

PENGARUH PENGGUNAAN PASIR KUARSA PADA LASTON AC-WC SEBAGAI PENGGANTI AGREGAT HALUS

Gayuh Bintang Ramadhan

Departemen Teknik Sipil dan Lingkungan
Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada
Jln. Grafika 2, Kampus UGM Yogyakarta 55281
Tlp. 0274-545675
gayuhbintang@rocketmail.com

Latif Budi Suparma

Departemen Teknik Sipil dan Lingkungan
Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada
Jln. Grafika 2, Kampus UGM Yogyakarta 55281
Tlp. 0274-545675
lbsuparma@ugm.ac.id

Abstract

Vehicle loads and high traffic growth nowadays lead to increased traffic loads on pavement that will accelerate the occurrence damage of pavement layer. Based from the natural resources of quartz sand was need to research quartz sand. Conducted test in this research were Marshall tests, immersion, and indirect tensile strength test to determined the durability of asphalt concrete mixture with optimum bitumen content after 5 variations were made in this research. The variations are V1, V2, V3, V4, and V5. The variations of quartz sand content that made based on the weight percentage on each aggregate filter numbers. The durability of the asphalt concrete mixture was seen from the value result of Marshall test, immersion test, indirect tensile strength test, residual strength index, and tensile strength ratio. The results show that Marshall stability value has decreased stability value in succession after immersion test. The indirect tensile strength results shows the tensile value performed on *Un-Condition* and *Condition*. The stability value of the indirect tensile strength *Condition* indicates a consecutive decrease due to immersion.

Keywords: Marshall tests, indirect tensile strength test, immersion, quartz sand, residual strength index

Abstrak

Pembebanan dan pertumbuhan lalu lintas yang tinggi menyebabkan bertambahnya beban lalu lintas pada konstruksi jalan yang akan mempercepat terjadinya kerusakan pada lapisan jalan raya. Dilihat dari sumber daya alam pasir kuarsa yang ada, maka perlu adanya penelitian tentang pasir kuarsa. Pengujian yang dilakukan dalam penelitian ini adalah uji Marshall, *immersion*, dan *indirect tensile strength test* untuk mengetahui durabilitas campuran beton aspal dengan KAO setelah dibuat 5 variasi secara berturut-turut pada campuran V1, V2, V3, V4, dan V5. Variasi kadar pasir kuarsa tersebut dibuat berdasarkan persentase berat pada setiap nomor saringan pada agregat halus. Durabilitas campuran beton aspal dilihat dari nilai hasil uji Marshall, *immersion*, *indirect tensile strength test*, indeks kekuatan sisa, dan rasio kuat tarik. Hasil pengujian menunjukkan nilai stabilitas Marshall mengalami penurunan nilai stabilitas secara berturut-turut setelah uji perendaman. Pengujian *indirect tensile strength* menunjukkan nilai tarik dilakukan pada *Un-Condition* dan *Condition*. Nilai stabilitas pada *indirect tensile strength Condition* mengalami penurunan berturut-turut akibat perendaman.

Kata-kata kunci: uji Marshall, *indirect tensile strength*, *immersion*, pasir kuarsa, indeks kekuatan sisa

PENDAHULUAN

Kerusakan jalan di Indonesia umumnya disebabkan oleh pembebanan yang terjadi berlebihan (*overload*) atau disebabkan oleh *Physical Damage Factor* (PDF) berlebih, banyaknya arus kendaraan yang lewat (repetisi beban) sebagai akibat pertumbuhan jumlah kendaraan yang cepat. Saat ini hampir di setiap negara maju dan berkembang memiliki

perusahaan pengolahan *hot mix* yang menghasilkan perkerasan dengan kualitas yang berbeda-beda. Berdasarkan banyaknya macam-macam kerusakan perkerasan yang terjadi, belakangan banyak penelitian menambahkan zat aditif, *filler*, dan penggantian agregat dengan material lain dengan tujuan untuk meningkatkan kinerja perkerasan dalam mendistribusikan beban.

Pada penelitian ini akan dilakukan penggunaan pasir kuarsa sebagai pengganti agregat halus dengan tujuan untuk meningkatkan kekerasan dan *interlocking* antaragregat dalam campuran perkerasan. Pengujian ini akan menghasilkan nilai uji Marshall, *immersion test*, dan *indirect tensile strength test*, yang kemudian akan digunakan sebagai parameter perhitungan, dengan variasi kadar pasir kuarsa yang berbeda-beda dalam persentase berat. Penelitian difokuskan pada penambahan pasir kuarsa dengan persentase yang sudah ditetapkan. Jumlah pasir kuarsa yang melimpah dan bentuk serta karakteristik pasir kuarsa itu sendiri yang kasar dan mempunyai tingkat kekerasan yang baik, diharapkan akan mempunyai kelekatan terhadap aspal yang lebih baik. Tekstur pasir kuarsa juga diharapkan meningkatkan *interlocking* antaragregat sehingga dapat mengurangi *stripping* pada lapis perkerasan. Komposisi yang digunakan dalam campuran beton aspal pada lapisan perkerasan jalan sesuai dengan kebutuhan di lapangan. Sehingga konsep dasar suatu konstruksi lapis perkerasan dapat terpenuhi, yaitu aman, nyaman, dan ekonomis.

Beton aspal adalah jenis perkerasan jalan yang terdiri atas campuran agregat ada aspal, dengan atau tanpa bahan tambahan. Material-material pembentuk beton aspal dicampur dan diinstalasi pencampur pada suhu tertentu, kemudian diangkut ke lokasi, dihamparkan, dan dipadatkan sehingga disebut beton aspal campuran panas. Campuran ini dikenal pula dengan nama *hot mix*. Karakteristik beton aspal dalam campuran harus memiliki karakteristik stabilitas, ketahanan terhadap kelelahan (*fatigue resistance*), kedap air atau impermeabilitas, kelenturan atau fleksibilitas, keawetan atau durabilitas, *workability*, dan *skid resistance* (Asphalt Institute, 1989).

