling* dan *preparation equipment*.

b. Kandungan air bawaan (*inherent moisture*).

Kandungan *inherent moisture* dapat ditentukan dengan cara memanaskan batubara antara 104 – 110⁰ C yaitu setelah dilakukan *air-drying*. Total *free moisture* dan *inherent moisture* disebut *total moisture*.

- c. Kandungan abu (*ash content*).
Semua batubara mempunyai kandungan zat anorganik yang dapat ditentukan jumlahnya sebagai berat yang tinggal apabila batubara dibakar secara sempurna. Zat yang tinggal ini disebut abu.
- d. Kandungan zat terbang (*volatile matter*).
Volatile matter adalah bagian dari batubara dimana akan berubah menjadi *volatile matter* (produk) bila batubara tersebut dipanaskan tanpa udara pada suhu $\pm 900 - 950^{\circ}\text{C}$
- e. Kandungan karbon padat (*fixed carbon*)
Persentase *fixed carbon* diperoleh dengan mengurangi 100 dari jumlah persentase *volatile matter* dan abu dari *dry coal*.
- f. Nilai kalori (*calorific value*).
Nilai kalori dapat dinyatakan sebagai *heating value*, merupakan suatu parameter yang penting dari suatu *thermal coal*. *Gross calorific value* diperoleh dengan membakar suatu sample batubara didalam *bomb calorimeter* dengan mengembalikan system ke *ambient* temperatur. *Net calorific value* biasanya antara 93 – 97 % dari *gross value* dan tergantung dari kandungan *inherent moisture* serta kandungan hidrogen dalam batubara.

METODELOGI PENELITIAN

Pada penelitian ini bahan-bahan yang digunakan untuk percobaan Mashall adalah sebagai berikut:

Bahan agregat :

1. Batu bara muda sebagai pengganti batuan split (agregat kasar) yang didapat dari PLTU (Perusahaan Listrik Tenaga Uap).
2. Split berasal dari Merak yang didapat dari PT. BSA
3. Screen berasal dari Merak yang didapat dari PT. BSA
4. Dust berasal dari Musi II yang didapat dari PT. BSA
5. Pasir berasal dari Musi II yang didapat dari PT. BSA

Aspal :

Aspal yang digunakan adalah aspal yang merupakan produk Pertamina Palembang.

Persyaratan Bahan

Persyaratan bahan-bahan penelitian termasuk batas-batas gradasi agregat menggunakan Pedoman dari Departemen Pekerjaan Umum pada Buku Petunjuk Pelaksanaan Lapis Aspal Beton (LASTON) untuk jalan raya.

1. Aspal Keras

Aspal yang digunakan dapat berupa aspal keras Pen 60 yang memenuhi persyaratan sebagaimana tertera dibawah ini.

Tabel 1. Persyaratan aspal keras

Jenis Pemeriksaan	Cara Pemeriksaan	Persyaratan		Satuan
		Pen 60		
		min	mak	
Penetrasi (25 ⁰ C, 5 detik)	PA.0301.76	60	79	0.1 mm
Titik lembek (ring & ball)	PA.0302.76	48	58	⁰ C
Titik nyala (elev. open cup)	PA.0303.76	200	-	⁰ C
Kehilangan berat (163 ⁰ C, 5 jam)	PA.0304.76	-	0.4	% berat
Kelarutan (CCl ₄ atau CS ₂)	PA.0305.76	99	-	% berat
Daktilitas (25 ⁰ C, 5 cm/menit)	PA.0306.76	100	-	cm
Penetrasi setelah kehilangan berat	PA.0301.76	75	-	% semula
Berat jenis (25 ⁰ C)	PA.0307.76	1	-	gr/cc

2. Agregat

Agregat yang digunakan dalam penelitian ini didapat dari merak. Pada agregat ini juga dilakukan beberapa pengujian sehingga agregat yang akan digunakan memenuhi persyaratan yang telah ditetapkan berdasarkan spesifikasi Bina Marga.

