

ANALISIS PENGGUNAAN PASIR PANTAI, DARAT, DAN SUNGAI TERHADAP KINERJA LASTON DAN LATASTON WEARING COURSE

Mirka Pataras¹, Imron Fikri Astira¹, Joni Arliansyah¹, Pandu Rangkuti¹, dan Brian Roynaldo¹

¹Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya, Palembang
E-mail: patarasmirka@gmail.com

Abstrak. Perkerasan lentur di Provinsi Sumatera Selatan pada umumnya menggunakan pasir sungai sebagai campuran. Dalam hal ini telah banyak penelitian yang dilakukan untuk mencari dan memanfaatkan alternatif lain yang jumlahnya begitu banyak disuatu daerah. Berbagai alternatif material yang bisa dimanfaatkan di daerah Sumatera Selatan dan Bengkulu ialah pasir pantai yang terdapat di Kota Bengkulu khususnya di pesisir pantai Bengkulu, pasir darat yang terdapat di Provinsi Sumatera Selatan khususnya di Kabupaten Musi Rawas, dan pasir sungai yang terdapat di Provinsi Sumatera Selatan khususnya di sepanjang Sungai Musi. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui karakteristik dari pasir pantai, pasir darat, dan pasir sungai sebagai bahan pengisi dan pengaruhnya pada campuran lapis AC-WC dan HRS-WC. Serta untuk mengetahui perbandingan kinerja karakteristik *marshall* dari campuran lapis tipis aspal beton yang menggunakan pasir pantai, pasir darat, dan pasir sungai sebagai bahan pengisi campuran AC-WC dan Lataston HRS-WC. Penelitian ini menggunakan campuran jenis AC-WC dengan gradasi menerus dan HRS-WC dengan gradasi semi senjang. Dengan 5 variasi kadar aspal yaitu 6,5%, 7%, 7,5%, 8%, dan 8,5% dari berat campuran. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pasir sungai lebih ekonomis dibandingkan dengan pasir darat, dan pasir pantai. Karena kadar aspal optimum pasir sungai paling kecil dibandingkan kedua pasir lainnya yaitu sebesar 7,75%.

Kata kunci: AC-WC, HRS-WC, *marshall*, pasir.

I. PENDAHULUAN

Pertumbuhan dan perkembangan penduduk terus meningkat setiap tahunnya di Indonesia. Peningkatan pertumbuhan penduduk mengakibatkan dampak pada volume lalu lintas sehingga permintaan prasarana transportasi jalan dan kebutuhan material yang digunakan juga meningkat. Oleh karena itu perkerasan jalan memerlukan perhatian khusus pada segi keamanan dan kenyamanan dari jalan tersebut. Kemampuan pada perkerasan jalan dalam menahan beban lalu lintas di atasnya dan pengaruh pada lingkungan sangat dipengaruhi oleh sifat – sifat dari agregat kasar, agregat halus, dan bahan pengisi. Pasir sungai merupakan sumber utama agregat halus yang digunakan pada campuran aspal di daerah Sumatera Selatan. Salah satu jenis campuran perkerasan yang sering digunakan ialah perkerasan Laston dan Lataston.

Perkerasan Laston dan Lataston dibuat sebagai campuran panas (*hot mix*). Perkerasan HRS merupakan campuran yang terdiri dari kombinasi aspal yang dicampur dengan agregat dan dipadatkan pada suhu tertentu agar mendapatkan perkerasan yang baik.

Lapisan Laston terdiri dari tiga macam lapisan yaitu Laston – *Base*, Laston – *BC*, dan Laston- *WC*. Pada lapisan Lataston terdiri dari dua macam lapisan yaitu Lataston - *Base* dan Lataston - *WC*. Perkerasan HRS merupakan salah satu jenis campuran yang cocok untuk daerah iklim tropis seperti Indonesia, karena memiliki kelenturan yang tinggi dan tahan terhadap kelelahan plastis (Putra, 2014). Bahan yang digunakan pada saat pencampuran aspal panas, terdiri dari agregat kasar, agregat halus, *filler* (bahan pengisi), serta aspal sebagai bahan pengikat (Kabiran, 2007).

Penggunaan material baru sebagai bahan campuran perkerasan sampai saat ini telah banyak dilakukan penelitian yang menggunakan berbagai alternatif material lain yang jumlahnya begitu banyak di suatu daerah. Berbagai alternatif yang bisa dimanfaatkan ialah pasir pantai yang terdapat di Kota Bengkulu khususnya di pesisir pantai Bengkulu, pasir darat yang terdapat di Provinsi Sumatera Selatan khususnya di Kabupaten Musi Rawas, dan pasir sungai yang terdapat di Provinsi Sumatera Selatan khususnya di sepanjang aliran Sungai Musi.

Dalam upaya penambahan alternatif untuk

pencampuran aspal seperti pada penelitian Akhmad Bestari (2013), secara umum pasir Pantai Bakau Kabupaten Seruyan memberikan nilai *properties marshall* (*stability, flow, VIM, VFB, QM*) yang telah memenuhi persyaratan yang ditetapkan. Hal ini menunjukkan bahwa pasir pantai dapat digunakan sebagai bahan campuran perkerasan lentur. Dalam hal ini penulis ingin melakukan penelitian dengan membandingkan kinerja dari penggunaan pasir pantai, pasir darat, dan pasir sungai dari campuran pada perkerasan lentur laston *wearing course* (AC-WC) dan laston *wearing course* (HRS-WC) dengan menggunakan metode *marshall*. Hasil dari penelitian ini diharapkan mampu menambah alternatif-alternatif lain sebagai bahan campuran pada perkerasan lentur terutama di daerah Sumatera Selatan dan Bengkulu.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Struktur Perkerasan Jalan

Perkerasan jalan adalah lapisan kulit permukaan yang keras yang diletakan pada formasi tanah setelah pekerjaan tanah selesai, atau dapat pula didefinisikan sebagai, struktur yang memisahkan antara ban kendaraan dengan tanah pondasi yang berada dibawahnya disebut perkerasan. (Hardiyatmo, 2007).