Pasir kuarsa adalah salah satu mineral umum yang ditemukan di kerak kontinen bumi. Pasir kuarsa juga dikenal dengan nama pasir putih yang merupakan hasil pelapukan batuan yang mengandung mineral utama, seperti kuarsa dan *feldspar*. Hasil pelapukan kemudian tercuci dan terbawa oleh air atau angin yang terendapkan di tepi-tepi sungai, danau, atau laut.

Iriansyah (2011) menjelaskan pasir kuarsa, terutama digunakan dalam industri gelas, optik, keramik, dan abrasif. Pasir kuarsa tanpa semen dipergunakan sebagai dasar atau bahan tambahan pada pembuatan jalan tol dan *airport*, juga untuk pembuatan jalan raya, bahan bangunan, dan aspal. Cadangan pasir kuarsa terbesar terdapat di Sumatera Barat, potensi lain terdapat di Kalimantan Barat, Jawa Barat, Sumatera Selatan, Kalimantan Selatan, serta Pulau Bangka dan Belitung. Mutu pasir kuarsa yang ada di Kalimantan Selatan merupakan pasir kuarsa terbaik di Indonesia dengan kadar silika (SiO_2) berkisar antara 97,6-98,53%.

Asmuni (2010) menyatakan bahwa minerologi pasir kuarsa terdiri atas kristal-kristal silika (SiO_2) dan mengandung senyawa pengotor yang terbawa selama proses

pengendapan. Pada umumnya senyawa pengotor yang terbawa selama proses pengendapan tersebut terdiri atas oksida besi, oksida kalsium, oksida alkali, oksida magnesium, lempung, dan zat organik hasil pelapukan hasil hewan dan tumbuhan. Pada umumnya pasir kuarsa ditemukan dengan ukuran butiran yang bervariasi dalam distribusi yang melebar, mulai dari fraksi halus (0,06 mm) sampai dengan ukuran kasar (2 mm).

Tabel 1 Komposisi dan Kandungan Mineral dalam Pasir Kuarsa (Asmuni, 2010)

| Komposisi | Kandungan Mineral |
|--------------------------------|-------------------|
| SiO ₂ | 55,30-99,87% |
| Fe ₂ O ₃ | 0,01-9,14% |
| Al ₂ O ₃ | 0,01-19,00% |
| TiO ₂ | 0,01-0,49% |
| CaO | 0,01-3,24% |
| MgO | 0,01-0,26% |
| K ₂ O | 0,01-17,00% |

Tabel 2 Sifat Fisik Pasir Mineral Kuarsa (Asmuni, 2010)

| | |
|---------------------|---|
| Warna | Putih bening atau tergantung kepada senyawa pengotornya, misalnya warna kuning mengandung Fe oksida, warna merah mengandung Cu oksida |
| Kekerasan | 7 (skala Mohs) |
| Berat jenis | 2,65 |
| Titik lebur | ±17.150°C |
| Bentuk | Hexagonal kristal |
| Panas spesifik | 0,185 |
| Panas konduktivitas | 12 1000°C |

Pasir kuarsa memiliki struktur kristal heksagonal yang terbuat dari silika trigonal terkristalisasi (silikon dioksida, SiO₂), dengan skala kekerasan Mohs 7 dan densitas 2,65 g/cm³. Bentuk umum kuarsa adalah prisma segienam yang memiliki ujung piramida segienam. Cadangan pasir kuarsa Indonesia cukup besar dengan lokasi terbesar di 11 provinsi. Jumlah cadangan pasir kuarsa diperkirakan sekitar 4,55 milyar ton, dengan perincian 78,6 juta ton cadangan terukur, 12,4 juta ton terindikasi, 21,3 juta ton tereka, dan 4,4 cadangan hipotetik. Cadangan pasir kuarsa Indonesia terdapat di Provinsi Sumatera Barat, yaitu sekitar 82,5% dari seluruh cadangan yang ada di Indonesia. Berikutnya adalah Kalimantan Barat, Jawa Barat, dan Sumatera Selatan.

Permukaan pasir kuarsa yang kasar dan mempunyai tingkat kekerasan yang baik, diharapkan akan mempunyai kelekatan terhadap aspal yang lebih baik. Tekstur pasir kuarsa juga diharapkan meningkatkan *interlocking* antaragregat sehingga dapat mengurangi *stripping* pada lapis perkerasan.

Campuran panas atau *hot mix* adalah campuran merata antara agregat dan aspal sebagai bahan ikatnya dalam suhu tinggi. *Hot mix* dirancang untuk melendut dan kembali lagi ke posisi semula bersama-sama dengan tanah dasar pada saat menerima beban. Perancangan perkerasan lentur didasarkan pada teori elastis dan pegalaman lapangan. Teori elastis pada perkerasan sendiri untuk menganalisis regangan dalam setiap lapisan agar

defleksi permanen tidak terjadi. Untuk mendapatkan kemudahan pengerjaan (*workability*) dan hasil yang maksimal pada laston, agregat harus dalam kondisi kering, dan mendapatkan kecairan aspal yang cukup supaya tercampur rata. Dalam penelitian ini persyaratan dan ketentuan campuran laston AC-WC yang digunakan adalah Spesifikasi Umum Direktorat Jenderal Bina Marga Divisi 6 2010 Revisi III tahun 2014.

Rancangan campuran dibuat berdasarkan metode Marshall bertujuan untuk mengukur kuat dukung (stabilitas) campuran perkerasan terhadap kelelahan plastis (*flow*). *Flow* didefinisikan sebagai perubahan bentuk (deformasi atau regangan) suatu campuran mulai dari tanpa beban sampai dengan beban maksimum. Sifat-sifat campuran beraspal dapat dilihat dari parameter-parameter pengujian Marshall, yaitu Stabilitas Marshall, Kelelahan (*flow*), *Marshall Quotient*, VITM (*Void in the Total Mix*), VFWA (*Void Filled With Asphalt*), VMA (*Void in Mineral Aggregate*), dan Kepadatan (*density*).