Tabel 2. Batas-batas gradasi agregat

Ukuran Ayakan		Persen Berat yang Lolos	
ASTM	(mm)	Lapis Aus (WC)	Lapis Pondasi (BC)
1"	25		100
¾"	19	100	85-100
½"	12,7	80 – 100	-
3/8"	9,5	-	65-85
No.4	4,75	54 – 72	45-65
No.8	2,36	42 – 58	34-54
No.30	0,600	26 – 38	20-35
No.50	0,300	18 – 28	16-26
No.100	0,150	12 – 20	10-18
No.200	0,075	6 – 12	5-10

Sumber : Spesifikasi Bima Marga, PU, 2000

Tabel 3. Persyaratan agregat kasar

No	Jenis	Pengujian
1	Keausan dengan mesin <i>Loss Angeles</i>	Maks 40 %
2	Kelekatan terhadap aspal	Min 95 %
3	Peresapan Agregat terhadap Air	Maks 3 %
4	Berat jenis semu (gr/cc)	Min 2,5 %

Sumber : Petunjuk Pelaksanaan Aspal Beton untuk Jalan Raya (SKBI-24,26, 1987).

Tabel 4. Persyaratan agregat halus

No	Jenis Pengujian	Syarat
1	Ekivalen Pasir (<i>Sand EquivalentI</i>)	Min 50 %
2	Berat jenis semua (gr/cc)	Min 2,5 %
3	Peresapan terhadap air	Maks 3 %

Sumber : Petunjuk Pelaksanaan Aspal Beton untuk Jalan Raya (SKBI-24,26, 1987).

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Hasil Penelitian

Pada penelitian ini benda uji menggunakan agregat kasar split dan batu bara muda dan hasilnya dapat dilihat pada tabel berikut ini.

Tabel 5. Hasil pengujian agregat kasar batu granit

No	Jenis	Hasil (%)	Syarat (%)
1	Keausan dengan mesin <i>Loss Angeles</i>	29,182	Maks 40
2	Kelekatan terhadap aspal	95	Min 95
3	Peresapan agregat terhadap air	1,9325	Maks 3
4	Berat jenis semu (gr/cc)	2,711	Min 2,5

Tabel 6. Hasil pengujian agregat kasar batu bara

No	Jenis	Hasil (%)	Syarat (%)
1	Keausan dengan mesin <i>Loss Angeles</i>	26,16	Maks 40
2	Kelekatan terhadap aspal	95	Min 95
3	Peresapan agregat terhadap air	2,230	Maks 3
4	Berat jenis semu (gr/cc)	2,505	Min 2,5

Tabel 7. Hasil pengujian agregat halus (dust dan sand)

No	Jenis Pengujian	Hasil (%)	Syarat (%)
1	Ekivalen pasir (<i>sand equivalent</i>)	-	Min 50
2	Berat jenis semua (gr/cc)	Min 2,74	Min 2,5
3	Peresapan terhadap air	Maks 2,312	Maks 3

Test Marshall

Dari hasil analisis test Marshall diperoleh nilai –nilai Marshal Property yaitu : kepadatan (density), VITM (Void In The Mix), VFWA (Void Filled With Asphalt), stabilitas, kelelahan, dan MQ (Marshall Quotient). Hasil analisis tersebut kemudian ditabelkan dan hasilnya dapat dilihat pada Tabel 8.

Tabel 8. Data hasil perhitungan test Marshall

Sifat Test Marshall	Kadar Aspal (%)	Variasi Agregat Kasar	
		Batu Granit	Batu Bara Muda
Kepadatan (gr/ml)	5	2,305	2,223
	5,5	2,317	2,232
	6	2,323	2,240
	6,5	2,315	2,236
	7	2,300	2,223
VITM (%)	5	7,652	7,452
	5,5	6,459	6,415
	6	5,531	5,445
	6,5	5,123	4,932
	7	5,037	4,837
VFWA (%)	5	59,396	59,158
	5,5	65,651	64,976
	6	70,926	70,598
	6,5	74,108	74,031
	7	75,443	75,684
Stabilitas (Kg)	5	1039,58	1336
	5,5	1226,17	1378
	6	1372,78	1422
	6,5	1306,144	1410,9
	7	1179,528	1147,2
Kelelahan (mm)	5	2,159	2,527
	5,5	2,413	2,705
	6	3,683	3,018
	6,5	3,794	3,289
	7	4,191	3,746
Marshall Quotient (Kg/mm)	5	481,512	528,690
	5,5	508,152	509,426
	6	372,734	471,173
	6,5	344,265	428,975
	7	281,443	318,686