Menurut Kumalawati et al. (2013), bahan susun perkerasan aspal adalah aspal, agregat kasar, agregat halus dan bahan pengisi (*filler*). Jenis agregat menurut diameter butirannya dibagi menjadi fraksi-fraksi sebagai berikut :

1. Agregat kasar, yaitu batuan yang tertahan saringan No.8 (diameter 2,36 mm).
2. Agregat halus yaitu batuan yang lolos saringan No.8 (diameter 2,36 mm) dan tertahan saringan no.200 (diameter 0,075 mm).
3. Bahan pengisi (*filler*), yaitu material yang lolos saringan no. 200 (diameter 0,075 mm).

B. Aspal

Aspal atau bitumen adalah suatu cairan kental yang merupakan senyawa hidrokarbon dengan sedikit mengandung sulfur, oksigen, dan klor. Aspal sebagai bahan pengikat dalam perkerasan lentur mempunyai sifat viskoelastis. Aspal akan bersifat padat pada suhu ruang dan bersifat cair bila dipanaskan.

Aspal merupakan bahan yang sangat kompleks dan secara kimia belum dikarakterisasi dengan baik. Kandungan utama aspal adalah senyawa karbon jenuh dan tak jenuh, alifatik dan aromatik yang mempunyai atom karbon sampai 150 per molekul. Atom-atom selain hidrogen dan karbon yang juga menyusun aspal adalah nitrogen, oksigen, belerang, dan beberapa atom lain. Secara kuantitatif, biasanya 80% massa aspal adalah karbon, 10% hydrogen, 6% belerang, dan sisanya oksigen dan nitrogen, serta sejumlah renik besi, nikel, dan vanadium.

C. Campuran Beraspal Panas (*Hot Mix*)

Campuran aspal panas adalah suatu campuran perkerasan jalan lentur yang terdiri dari agregat kasar, agregat halus, *filler* dan bahan pengikat aspal dengan perbandingan tertentu dan untuk mengeringkan agregat dan mencairkan aspal agar dapat dengan mudah dicampur dengan baik maka sebelum pencampuran bahan tersebut harus dipanaskan. Adapun jenis-jenis campuran aspal panas (*Hot Mix*) yaitu:

1. *Latasir* (*Sand Sheet*) Kelas A dan B

Campuran-campuran ini ditujukan untuk jalan dengan lalu lintas ringan, khususnya pada daerah dimana agregat kasar sulit diperoleh. Pemilihan kelas A atau B terutama tergantung pada tebal nominal minimum. Campuran *Latasir* biasanya memerlukan penambahan *filler* agar memenuhi kebutuhan sifat-sifat yang disyaratkan.

2. *Laston* (*HRS*)

Laston terdiri dari dua macam campuran, *Laston Lapis Pondasi* (*HRS-Base*) dan *Laston Lapis Permukaan* (*HRS-Wearing Course*) dan ukuran maksimum agregat masing-masing campuran adalah 19 mm. *Laston Lapis Pondasi* (*HRS-Base*) mempunyai proporsi fraksi agregat kasar lebih besar daripada *Laston Lapis Permukaan* (*HRS - Wearing Course*). Adapun fungsi dari HRS adalah sebagai lapisan penutup untuk mencegah masuknya air dari permukaan jalan kedalam konstruksi perkerasan.

3. *Laston* (*AC*)

Laston (*AC*) terdiri dari tiga macam campuran, *Laston Lapis Aus* (*AC-WC*), *Laston Lapis Pengikat* (*AC-BC*) dan *Laston Lapis Pondasi* (*AC-Base*) dan ukuran maksimum agregat masing-masing campuran adalah 19 mm, 25,4 mm, 37,5 mm. Setiap jenis campuran AC yang menggunakan bahan Aspal Polimer atau Aspal dimodifikasi dengan Aspal Alam atau Aspal *Multigrade* disebut masing-masing sebagai *AC-WC Modified*, *AC-BC Modified*, dan *AC-Base Modified*.

F. Fungsi dan Pengaruh Agregat Dalam Campuran *Laston* dan *Laston*

Agregat dalam campuran menempati bagian yang penting pada struktur perkerasan jalan, karena berfungsi untuk menentukan kekuatan dari lapisan perkerasan dan merupakan bahan utama yang turut menahan dan meneruskan beban kendaraan melalui roda kendaraan kelapisan pondasi. Agregat dapat dibedakan atas beberapa fraksi, yaitu fraksi kasar mempunyai ukuran butir > 2,36 mm atau tertahan No.8, dan fraksi halus mempunyai ukuran butir > 0,075 mm dan < 2,36 mm, serta bahan pengisi adalah bahan yang minimum 85% lolos saringan No.200.

1. Agregat Kasar

Agregat kasar yang digunakan untuk campuran Lataston harus dari bahan yang bersih, keras, awet dan tidak mengandung lempung atau bahan lain yang tidak dikehendaki dan harus memenuhi persyaratan sesuai dengan spesifikasi. Agregat kasar terdiri dari batu pecah atau krikil pecah dan harus disediakan dalam ukuran-ukuran nominal tunggal.

2. Agregat Halus

Agregat halus yang digunakan terdiri dari pasir alam atau batu pecah yang masing-masing bila diuji dengan spesifikasi Bina Marga Divisi 6 tahun 2010 revisi ke 3 memenuhi gradasi yang disyaratkan.

Pasir yang digunakan pada penelitian ini yaitu sebagai berikut:

a. Pasir Sungai

Pasir sungai berasal dari pegunungan yang terkikis mengalir melalui aliran air di sungai. Pasir dan bebatuan tersebut berpindah dari tempat asalnya, tergerus, dan dipindahkan oleh angin, ombak, atau es. Pasir sungai memiliki sumber (*quarry*) yang cukup banyak terutama di sepanjang aliran Sungai Musi. Pasir sungai memiliki bentuk karakteristik yang agak kasar jika dibandingkan dengan pasir darat dan pasir sungai dan juga memiliki warna yang hampir sama dengan pasir darat. Berikut gambar pasir sungai yang dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Pasir sungai

b. Pasir Pantai

Pasir pantai yang terdapat di pesisir pantai akibat adanya suplay dari sungai dan gelombang arus. Batuan yang ada di gunung mengalami proses pelapukan akibat gaya-gaya luar yang bekerja padanya terutama pengaruh air dan suhu sehingga terurai menjadi bagian-bagian yang kecil (*fragmen*) yang disuplai ke laut oleh aliran sungai.