Uji perendaman (*immersion test*) bertujuan untuk mengetahui perubahan karakteristik dari campuran akibat pengaruh air, suhu, dan cuaca. Pengujian ini pada prinsipnya sama dengan pengujian Marshall standar, hanya waktu perendaman saja yang membedakan. Benda uji pada *immersion test* direndam selama 24 jam pada suhu konstan 60°C sebelum pembebanan diberikan. Hasil perhitungan indeks tahanan campuran aspal (*index of retained strength*) adalah persentase nilai stabilitas campuran yang direndam selama 24 jam yang dibandingkan dengan stabilitas campuran biasa. Apabila indeks tahanan campuran lebih atau sama dengan 90% pada ketentuan Spesifikasi Umum Direktorat Jenderal Bina Marga, campuran tersebut dapat dikatakan memiliki tahanan yang cukup baik dari kerusakan akibat pengaruh air, suhu, dan cuaca.

Uji tarik tidak langsung (*indirect tensile strength test*) adalah suatu metode untuk mengetahui nilai gaya tarik dari *asphalt concrete*. Sifat uji ini adalah kegagalan gaya tarik yang berguna untuk memperkirakan tegangan maksimum yang bisa ditahan oleh sebuah beton aspal ketika diregangkan atau ditarik, sebelum bahan tersebut timbul retakan kemudian patah. Kekuatan tarik adalah kebalikan dari kekuatan tekan, dan nilainya bisa berbeda. Gaya tarik tidak langsung menggunakan benda uji yang berbentuk silindris yang mengalami pembebanan tekan dengan dua plat penekan pada satu titik yang menciptakan tegangan tarik yang tegak lurus sepanjang diameter benda uji sehingga menyebabkan pecahnya benda uji. Pengujian gaya tarik tidak langsung secara normal dilaksanakan menggunakan Marshall yang telah dimodifikasi dengan plat berbentuk cekung dengan lebar 12,5 mm pada bagian penekan Marshall. Pengukuran kekuatan tarik dihentikan apabila jarum pengukur pembebanan telah berbalik arah atau berlawanan dengan arah jarum jam.

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Teknik Transportasi Departemen Teknik Sipil dan Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta. Data merupakan salah satu komponen penelitian. Data yang diperoleh diambil dari hasil pengujian secara langsung di laboratorium, dengan cara eksperimen langsung dilakukan, baik pengukuran atau pengamatan di lokasi penelitian. Langkah yang dilakukan adalah sebagai berikut.

- 1) Melakukan pemeriksaan bahan.
- 2) Mencari Kadar Aspal Optimum.
- 3) Melakukan pengujian Marshall.
- 4) Melakukan pengujian *immersion*.
- 5) Melakukan pengujian *indirect tensile strength*.

Untuk mendapatkan perkiraan kadar pasir kuarsa optimum dalam variasi agregat halus adalah dengan membuat persentase variasi pasir kuarsa dalam agregat halus di dalam campuran beton aspal berdasarkan berat total campuran beton aspal. Berikut adalah variasi berat kadar pasir kuarsa dalam campuran beton aspal.

- 1) Variasi 1: 100% pasir dan 0% pasir kuarsa.
- 2) Variasi 2: 75% pasir dan 25% pasir kuarsa.
- 3) Variasi 3: 50% pasir dan 50% pasir kuarsa.
- 4) Variasi 4: 25% pasir dan 75% pasir kuarsa.
- 5) Variasi 5: 0% pasir dan 100% pasir kuarsa.

Perencanaan komposisi variasi benda uji dalam campuran dapat dilihat pada Tabel 3 dan Tabel 4.

Tabel 3 Variasi Kadar Pasir Kuarsa

| Kadar Aspal | Variasi Komposisi | | | | |
|-------------|-------------------|----|----|----|----|
| | V1 | V2 | V3 | V4 | V5 |
| 4,50% | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| 5% | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| 5,50% | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| 6% | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| 6,50% | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| Jumlah | 75 | | | | |

Penggunaan pasir kuarsa dalam penelitian ini adalah 135 benda uji. Dengan 75 sampel benda uji awal dan 60 sampel benda uji untuk KAO.

Tabel 4 Variasi Pengujian pada Kondisi Kadar Aspal Optimum (KAO)

| Tahap Pengujian dengan KAO | | Variasi Komposisi | | | | | Jumlah |
|--|----------|-------------------|----|----|----|----|--------|
| | | V1 | V2 | V3 | V4 | V5 | |
| <i>Marshall Immersion</i> | 30 menit | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 15 |
| | 24 jam | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 15 |
| <i>Indirect Tensile Strength</i> | 30 menit | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 15 |
| | 24 jam | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 15 |
| Jumlah Total Sampel Benda Uji pada Variasi | | | | | | | 60 |

HASIL PENELITIAN

Hasil penelitian diperoleh data primer dari hasil pengujian pada benda uji yang dilakukan di Laboratorium Transportasi, Universitas Gadjah Mada. Hasil yang diperoleh disajikan pada Tabel 5 dan Tabel 6.

Agregat kasar, agregat halus, dan *filler* yang digunakan dalam campuran AC-WC ini berasal dari Sungai Tinalah, Kabupaten Kulon Progo, Daerah Istimewa Yogyakarta. Dari hasil pengujian karakteristik agregat pada Tabel 5 dapat dilihat bahwa agregat yang digunakan memenuhi persyaratan sesuai Spesifikasi Umum Direktorat Jenderal Bina Marga Divisi 6 2010 Revisi III untuk campuran *Asphalt Concrete Wearing Course* (AC-WC).