Pembahasan

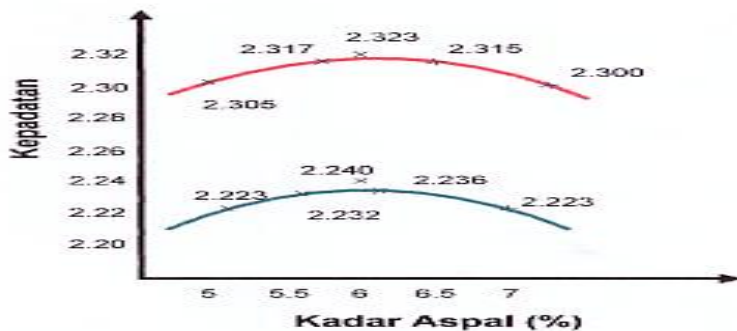
Pembahasan terhadap hasil penelitian ini ditujukan untuk mengetahui sejauh mana pengaruh variasi agregat halus dalam campuran beton aspal terhadap sifat test *Marshall*.

Pengaruh terhadap kepadatan (density)

Hasil penelitian di laboratorium menunjukkan bahwa nilai kepadatan yang menggunakan batu pecah lebih besar dibandingkan dengan menggunakan agregat kasar batu bara muda pada campuran beton aspal yang dapat dilihat pada Tabel 9. dan Gambar 4.3 berikut :

Tabel 9. Hasil test *Marshall* untuk nilai kepadatan

Kadar Aspal (%)	Kepadatan (gr/ml)	
	Batu granit (garis merah)	Batu bara muda (Garis Biru)
5	2,305	2,223
5,5	2,317	2,232
6	2,323	2,240
6,5	2,315	2,236
7	2,300	2,223



Gambar 2. Nilai kepadatan antara agregat batu granit dan batu bara muda

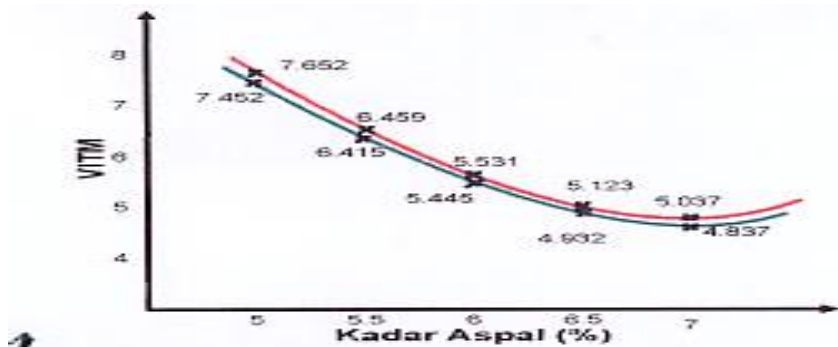
Dari Table 9 dan Gambar 2 dapat dilihat bahwa nilai kepadatan tertinggi untuk campuran yang menggunakan batu pecah (split) yaitu sebesar 2,323 gr/ml pada kadar aspal 6%. Nilai tertinggi campuran yang menggunakan batu bara muda yaitu sebesar 2,240 gr/ml pada kadar aspal 6%.

Pengaruh terhadap VITM (Void In The Mix)

Pengaruh variasi agregat kasar pada berbagai kadar aspal terhadap nilai VITM dapat ditunjukkan pada Tabel 10 dan Gambar 3 berikut :

Tabel 10. Hasil tes Marshall untuk nilai VITM

Kadar Aspal (%)	VITM (%)		Syarat VITM (%)
	Batu granit (garis merah)	Batu bara muda (garis biru)	
5	7,652	7,452	4-6
5,5	6,459	6,415	
6	5,531	5,445	
6,5	5,123	4,932	
7	5,037	4,837	