Gambar 2. Pasir pantai

Ketika fragmen itu sampai dilaut, selanjutnya akan dipindahkan ke sepanjang pantai yang disebabkan oleh gelombang arus membentuk tumpukan pasir di pantai. Gambar pasir pantai yang digunakan dapat dilihat pada Gambar 2.

c. Pasir Darat

Pasir darat juga berasal dari pegunungan yang terjadi akibat pengikisan batuan yang terbawa oleh angin dan juga melalui sungai. Pasir darat memiliki bentuk karakteristik yang lebih halus dibandingkan dengan pasir sungai dan juga memiliki warna gelap coklat kehitaman. Berikut gambar pasir darat yang dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Pasir darat

III. METODOLOGI

A. Studi Literatur

Tahap studi pustaka yaitu mengumpulkan dan mempelajari bahan-bahan yang berhubungan dengan masalah yang diteliti. Bahan-bahan tersebut berupa bahan yang didapat dari jurnal internasional, jurnal nasional, maupun internet yang berkaitan dengan masalah yang diteliti.

B. Studi Lapangan

Studi lapangan yang dimaksudkan adalah melakukan survei pendahuluan yaitu meninjau langsung ke tempat sumber baku yang digunakan yaitu pasir pantai, pasir darat, dan pasir sungai. Selain itu mengunjungi laboratorium serta meminta izin kepada pihak Balai Besar Pelaksanaan Jalan Nasional III yang akan dijadikan tempat melakukan penelitian.

C. Persiapan

Pada persiapan bahan baku dan peralatan yang akan digunakan sebelum melakukan penelitian, ialah sebagai berikut:

1. Persiapan Bahan Baku

Bahan baku yang digunakan pada penelitian ini adalah batu pecah atau krikil pecah, pasir alam yang dalam penelitian ini menggunakan pasir pantai, pasir darat, pasir sungai, aspal, dan *cement portland*.

2. Persiapan Peralatan

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini

secara garis besar adalah alat pencampur material, alat cetakan silinder 7,5 x 10,2, alat penumbuk *Marshall*, saringan sesuai dengan spesifikasi yang digunakan, Timbangan, dan alat *Marshall Test*.

D. Pengujian Bahan

Pengujian yang dilakukan sebelum membuat benda uji ialah sebagai berikut:

1. Pengujian Agregat

Pengujian agregat kasar dan halus terdiri dari sebagai berikut:

- Analisa Saringan Agregat
- Berat Jenis
- Berat Isi
- Abrasi Los Angeles*
- Kadar Air
- Setara Pasir

2. Pengujian Filler

Filler yang digunakan harus kering, bebas dari bahan organik, bebas dari gumpalan-gumpalan dan lolos saringan no. 200 minimal 75% (SNI 03 M-02-1994-03).

3. Pengujian Aspal

Aspal yang digunakan pada penelitian ini adalah aspal keras dengan nilai penetrasi 60/70. Sebelum aspal tersebut digunakan, dilakukan beberapa pengujian antara lain:

- Peneterasi
- Berat Jenis Aspal
- Titik Lembek
- Titik Nyala dan Titik Bakar
- Daktilitas
- Viskositas

A. Pembuatan Benda Uji

Penelitian ini membuat 45 sampel benda uji dengan 3 tipe campuran, yaitu 15 sampel campuran pasir pantai, 15 sampel untuk campuran pasir sungai dan 15 sampel untuk campuran pasir darat. Pembuatan benda uji pada lapisan laston *wearing course* (HRS-WC) yang akan dibuat dengan bentuk silinder yang memiliki dimensi 7,5 cm x 10,2 cm.

B. Pengujian Marshall

Pengujian *marshall* bertujuan untuk mendapatkan nilai dari Kadar Aspal Optimum (KAO) dengan menggunakan *Marshall Test Machine*. Pada percobaan yang akan dibandingkan pada penggunaan pasir pantai, pasir darat, dan pasir sungai adalah hasil dari nilai Kadar Aspal Optimum atau nilai dari KAO. Pada pengujian *marshall* dilakukan analisa pengujian *Stability*, *Flow*, *Marshall Quotient* (MQ), *Void in Mixture* (VIM), dan *Void in Mineral Aggregate* (VMA).

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Pengujian Pasir Sungai, Pasir Pantai, dan Pasir Darat

Tujuan pengujian material agregat ini adalah untuk mengetahui karakteristik dari pasir sungai, pasir pantai dan pasir darat yang digunakan dalam campuran aspal panas. Pengujian ini juga bertujuan untuk untuk memastikan bahwa setiap agregat yang digunakan memenuhi persyaratan. Metode yang digunakan untuk pengujian agregat mengacu pada spesifikasi umum divisi VI Bina Marga tahun 2010 revisi 3, yang meliputi pengujian berat jenis agregat halus, pengujian agregat kasar, pengujian setara pasir, dan pengujian *Abrasi Los Angeles*. Hasil dari pengujian yang telah dilakukan dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil pengujian karakteristik pasir sungai, pantai, dan darat

No	Karakteristik	Syarat	Hasil		
			Sungai	Pantai	Darat
1	Berat jenis bulk	Min 2,5	2,559	2,515	2,585
2	Berat jenis SSD	Min 2,5	2,571	2,52	2,643
3	Berat jenis apparent	Min 2,5	2,589	2,526	2,744
4	Penyerapan	Maks 3%	0,44%	0,18%	2,25%
5	Nilai Setara Pasir	Min 60%	92,15	96,79	60,16