Tabel 5 Hasil Pemeriksaan Fisik Agregat

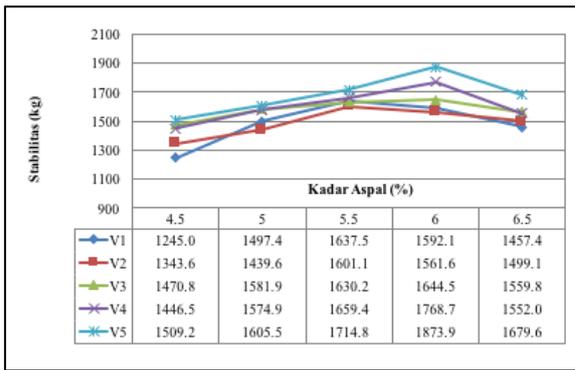
| No. | Pemeriksaan | Spesifikasi | Hasil |
|----------------------|---|-----------------------|-----------------|
| Agregat Kasar | | | |
| 1. | Kekekalan terhadap natrium sulfat (<i>soundness test</i>) | Maks. 12% | 0,83% |
| 2. | Keausan dengan mesin <i>Los Angeles</i> : Keausan pada 100 putaran Keausan pada 500 putaran | Maks. 8% Maks. 40% | 5,59% 22,97% |
| 3. | Kelekatan agregat terhadap aspal | Min. 95% | > 95% |
| 4. | Butir pecah pada agregat kasar | 95/90 ^{*)} | 99/98% |
| 5. | Partikel pipih dan lonjong | Maks. 10% | 6,74% |
| 6. | Material lolos ayakan no. 200 | Maks. 2% | 0,79% |
| 7. | Penyerapan air | Maks. 3% | 1,922% |
| 8. | Berat jenis | Min. 2,5 | 2,575 |
| Agregat Halus | | | |
| 1. | Nilai setara pasir (<i>sand equivalent</i>) | Min. 60% | 78,02% |
| 2. | Angularitas dengan uji kadar rongga | Min. 45 | 49,96% |
| 3. | Gumpalan lempung dan butir-butir mudah pecah dalam agregat | Maks. 1% | 0,663% |
| 4. | Agregat lolos ayakan no.200 | Maks. 10% | 6,77% |
| 5. | Penyerapan air | Maks. 3% | 0,941% |
| 6. | Berat jenis | Min. 2,5 | 2,727 |
| Filler | | | |
| 1. | Berat jenis semu | Min. 2,5 | 2,638 |

Tabel 6 Hasil Pemeriksaan Fisik Pasir Kuarsa

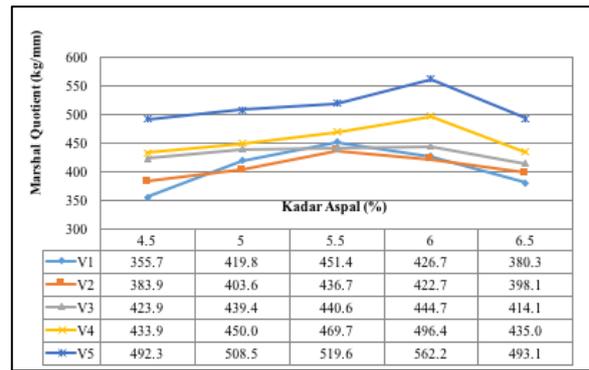
| Agregat Halus Pasir Kuarsa | Spesifikasi | Hasil |
|--|-------------|--------|
| Nilai setara pasir (<i>sand equivalent</i>) | Min. 60% | 69,81% |
| Angularitas dengan uji kadar rongga | Min. 45 | 54,61% |
| Gumpalan lempung dan butir-butir mudah pecah dalam agregat | Maks. 1% | 0,782% |
| Agregat lolos ayakan no. 200 | Maks. 10% | 8,37% |
| Penyerapan air | Maks. 3% | 1,02% |
| Berat jenis | Min. 2,5 | 2,645 |

Penentuan Kadar Aspal Optimum Campuran

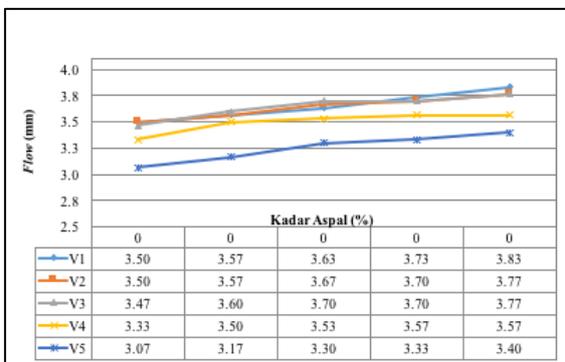
Dalam penelitian ini dibuat 5 variasi campuran pasir kuarsa sebagai tambahan. Variasi tersebut dibuat dalam variasi 1 (V1), variasi 2 (V2), variasi 3 (V3), variasi 4 (V4), variasi 5 (V5). Berdasarkan hasil diperoleh nilai grafik seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1 hingga Gambar 7.



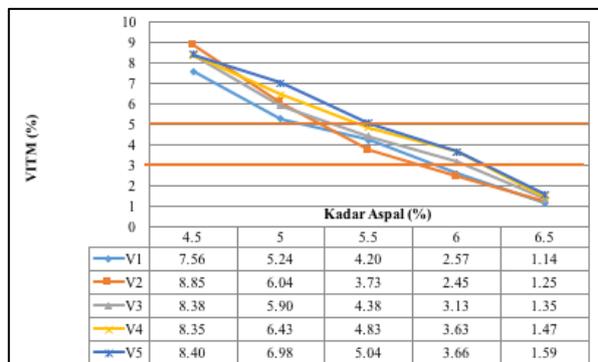
Gambar 1 Nilai Stabilitas dan Kadar Aspal Tiap Variasi