**Gambar 3. Nilai VITM antara agregat kasar batu granit dan batu bara muda**

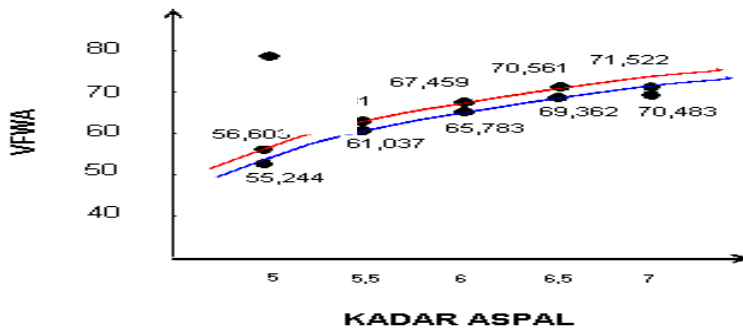
Hasil analisa test *Marshall* terhadap nilai VITM sebagaimana dapat dilihat pada Tabel 10 dan Gambar 3 menunjukkan bahwa nilai VITM pada campuran batu bara muda lebih rendah bila dibandingkan dengan nilai VITM pada campuran batu pecah, tetapi masih memenuhi syarat untuk perkeranan jalan.

Pengaruh terhadap VFWA (Void Filled With Asphalt)

Pengaruh variasi agregat kasar pada berbagai kadar aspal terhadap nilai VFWA dapat dilihat pada Table 11 dan Gambar 4 berikut ini :

Tabel 11. Hasil tes Marshall untuk nilai VFWA

Kadar Aspal (%)	VFWA (%)		Syarat VFWA (%)
	Batu granit (garis merah)	Batu bara muda (garis biru)	
5	59,396	59,158	Min 65
5,5	65,651	64,976	
6	70,926	70,598	
6,5	74,108	74,031	
7	75,443	75,684	



Gambar 4. Nilai VFWA antara agregat kasar batu granit dan batu bara muda

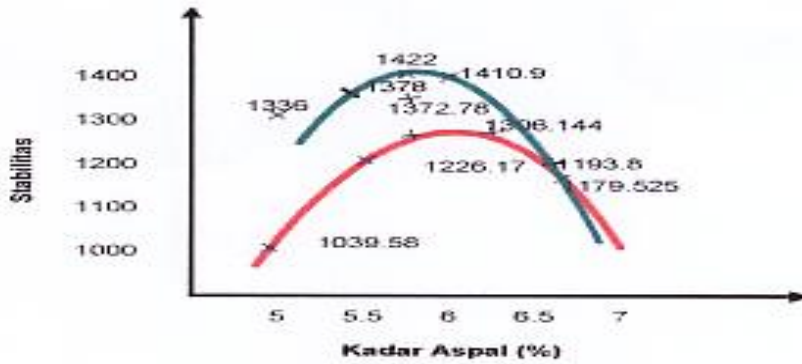
Dari Tabel 11 dan Gambar 4 diatas dapat dilihat bahwa nilai VFWA untuk campuran yang menggunakan batu pecah lebih tinggi bila dibandingkan dengan nilai VFWA pada campuran yang menggunakan batu bara muda. Nilai VFWA maksimum pada semua campuran baik yang menggunakan batu pecah maupun yang menggunakan batu bara muda dicapai pada kadar aspal 7%. Nilai VFWA minimum dicapai pada kadar aspal 5% dan dapat disimpulkan bahwa dengan bertambahnya kadar aspal maka nilai VFWA akan semakin tinggi.

Pengaruh terhadap stabilitas

Pengaruh variasi agregat kasar batu granit dan agregat kasar batu bara muda terhadap nilai stabilitas dapat dilihat pada Tabel 12 dan Gambar 5.

Tabel 12. Hasil tes *Marshall* untuk nilai stabilitas

Kadar Aspal (%)	Stabilitas (kg)		Syarat Stabilitas (kg)
	Batu Granit (Garis Merah)	Batu Bara Muda (Garis Biru)	
5	1039,58	1336	Min 900
5,5	1226,17	1378	
6	1372,78	1422	
6,5	1306,144	1410,9	
7	1179,528	1147,2	