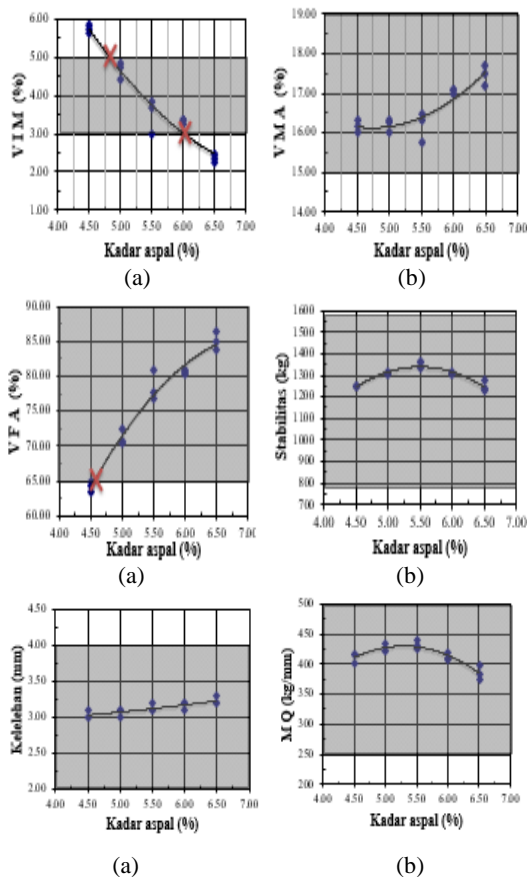
B. Hasil Pengujian Laston Wearing Course (AC-WC)

1. Hasil Pengujian Marshall Pasir Sungai

Setelah pembuatan benda uji, maka langkah selanjutnya ialah pengujian *marshall* untuk mendapatkan kadar aspal optimum (KAO). Berikut ini adalah hasil dari pengujian *marshall* untuk laston AC-WC dengan material pasir sungai.

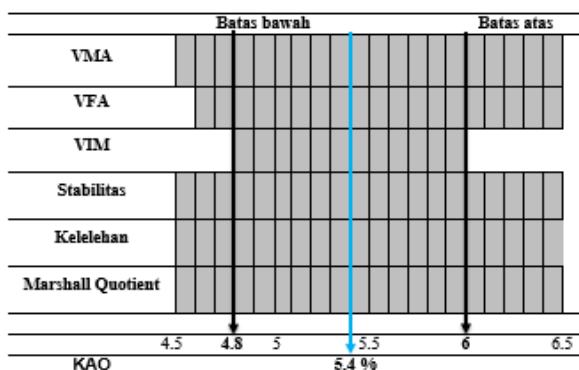
Berdasarkan Gambar 4 hasil pengujian *marshall* (a) menunjukkan bahwa nilai VIM dari kelima rentang kadar aspal yang masuk semua ke dalam spesifikasi yaitu dari 4,8% - 6,0% kadar aspal, dengan spesifikasi yang ditentukan adalah dari 3% - 5%. Untuk (b) yaitu nilai VMA dari kelima kadar aspal semuanya masuk ke dalam spesifikasi yaitu $\geq 15\%$. Untuk nilai (c) VFA kadar aspal yang masuk spesifikasi mulai 4,6% - 6,5% sesuai dengan spesifikasi Bina Marga 2010 Revisi 3 yaitu $\geq 65\%$.

Untuk (d) yaitu nilai stabilitas menunjukkan grafik berbentuk payung dan semua kadar aspal lolos dari spesifikasi yaitu $\geq 800\%$. Untuk (e) yaitu nilai kelelahan dari kadar aspal 4,5% sampai 6,5% mengalami kenaikan namun masih dalam batasan yang ditetapkan oleh Bina Marga 2010 revisi 3 yaitu 2 - 4 mm. Untuk (f) yaitu nilai MQ dari grafik tersebut bahwa nilai yang didapat telah memenuhi spesifikasi Bina Marga 2010 Revisi 3 yaitu ≥ 250 kg/mm.



Gambar 4. Grafik hasil pengujian *marshall* campuran pasir sungai (a) VIM, (b) VMA, (c) VFA, (d) stabilitas, (e) kelelahan, dan (f) MQ

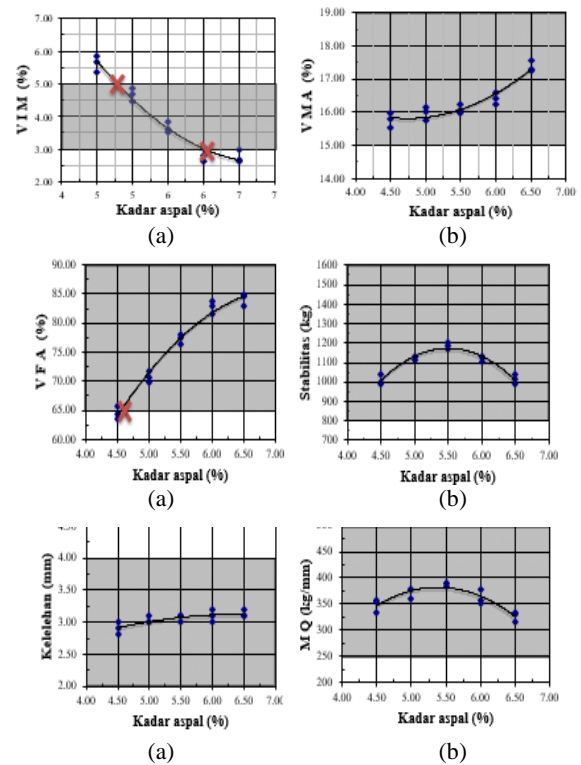
Setelah pengujian *marshall* dilakukan selanjutnya yaitu mencari kadar aspal optimum (KAO), seperti yang terlihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Grafik kadar aspal optimum pada campuran pasir sungai

2. Hasil Pengujian Marshall Pasir Pantai

Setelah semua data didapat, diantaranya adalah nilai dari VIM, VMA, VFA, Stabilitas, Kelelahan, dan MQ. kemudian dibuat graik-grafik dari hasil pengujian tersebut yaitu seperti pada Gambar 6.

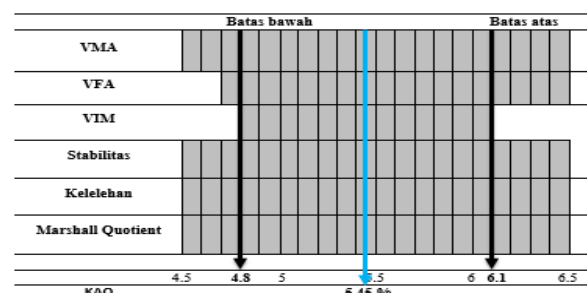


Gambar 6. Grafik hasil pengujian *marshall* campuran pasir pantai (a) VIM, (b) VMA, (c) VFA, (d) stabilitas, (e) kelelahan, dan (f) MQ

Pada Gambar 6. (a) menunjukkan bahwa nilai VIM dari kelima rentang kadar aspal yang masuk semua ke dalam spesifikasi yaitu dari 4,8% - 6,1% kadar aspal, dengan spesifikasi yang ditentukan Bina Marga 2010 Revisi 3 adalah dari 3% - 5%. Untuk (b) yaitu nilai VMA dari kelima kadar aspal semuanya masuk ke dalam spesifikasi yaitu $\geq 15\%$.