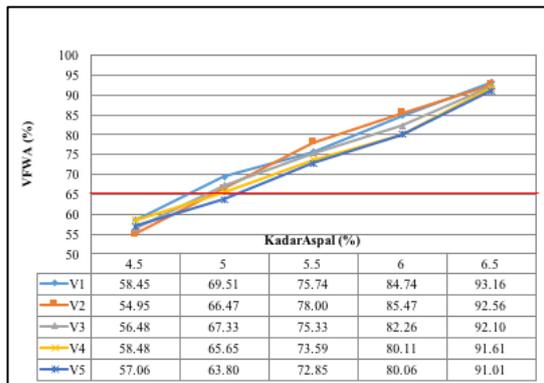
Gambar 2 Nilai MQ dan Kadar Aspal Tiap Variasi



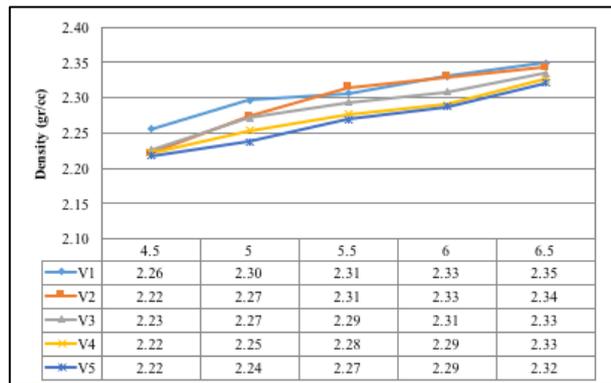
Gambar 3 Nilai Flow dan Kadar Aspal Tiap Variasi



Gambar 4 Nilai VITM dan Kadar Aspal Tiap Variasi



Gambar 5 Nilai VFWA dan Kadar Aspal Tiap Variasi

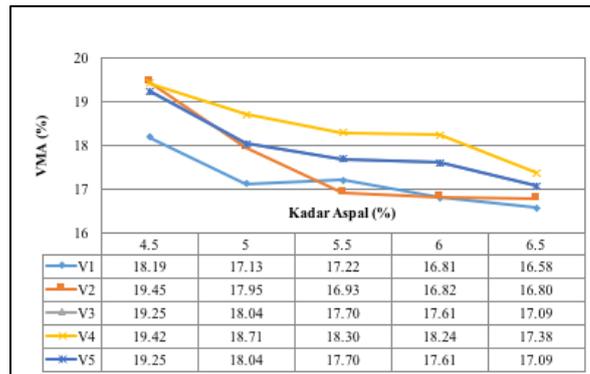


Gambar 6 Nilai VMA dan Kadar Aspal Tiap Variasi

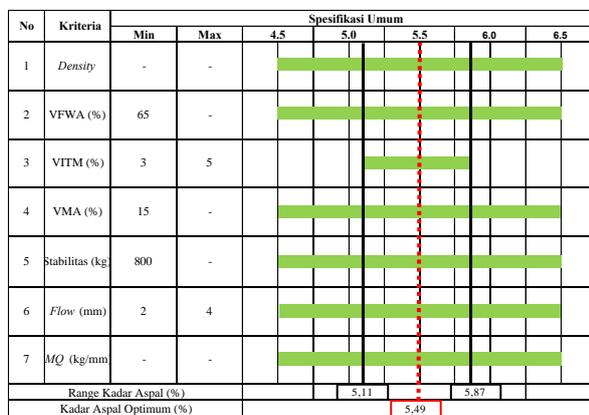
Penentuan Kadar Aspal Optimum

Dalam perancangan campuran benda uji yang akan dibuat, terlebih dahulu dihitung perkiraan awal KAO (Pb) yang akan dipakai pada setiap campuran benda uji. Dari karakteristik hasil uji Marshall benda uji dapat ditentukan KAO dengan menggunakan metode *narrow range*, yaitu dengan mengambil nilai tengah dari semua *range* kadar aspal

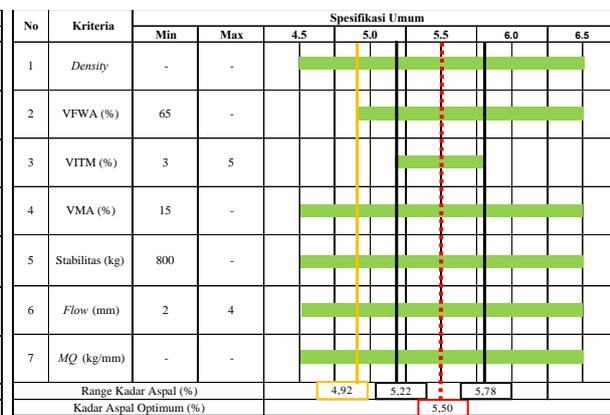
yang memenuhi persyaratan. Hasil perhitungan nilai KAO dengan metode *narrow range* bisa dilihat pada Gambar 8 hingga Gambar 12.



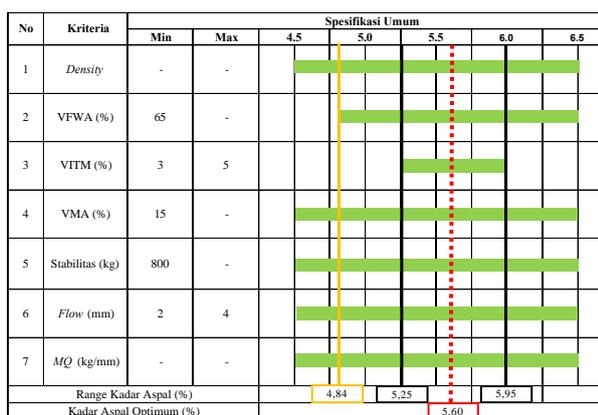
Gambar 7 Nilai VMA dan Kadar Aspal Tiap Variasi



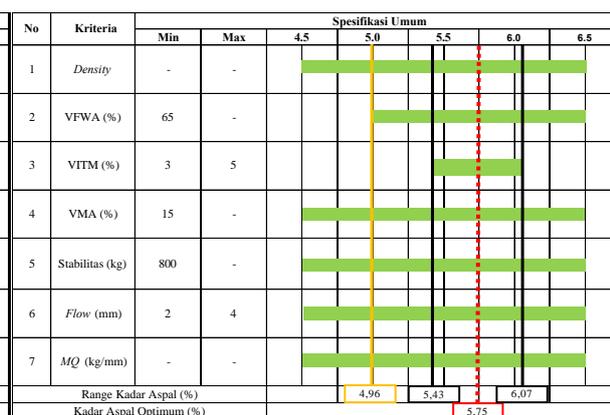
Gambar 8 Menentukan KAO dengan Metode *Narrow Range* pada V1