Gambar 5. Nilai stabilitas antara agregat kasar batu granit dan batu bara muda

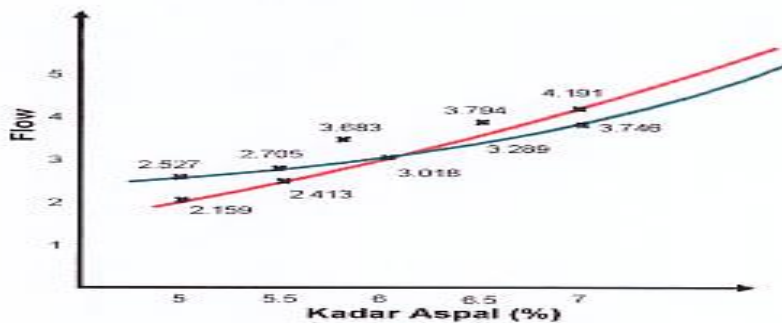
Hasil penelitian menunjukkan bahwa benda uji untuk semua campuran baik yang menggunakan batu bara muda maupun yang menggunakan batu pecah nilai stabilitasnya semua berada diatas nilai minimum sebesar 900 kg.

Pengaruh terhadap kelelahan

Hasil pengujian agregat kasar batu granit dan agregat kasar batu bara muda terhadap nilai kelelahan (*flow*) pada campuran dapat dilihat pada Tabel 13 dan Gambar 6 berikut ini :

Tabel 13. Hasil tes *Marshall* untuk nilai kelelahan (*flow*)

Kadar Aspal (%)	Kelelahan (mm)		Syarat Kelelahan (mm)
	Batu Granit (Garis Merah)	Batu Bara Muda (Garis Biru)	
5	2,159	2,527	min 3
5,5	2,413	2,705	
6	3,683	3,018	
6,5	3,794	3,289	
7	4,191	3,746	



Gambar 6. Nilai kelelahan (*flow*) antara agregat kasar batu granit dan batu bara muda

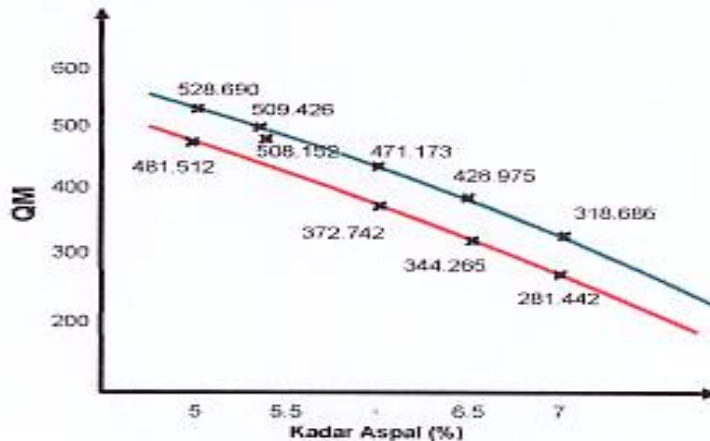
Dari Tabel 13 dan Gambar 6 diatas dapat dijelaskan bahwa nilai kelelahan yang dimiliki oleh campuran yang menggunakan batu pecah lebih besar bila dibandingkan dengan nilai kelelahan yang dimiliki oleh campuran yang menggunakan batu bara muda. Dari hasil penelitian dapat dilihat bahwa nilai kelelahan untuk campuran yang menggunakan batu bara muda semuanya memenuhi syarat untuk semua kadar aspal dari 5%-7%. Untuk campuran yang menggunakan batu pecah pada kadar aspal 5%-7%. Apabila nilai kelelahan kurang dari syarat maka campuran akan bersifat kaku dan apabila nilai kelelahan melebihi syarat maka campuran akan bersifat lembek atau plastis.

Pengaruh terhadap Marshall Quotient

Pengaruh variasi batu bara muda dan batu pecah terhadap nilai *Marshall Quotient* dapat dilihat pada Table 14 dan Gambar 7 berikut ini :

Tabel 14. Hasil tes *Marshall* untuk nilai *Marshall Quotient*

Kadar Aspal (%)	Marshall Quotient (kg/mm)		Syarat Marshall Quotient (kg/mm)
	Batu Pecah (Garis Merah)	Batu Bara (Garis Biru)	
5	481,512	528,690	200-500
5,5	508,152	509,426	
6	372,734	471,173	
6,5	344,265	428,975	
7	281,443	318,686	



Gambar 7. Nilai QM antara agregat kasar batu granit dan batu bara muda

Pada Gambar 14 dan Tabel 7 juga dapat kita lihat bahwa nilai *Marshall Quotient* terbesar dicapai oleh campuran yang menggunakan agregat kasar batu bara muda pada kadar aspal