Untuk nilai (c) kadar aspal yang masuk spesifikasi mulai 4,7% - 6,5% dengan spesifikasi yaitu $\geq 65\%$. Untuk (d) menunjukkan nilai stabilitas semua kadar aspal lolos dari spesifikasi yaitu $\geq 800\%$. Untuk (e) yaitu nilai *flow* dari kadar aspal 4,5% - 6,5% mengalami kenaikan namun masih dalam batasan yang ditetapkan yaitu 2 - 4 mm. Untuk (f) yaitu nilai MQ yang didapat memenuhi spesifikasi yaitu ≥ 250 kg/mm.

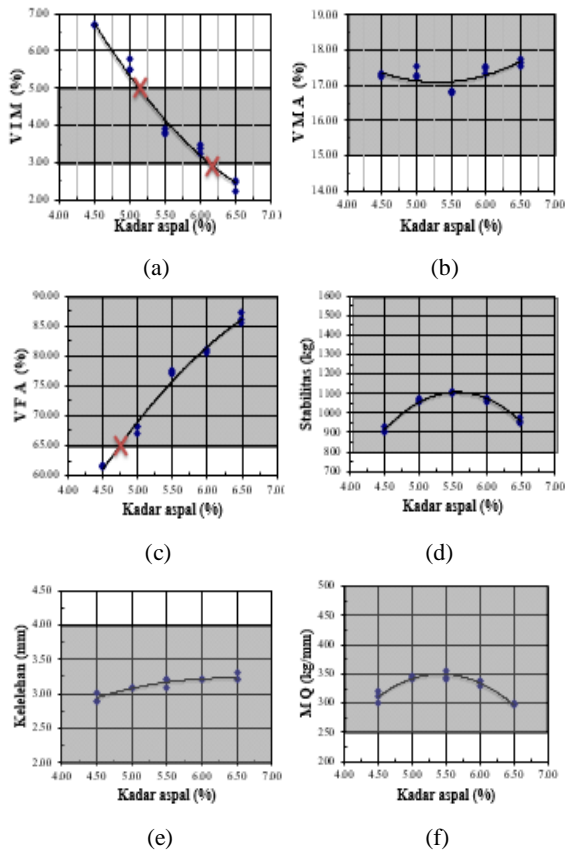
Setelah pengujian *marshall* dilakukan selanjutnya yaitu mencari kadar aspal optimum (KAO), seperti yang terlihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Grafik kadar aspal optimum pada campuran pasir pantai

3. Hasil Pengujian Marshall Pasir Darat

Setelah semua data didapat kemudian dibuat grafik-grafik dari hasil pengujian tersebut yaitu seperti pada Gambar 8.



Gambar 8. Grafik hasil pengujian *marshall* campuran pasir darat (a) VIM, (b) VMA, (c) VFA, (d) stabilitas, (e) kelelahan, dan (f) MQ

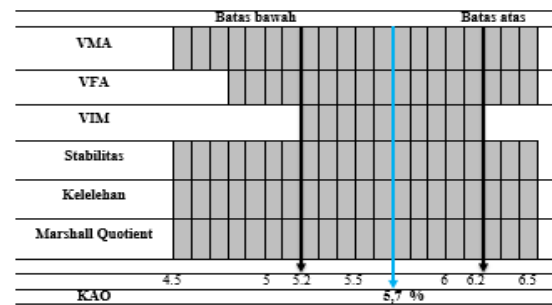
Berdasarkan Gambar 8 hasil pengujian *marshall* (a) menunjukkan bahwa nilai VIM (*void in mixture*) dari kelima rentang kadar aspal yang masuk semua ke dalam spesifikasi yaitu dari 5,2% - 6,2% kadar aspal, dengan spesifikasi yang ditentukan Bina Marga 2010 Revisi 3 adalah dari 3% - 5%. Untuk (b) yaitu nilai VMA dari kelima kadar aspal semuanya masuk ke dalam spesifikasi yang ditentukan oleh Bina Marga 2010 Revisi 3 yaitu lebih dari 15%.

Untuk nilai (c) VFA (*void in filled asphalt*) dari kelima rentang kadar aspal yang masuk semua ke dalam spesifikasi yaitu dari 4,8% - 6,5% kadar aspal, dari spesifikasi Bina Marga 2010 Revisi 3 yaitu lebih dari 65%. Untuk (d) nilai stabilitas menunjukkan grafik berbentuk payung dan semua kadar aspal lolos dari spesifikasi Bina Marga 2010 Revisi 3 yaitu ≥ 800 .

Untuk (e) yaitu nilai kelelahan dari kadar aspal 4,5% sampai 6,5% mengalami kenaikan namun masih dalam batasan yang ditetapkan oleh Bina Marga 2010 revisi 3 yaitu 2 - 4 mm. Untuk (f) yaitu nilai MQ dari grafik tersebut bahwa nilai yang didapat telah

memenuhi spesifikasi Bina Marga 2010 Revisi 3 yaitu ≥ 250 kg/mm.

Setelah pengujian *marshall* dilakukan selanjutnya yaitu mencari kadar aspal optimum (KAO).