Gambar 9 Menentukan KAO dengan Metode *Narrow Range* pada V2



Gambar 10 Menentukan KAO dengan Metode *Narrow Range* pada V3



Gambar 11 Menentukan KAO dengan Metode *Narrow Range* pada V4

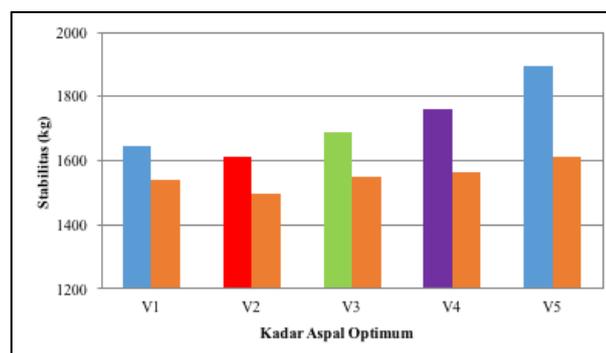
| No | Kriteria | Spesifikasi Umum | | | | | | |
|-------------------------|-----------------|------------------|-----|------|------|------|-----|------|
| | | Min | Max | 4.5 | 5.0 | 5.5 | 6.0 | 6.5 |
| 1 | Density | - | - | | | | | |
| 2 | VFWA (%) | 65 | - | | | | | |
| 3 | VITM (%) | 3 | 5 | | | | | |
| 4 | VMA (%) | 15 | - | | | | | |
| 5 | Stabilitas (kg) | 800 | - | | | | | |
| 6 | Flow (mm) | 2 | 4 | | | | | |
| 7 | MQ (kg/mm) | - | - | | | | | |
| Range Kadar Aspal (%) | | | | 5,07 | 5,52 | | | 6,24 |
| Kadar Aspal Optimum (%) | | | | | | 5,88 | | |

Gambar 12 Menentukan KAO dengan Metode *Narrow Range* pada V5

Pengujian Marshall *Immersion* Campuran

Setelah mendapatkan nilai kadar aspal optimum (KAO), maka dibuat benda uji dengan kadar aspal optimum untuk pengujian Marshall *Immersion*. Stabilitas rendaman 24 jam dimaksudkan untuk mengetahui perubahan karakteristik dari campuran akibat perubahan suhu, cuaca, dan air. Nilai stabilitas rendaman 0,5 jam dan rendaman 24 jam. Dalam Spesifikasi Umum Direktorat Jenderal Bina Marga Divisi 6 2010 Revisi III (2014) disyaratkan untuk nilai Stabilitas Marshall Sisa/*Index of Retained Strength* (IRS) minimal sebesar 90% ($\geq 90\%$). Nilai tersebut yang lebih dikenal dengan Indeks Kekuatan Sisa (IKS) didapat dengan membandingkan nilai stabilitas campuran pada rendaman 24 jam terhadap nilai stabilitas campuran pada rendaman 0,5 jam. Perendaman benda uji dilakukan dengan air suling dalam *waterbath* pada suhu 60°C.

Perendaman benda uji ditujukan untuk mengetahui besarnya pengaruh air terhadap karakteristik stabilitas campuran. Hasil pengujian Marshall *Immersion* dapat dilihat pada Gambar 13.



Gambar 13 Perbandingan Nilai Stabilitas Perendaman 30 Menit dan 24 Jam

Hasil uji pada tiap parameternya ditujukan untuk mengetahui besarnya pengaruh air terhadap karakteristik stabilitas campuran. Hasil pengujian Marshall *Immersion* dapat dilihat pada Tabel 7 dan 8.

Tabel 7 Hasil Pengujian Marshall dalam Perendaman 30 Menit

| Jenis Campuran Laston | Kadar Aspal (%) | Stabilitas (kg) | Flow (mm) | MQ (kg/mm) |
|-----------------------|-----------------|-----------------|-----------|------------|
| V1 | 5,49 | 1646,5 | 3,6 | 453,3 |
| V2 | 5,50 | 1610,2 | 3,6 | 443,4 |
| V3 | 5,60 | 1686,6 | 3,6 | 468,9 |
| V4 | 5,75 | 1761,5 | 3,5 | 508,5 |
| V5 | 5,88 | 1892,5 | 3,4 | 562,2 |

Tabel 8 Hasil Pengujian Marshall dalam Perendaman 24 Jam

| Jenis Campuran Laston | Kadar Aspal (%) | Stabilitas (kg) | Flow (mm) | MQ (kg/mm) |
|-----------------------|-----------------|-----------------|-----------|------------|
| V1 | 5,49 | 1539,1 | 3,8 | 405,0 |
| V2 | 5,50 | 1495,5 | 3,7 | 404,5 |
| V3 | 5,60 | 1551,5 | 3,7 | 415,8 |
| V4 | 5,75 | 1565,6 | 3,7 | 427,0 |
| V5 | 5,88 | 1609,4 | 3,7 | 439,4 |

Dari hasil uji *Immersion* dapat dilihat adanya penurunan nilai stabilitas akibat perendaman yang lebih lama. Hal ini terjadi dikarenakan semakin banyaknya rongga dan pori-pori sehingga akan menurunkan durabilitas campuran beton aspal, karena rongga dalam campuran yang besar akan menyebabkan campuran kurang kedap air dan udara, sehingga berakibat meningkatnya proses oksidasi aspal yang mempercepat proses penuaan pada proses uji perendaman.