5%, hal ini terjadi karena nilai dari kelelahan pada kadar aspal 5% lebih kecil dibandingkan dengan nilai kelelahan pada kadar aspal lainnya, sehingga hasil bagi dari nilai stabilitas dan *flow* didapat nilai yang besar. Lain halnya dengan campuran yang menggunakan agregat kasar batu granit, disini nilai *flow* pada campuran ini memiliki nilai yang besar sehingga hasil bagi dari nilai stabilitas dan *flow* menjadi kecil, yang mana nilai terkecil pada campuran ini yaitu sebesar 281,443 pada kadar aspal 7%

SIMPULAN

Dari hasil analisis di laboratorium dengan metoda test Marshall didapat bahwa kualitas aspal campuran batubara muda masih memenuhi standar yang ditentukan oleh Departemen Pekerjaan Umum Indonesia. Tetapi kualitas aspal dengan campuran batu granit lebih baik dari kualitas aspal campuran batubara muda. Hal ini dapat dilihat dari nilai-nilai kepadatan, VITM, FVWA, stabilitas, kelelahan dan Marshall Quotient sebagai berikut :

1. Nilai kepadatan untuk campuran yang menggunakan batu pecah lebih besar bila dibandingkan dengan campuran yang menggunakan batu bara muda. ($2,314 > 2,236$).
2. Nilai VITM untuk campuran yang menggunakan batu bara muda pada kadar aspal optimum 6,4 % lebih besar dibanding dengan campuran yang menggunakan batu pecah pada kadar aspal optimum 6,4% ($5,6 > 5,1$). Kualitas batu pecah lebih baik dari batu bara muda dilihat dari syarat nilai VITM adalah 4-6, karena nilai batu bara muda yang terlalu besar akan menyebabkan campuran menjadi porous.
3. Untuk nilai FVWA, campuran yang menggunakan batu bara pada kadar aspal optimum 6,4% lebih tinggi dari campuran yang menggunakan batu pecah pada kadar aspal optimum 6,4% ($72 > 71$). Untuk nilai FVWA spesifikasi adalah min 65 maka kedua campuran memenuhi persyaratan tersebut.
4. Nilai stabilitas untuk campuran yang menggunakan batu bara muda lebih besar dibandingkan dengan campuran yang menggunakan batu pecah. ($1420 > 1280$). Syarat dari nilai stabilitas adalah min 900, apabila stabilitasnya terlalu tinggi maka perkerasan akan mudah retak karena bersifat kaku.
5. Nilai kelelahan untuk campuran yang menggunakan batu pecah dan batu bara muda semuanya memenuhi syarat untuk semua kadar aspal ($3,4 > 3,2$). Untuk kelelahan syaratnya min 2, jadi apabila nilai kelelahan melebihi syarat maka campuran akan bersifat lembek atau plastis
6. Nilai Marshall Quotient untuk campuran yang menggunakan batu bara muda lebih besar dibandingkan dengan campuran yang menggunakan batu pecah ($443,7 > 376,5$). Untuk batu bara muda nilai stabilitas tinggi, *flow* rendah maka akan mengakibatkan getas (retak)
7. Test Marshall untuk batu bara muda semuanya memenuhi spesifikasi tetapi kualitas dari batu bara muda lebih rendah dari kualitas batu pecah, karena penyerapannya tinggi ($4,823$) sedangkan syaratnya max 3.

DAFTAR PUSTAKA

Anonim. 1987. *Petunjuk Pelaksanaan Aspal Beton (Aston) untuk Jalan Raya*. Departemen Pekerjaan Umum. Jakarta.

ISSN 2088-0804

Anonim. 1999. *Pedoman Perencanaan Campuran Beraspal Panas*. Departemen Pekerjaan Umum. Jakarta.

Soedarsono, DU. 1995. *Konstruksi Jalan Raya*. Departemen Pekerjaan Umum. Jakarta.

Soedarsono, DU. 2009. *Beton Campuran Panas Granit*. Departemen Pekerjaan Umum. Jakarta.

Sukirman, Silvia. 1999. *Pekerjaan Lentur Jalan*. Nova. Bandung.