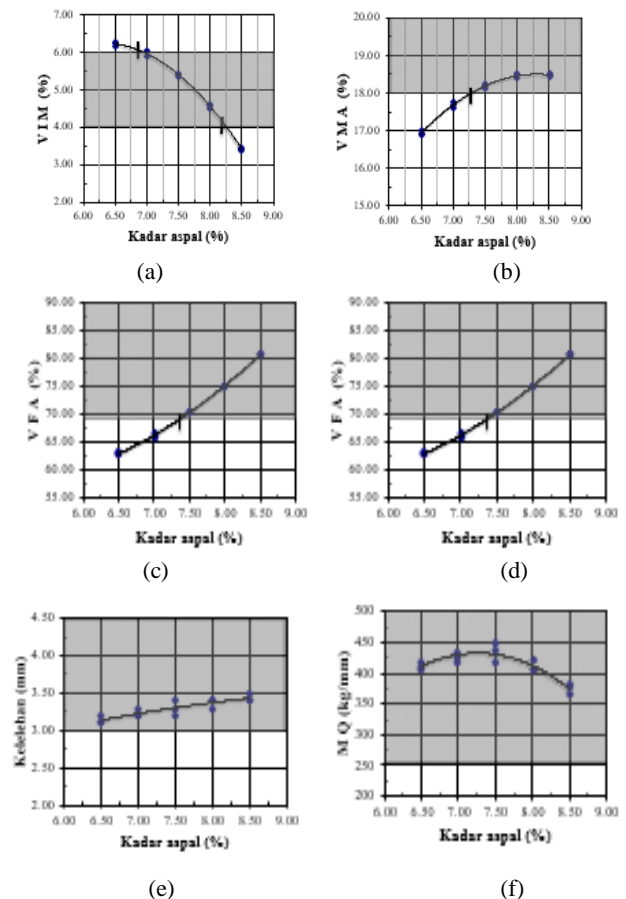


Gambar 9. Grafik kadar aspal optimum pada campuran pasir darat

C. Hasil Pengujian Lataston Wearing Course (HRS-WC)

1. Hasil Pengujian Marshall Pasir Sungai

Setelah semua data didapat, diantaranya adalah nilai dari VIM, VMA, VFA, Stabilitas, Kelelahan, dan MQ. Kemudian dibuat grafik-grafik dari hasil pengujian tersebut dapat dilihat pada Gambar 10.



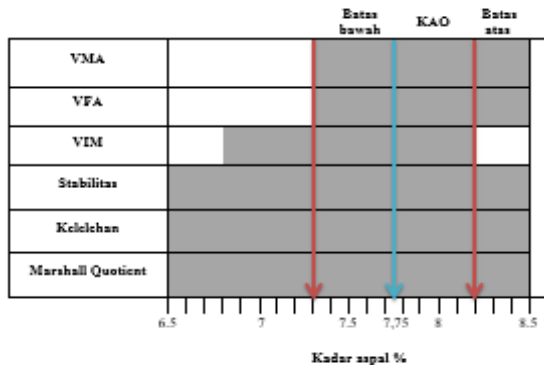
Gambar 10. Grafik hasil pengujian *marshall* campuran pasir sungai (a) VIM, (b) VMA, (c) VFA, (d) stabilitas, (e) kelelahan, dan (f) MQ

Pada Gambar 10 (a) menunjukkan bahwa nilai VIM dengan rentang kadar aspal dari 6,8% sampai 8,2% masuk dalam kriteria nilai VIM dengan spesifikasi yang memiliki rentang nilai 4% - 6%. Untuk (b) menunjukkan dari lima rentang kadar aspal yang masuk dalam spesifikasi yaitu dari 7,3% sampai 8,2% dengan spesifikasi nilai VMA lebih dari 18% menurut Spesifikasi Umum Bina Marga 2010 Revisi 3. Untuk (c) menunjukkan bahwa nilai VFA (*void in filled asphalt*) dengan rentang kadar aspal dari 7,3% sampai 8,5% masuk dalam kriteria nilai VFA dengan spesifikasi yang diizinkan yaitu $\geq 68\%$.

Untuk (d) menunjukkan bahwa nilai stabilitas dari lima variasi kadar aspal dengan presentase 6,5% - 8,5% masuk dalam spesifikasi yang diizinkan yaitu $\geq 800\%$. Untuk (e) menunjukkan bahwa nilai Kelelehan dari lima variasi kadar aspal dengan presentase 6,5% sampai 8,5% masuk dalam parameter spesifikasi yang diizinkan yaitu ≥ 3 mm.

Untuk (f) menunjukkan bahwa nilai MQ dari lima variasi kadar aspal dengan presentase 6,5% sampai 8,5% masuk dalam spesifikasi yang diizinkan yaitu ≥ 250 kg/mm.

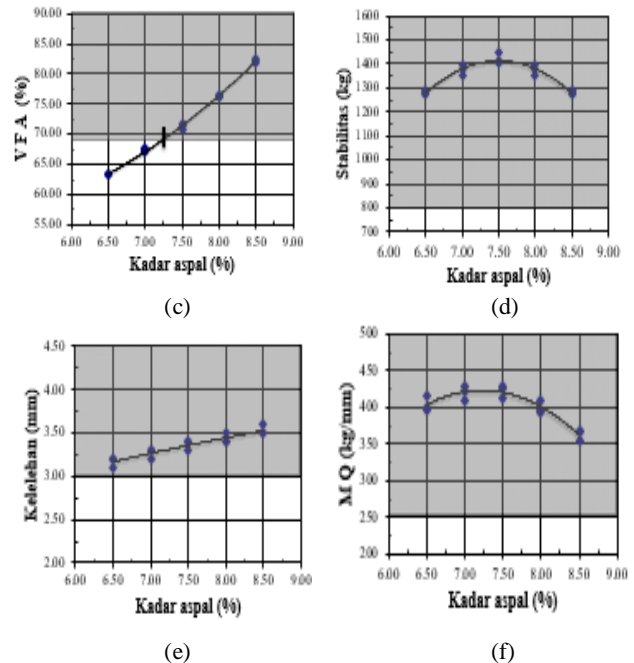
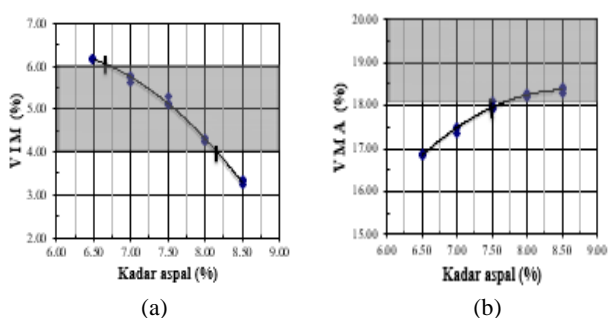
Berikut ini ialah grafik parameter *marshall* yang kemudian dicari untuk mendapatkan nilai kadar aspal optimum untuk lapis HRS-WC. Yang dapat dilihat pada Gambar 11.