Stabilitas Marshall dan *Index of Retained Strength*

Dari hasil pengujian KAO dapat dilihat bahwa semakin lama perendaman maka nilai stabilitas Marshall campuran beton aspal semakin berkurang. Nilai stabilitas Marshall paling rendah diperoleh dari benda uji dengan perendaman pada campuran V1 dan penurunan paling tinggi ditunjukkan pada campuran V5. Penurunan nilai stabilitas pada campuran V1, V2, V3, V4, dan V5 sebesar 107,4 kg, 114,7 kg, 135,1 kg, 195,8 kg, dan 283,1 kg. Kriteria minimum untuk nilai *index of retained strength* dalam Spesifikasi Umum Direktorat Jenderal Bina Marga Divisi 6 2010 Revisi III (2014) disyaratkan untuk nilai Stabilitas Marshall Sisa/*Index of Retained Strength* (IRS) minimal sebesar 90% ($\geq 90\%$). Nilai IRS pada benda uji ditunjukkan pada Tabel 9.

Tabel 9 *Index of Retained Strength*

| Jenis Campuran | KAO (%) | Stabilitas (kg) | | <i>Index of Retained Strength</i> (%) | Keterangan |
|----------------|---------|-----------------|--------|---------------------------------------|----------------|
| | | 0,5 jam | 24 jam | | |
| V1 | 5,49 | 1646,5 | 1539,1 | 93,5 | Memenuhi |
| V2 | 5,50 | 1610,2 | 1495,5 | 92,9 | Memenuhi |
| V3 | 5,60 | 1686,6 | 1551,5 | 92,0 | Memenuhi |
| V4 | 5,75 | 1761,5 | 1565,6 | 88,9 | Tidak Memenuhi |
| V5 | 5,88 | 1892,5 | 1609,4 | 85,0 | Tidak Memenuhi |

Pada perbandingan nilai *index of retained strength* dalam uji *Immersion* penelitian ini hanya V1, V2, dan V3 yang masuk dalam spesifikasi. Pada campuran V4 dan V5 tidak masuk dalam Spesifikasi Umum Bina Marga tahun 2010 Revisi III.

Uji Tarik Tidak Langsung Secara *Un-Condition* dan *Condition*

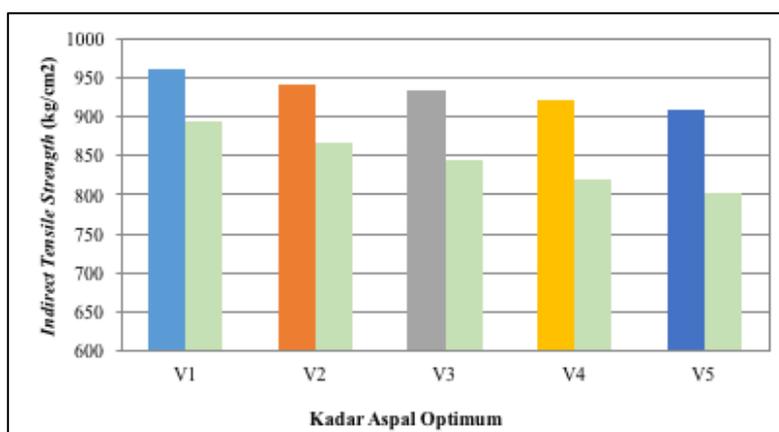
Dalam pengujian kuat tarik tidak langsung benda uji dibagi menjadi dua perlakuan yang berbeda, yaitu benda uji yang dikondisikan (*conditioned*) dan benda uji yang tidak dikondisikan (*unconditioned*). Terlihat bahwa pada perendaman air secara menerus diperoleh nilai IRS secara berurutan sebesar 93,2%, 92,1%, 90,5%, 88,9%, dan 88,2% yang berarti masih memenuhi persyaratan dalam Spesifikasi Umum Direktorat Jenderal Bina Marga, yaitu minimal 80%. Nilai IRS yang kurang dari 80% mengindikasikan bahwa campuran beton aspal sudah kehilangan sifat daya tahan lama sehingga rentan terhadap kerusakan. Pengaruh infiltrasi air terhadap campuran beton aspal yang terendam secara menerus menurunkan kohesi aspal sehingga menyebabkan kuat tarik campuran beton aspal menjadi berkurang. Besarnya nilai *Index of Tensile Strength Ratio* pada setiap variasi campuran bisa dilihat pada Tabel 12.

Tabel 10 ITS *Un-Condition*

| Jenis Campuran (%) | KAO (%) | Beban Puncak (kg) | Diameter (mm) | Tebal (mm) | <i>Indirect Tensile Strength</i> |
|--------------------|---------|-------------------|---------------|------------|----------------------------------|
| V1 | 5,49 | 1020,8 | 101,0 | 67,1 | 959,6 |
| V2 | 5,50 | 1001,4 | 101,0 | 67,1 | 941,3 |
| V3 | 5,60 | 1003,7 | 101,0 | 67,9 | 932,4 |
| V4 | 5,75 | 996,7 | 101,0 | 68,2 | 921,6 |
| V5 | 5,88 | 980,5 | 101,0 | 68,1 | 908,5 |

Tabel 11 ITS *Condition*

| Jenis Campuran (%) | KAO (%) | Beban Puncak (kg) | Diameter (mm) | Tebal (mm) | <i>Indirect Tensile Strength</i> |
|--------------------|---------|-------------------|---------------|------------|----------------------------------|
| V1 | 5,49 | 953,4 | 101,0 | 67,2 | 894,8 |
| V2 | 5,50 | 927,7 | 101,0 | 67,5 | 866,7 |
| V3 | 5,60 | 902,3 | 101,0 | 67,5 | 843,3 |
| V4 | 5,75 | 881,6 | 101,0 | 67,9 | 819,1 |
| V5 | 5,88 | 856,9 | 101,0 | 67,5 | 801,0 |