Gambar 11. Grafik kadar aspal optimum pada campuran pasir sungai

2. Hasil Pengujian Marshall Pasir Pantai

Setelah semua data didapat, diantaranya adalah nilai dari VIM, VMA, VFA, Stabilitas, Kelelehan, dan MQ. Kemudian dibuat graik-grafik dari hasil pengujian tersebut dapat dilihat pada Gambar 12.

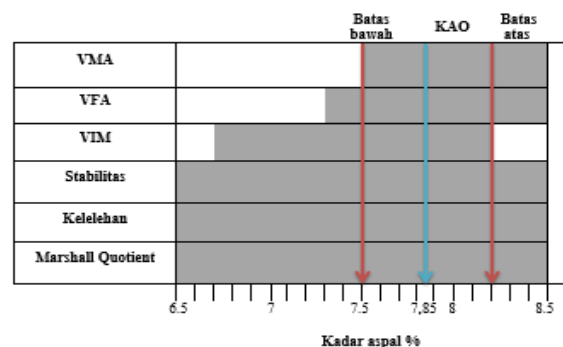


Gambar 12. Grafik hasil pengujian *marshall* pada pasir pantai (a) VIM, (b) VMA, (c) VFA, (d) stabilitas, (e) kelelehan, dan (f) MQ

Gambar 12. (a) menunjukkan nilai VIM dengan rentang kadar aspal 6,7% - 8,2% masuk dalam kriteria nilai VIM dengan spesifikasi yaitu 4% - 6%. Untuk (b) menunjukkan dari lima rentang kadar aspal yang masuk dalam spesifikasi yaitu dari 7,5% - 8,5% dengan spesifikasi nilai VMA $\geq 18\%$. Untuk (c) menunjukkan bahwa nilai VFA dengan rentang kadar aspal dari 7,3% - 8,5% masuk dalam spesifikasi yang diizinkan yaitu $\geq 68\%$.

Untuk (d) menunjukkan bahwa nilai stabilitas dari lima variasi kadar aspal dengan presentase 6,5% sampai 8,5% masuk dalam spesifikasi yaitu $\geq 800\%$. Untuk (e) menunjukkan nilai Kelelehan dari lima variasi kadar aspal dengan presentase 6,5% sampai 8,5% masuk dalam parameter spesifikasi yang diizinkan yaitu ≥ 3 mm. Untuk (f) menunjukkan bahwa nilai MQ dari lima variasi kadar aspal dengan presentase 6,5% - 8,5% masuk dalam spesifikasi yaitu ≥ 250 kg/mm.

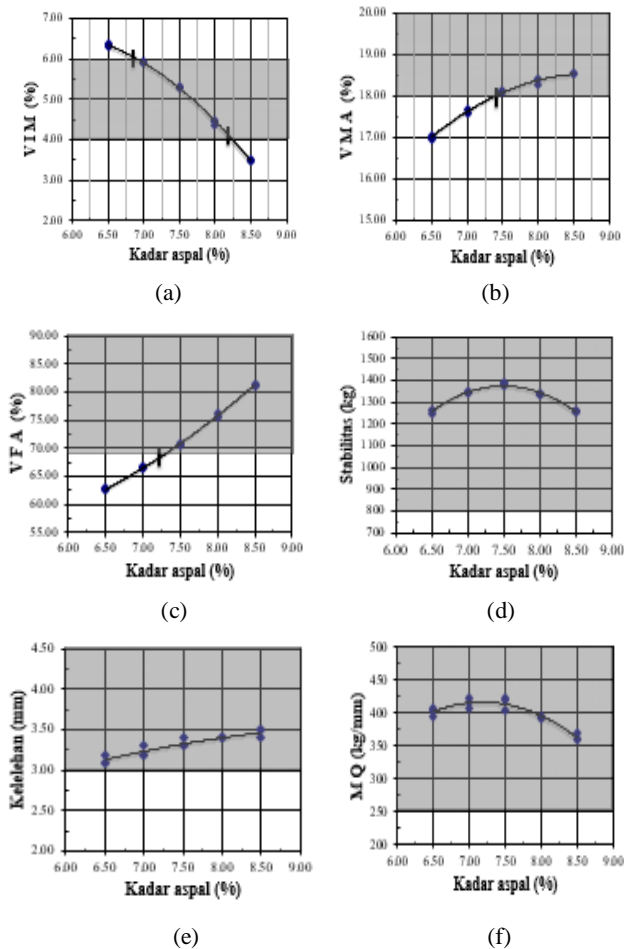
Berikut ini ialah grafik parameter *marshall* yang kemudian dicari untuk mendapatkan nilai kadar aspal optimum untuk lapis HRS-WC.



Gambar 13. Grafik kadar aspal optimum pada campuran pasir pantai

3. Hasil Pengujian Marshall Pasir Darat

Setelah semua data didapat, diantaranya adalah nilai dari VIM, VMA, VFA, Stabilitas, Kelelahan, dan MQ. Kemudian dibuat graik-grafik dari hasil pengujian tersebut dapat dilihat pada Gambar 14.



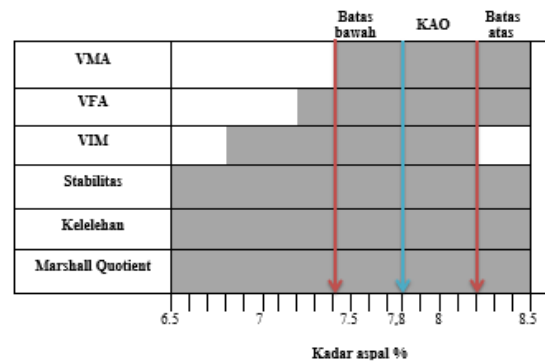
Gambar 14. Grafik hasil pengujian *marshall* pada pasir darat (a) VIM, (b) VMA, (c) VFA, (d) stabilitas, (e) kelelahan, dan (f) MQ

Gambar 14. (a) menunjukkan bahwa nilai VIM dengan rentang kadar aspal dari 6,8 % sampai 8,2% masuk dalam kriteria nilai VIM dengan spesifikasi yang memiliki rentang nilai 4% - 6%. Untuk (b) menunjukkan dari lima rentang kadar aspal yang masuk dalam spesifikasi yaitu dari 7,4% sampai 8,5% dengan spesifikasi nilai VMA $\geq 18\%$. Untuk (c) menunjukkan bahwa nilai VFA dengan rentang kadar aspal dari 7,2% - 8,5% masuk spesifikasi yaitu $\geq 68\%$.

Untuk (d) menunjukkan bahwa nilai stabilitas dari lima variasi kadar aspal dengan presentase 6,5% sampai 8,5% masuk dalam spesifikasi yang diizinkan yaitu $\geq 800\%$. Untuk (e) menunjukkan bahwa nilai kelelahan dari lima variasi kadar aspal dengan presentase 6,5% sampai 8,5% masuk dalam spesifikasi yang diizinkan yaitu ≥ 3 mm. Untuk (f) menunjukkan bahwa nilai MQ dari lima variasi kadar aspal dengan presentase 6,5% - 8,5% masuk dalam parameter

spesifikasi yang diizinkan yaitu ≥ 250 kg/mm.

Berikut ini merupakan grafik parameter *marshall* yang kemudian dicari untuk mendapatkan nilai kadar aspal optimum untuk lapis HRS-WC.



Gambar 15. Grafik kadar aspal optimum pada campuran pasir darat

V. KESIMPULAN

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan mengenai analisis penggunaan pasir pantai, pasir darat, dan pasir sungai terhadap kinerja laston *wearing course* (AC-WC) dan laston *wearing course* (HRS-WC) dapat disimpulkan sebagai berikut:

- Karakteristik pasir pantai, pasir darat, dan pasir sungai pada campuran laston *wearing course* (AC-WC) ialah:
 - Karakteristik pasir sungai yang dihasilkan yaitu berat jenis bulk $2,259 \text{ g/cm}^3$, berat jenis SSD $2,571 \text{ g/cm}^3$, berat jenis apparent $2,589 \text{ g/cm}^3$, penyerapan $0,44\%$, nilai setara pasir $92,15\%$.
 - Karakteristik pasir sungai yang dihasilkan yaitu berat jenis bulk $2,52 \text{ g/cm}^3$, berat jenis SSD $2,58 \text{ g/cm}^3$, berat jenis apparent $2,68 \text{ g/cm}^3$, penyerapan $2,4 \%$, nilai setara pasir $96,79 \%$.
 - Karakteristik pasir sungai yang dihasilkan diantaranya yaitu cerat jenis bulk $2,51 \text{ g/cm}^3$, berat jenis SSD $2,58 \text{ g/cm}^3$, berat jenis apparent $2,70 \text{ g/cm}^3$, penyerapan $2,92 \%$, nilai setara pasir $60,16 \%$.
- Karakteristik pasir pantai, pasir darat, dan pasir sungai pada campuran laston *wearing course* (HRS-WC) ialah:
 - Pada pasir pantai hasil pengujian terhadap berat jenis bulk sebesar $2,515$, berat jenis SSD sebesar $2,520$, berat jenis apparent sebesar $2,526$, penyerapan sebesar $0,180\%$, dan nilai setara pasir sebesar $96,7\%$.
 - Pada pasir darat hasil pengujian terhadap berat jenis bulk sebesar $2,585$, berat jenis SSD sebesar $2,643$, berat jenis apparent sebesar $2,744$, penyerapan sebesar $2,250\%$, dan nilai setara pasir sebesar $60,2\%$.
 - Pada pasir sungai hasil pengujian terhadap berat jenis bulk sebesar $2,559$, berat jenis SSD sebesar $2,571$, berat jenis apparent sebesar $2,589$, penyerapan sebesar $0,442\%$, dan nilai setara pasir sebesar $92,1\%$.

3. Perbandingan kinerja karakteristik *marshall* pada Kadar Aspal Optimum dari penggunaan pasir pantai, pasir darat, dan pasir sungai terhadap campuran laston AC-WC ialah:
 - a. Untuk nilai terbaik yang dimiliki oleh campuran pasir sungai adalah kadar aspal optimum, stabilitas, kelehan, dan VFA. Sehingga pasir sungai lebih ekonomis, lebih stabil atau tahan terhadap beban lalu lintas, penurunan yang terjadi juga tidak terlalu besar, rongga terisi aspal yang terjadi pada campuran pasir sungai juga tidak terlalu besar juga tidak terlalu kecil, maka campuran pasir sungai cocok untuk diaplikasikan dalam dunia kerja.
 - b. Untuk nilai VMA terbaik dimiliki oleh pasir pantai, karena nilainya paling rendah dari campuran pasir sungai dan pasir darat, ini menunjukkan bahwa rongga yang berada pada campuran pasir pantai diserap dengan baik.
 - c. Sedangkan untuk nilai yang dimiliki pasir darat adalah MQ dan VIM, maka pasir darat tidak terlalu kaku dan lebih elastis dibanding dengan campuran pasir pantai dan pasir sungai, selain itu konstruksi tidak mudah kemasukan air dan tidak mudah mengalami keretakan.
4. Perbandingan kinerja karakteristik *marshall* pada Kadar Aspal Optimum dari penggunaan pasir pantai, pasir darat, dan pasir sungai terhadap campuran laston HRS-WC ialah:
 - a. Campuran pasir sungai lebih ekonomis dibandingkan dengan pasir darat, dan pasir pantai. Karena nilai kadar aspal optimum pasir sungai lebih kecil dari kedua pasir lainnya yaitu sebesar 7,75%.
 - b. Campuran pasir pantai memiliki nilai VMA terkecil yang mengindikasikan rongga yang berada pada campuran pasir pantai mampu menyerap dengan baik.
 - c. Campuran pasir darat memiliki perkerasan paling lentur dibandingkan pasir pantai, dan pasir sungai. Karena pasir darat memiliki nilai *Marshall Quotient* yang terkecil yaitu sebesar 410 kg/mm.
 - d. Campuran pasir sungai merupakan campuran perkerasan yang memiliki kualitas lebih baik diantara ketiga jenis agregat yang diuji. Karena pasir sungai memiliki keunggulan pada 3 parameter *marshall* yaitu kelelehan, stabilitas, dan VFA. Selain itu, pasir sungai juga memiliki keunggulan lebih ekonomis dibandingkan kedua pasir lainnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Bestari, A., 2013. "Studi Penggunaan Pasir Pantai Bakau Sebagai Campuran Aspal Beton Jenis Hot".