Gambar 14 Perbandingan Nilai ITS pada *Condition* dan *Un-Condition*

Tabel 12 Perbandingan Nilai *Index of Retained Strength* (IRS) pada *Index of Retained Strength* (ITS)

| Jenis Campuran | KAO (%) | Stabilitas (kg) | | <i>Index of Tensile Strength Ratio</i> (%) |
|----------------|---------|-----------------|------------------|--|
| | | ITS | ITS <i>Condt</i> | |
| V1 | 5,49 | 959,6 | 894,8 | 93,2 |
| V2 | 5,50 | 941,3 | 866,7 | 92,1 |
| V3 | 5,60 | 932,4 | 843,3 | 90,4 |
| V4 | 5,75 | 921,6 | 819,1 | 88,9 |
| V5 | 5,88 | 908,5 | 801,0 | 88,2 |

Dalam hasil uji *index of retained strength* pada *Indirect Tensile Strength* ini menunjukkan bahwa kadar pasir kuarsa yang semakin banyak akan membuat kuat tarik semakin menurun dan lebih sensitif terhadap perendaman air dan suhu. Hal ini disebabkan oleh semakin kecilnya nilai VFWA, serta nilai VITM yang tinggi menyebabkan semakin bertambahnya kebutuhan kadar aspal dalam variasi tersebut. Semakin banyak kadar pasir kuarsa maka akan semakin banyak kebutuhan kadar aspalnya. Pada campuran variasi laston menggunakan tambahan pasir kuarsa lebih banyak akan memiliki rongga lebih banyak air yang merusak campuran, sehingga oksidasi terhadap lapisan mudah terjadi dan lapis perkerasan menjadi lebih kaku atau getas sehingga mudah mengalami deformasi.

Rangkuman Pembahasan

Pengaruh penggunaan pasir kuarsa sebagai variasi pengganti agregat halus pada campuran laston AC-WC adalah semakin banyak kadar pasir kuarsa dalam campuran, maka:

- 1) semakin tinggi nilai stabilitas;
- 2) semakin rendah nilai *flow*;
- 3) semakin tinggi nilai MQ;
- 4) semakin tinggi nilai VITM;
- 5) semakin rendah nilai VFWA;
- 6) semakin tinggi nilai VMA; dan
- 7) semakin tinggi nilai *density*.

Dari hasil penelitian yang dilakukan, diketahui bahwa penggunaan pasir kuarsa dalam variasi pengganti agregat halus mempunyai pengaruh yang cukup signifikan dari tiap variasi ke variasi. Dapat dilihat dalam uji perendaman 24 jam, variasi 4 dan 5 tidak memenuhi persyaratan Spesifikasi Umum Direktorat Jenderal Bina Marga Divisi 6 2010 Revisi III, hanya variasi 2 dan variasi 3 yang masuk. Namun V4 dan V5 tetap dapat digunakan karena nilai stabilitasnya lebih besar daripada 800 kg. Pada variasi 4 dan variasi 5, aspal lebih sulit mengikat agregat dan *filler* karena rongga pada variasi tersebut semakin banyak, sehingga mengurangi *interlocking* antaragregat dan menurunkan adhesi dan kohesi antaragregat. Karakteristik pasir kuarsa ini juga membuat nilai penurunan pada uji perendaman 24 jam lebih besar. Dari hasil uji agregat halus tersebut dapat menyebabkan banyaknya penyerapan kadar aspal yang dibutuhkan dalam variasi yang mempunyai kadar

pasir kuarsa lebih banyak dan dapat menyebabkan variasi campuran tersebut menjadi lebih kaku atau getas.

Tujuh sifat karakteristik campuran laston AC-WC yang harus dimiliki adalah stabilitas, durabilitas, kelenturan, ketahanan *fatigue*, kekesatan permukaan, kedap air, dan *workability*. Ketujuh sifat laston ini tidak mungkin semuanya terpenuhi sekaligus dalam satu jenis atau satu variasi campuran. Setiap jenis variasi campuran laston akan mempunyai karakteristik tersendiri. Pada variasi 3 mempunyai nilai stabilitas lebih tinggi dengan nilai *flow* lebih rendah, maka cocok untuk lalu lintas dengan beban berat dan repetisi kendaraan lebih sedikit. Pada variasi 1 mempunyai nilai stabilitas lebih rendah dengan nilai *flow* lebih tinggi, maka cocok untuk lalu lintas dengan beban sedang dan repetisi kendaraan lebih banyak. Perlunya perhatian lebih dalam pada jenis kendaraan, beban kendaraan, temperatur lokasi, dan banyaknya volume kendaraan pada penggunaan pasir kuarsa pada lapisan laston AC-WC perlu diperhatikan agar tujuan dari ketujuh karakteristik pada laston AC-WC dapat terpenuhi.

KESIMPULAN

Dari hasil penelitian tentang pengaruh variasi kadar pasir kuarsa sebagai pengganti agregat halus terhadap perendaman air secara menerus dan berkala terhadap durabilitas campuran AC-WC, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

- 1) Campuran yang menggunakan agregat halus pasir kuarsa serta *filler* yang bersumber dari Sungai Tinalah, Kabupaten Kulon Progo, Daerah Istimewa Yogyakarta memenuhi syarat untuk digunakan pada campuran AC-WC sesuai Spesifikasi Umum Direktorat Jenderal Bina Marga Divisi 6 2010 Revisi III (2014).
- 2) Dari hasil perancangan campuran dengan menggunakan *Mix Design* Metode Marshall dan penentuan kadar aspal optimum memakai metode *Narrow Range* diperoleh hasil nilai kadar aspal optimum secara berturut-turut V1, V2, V3, V4, dan V5 sebesar 5,5%, 5,5%, 5,6%, 5,75%, dan 5,9%.
- 3) Berdasarkan pengujian Marshall dan uji perendaman menerus (*Immersion test*) diperoleh penurunan nilai stabilitas secara berturut-turut V1, V2, V3, V4, dan V5 sebesar 107 kg, 115 kg, 135 kg, 196 kg, dan 283 kg. Indeks Kekuatan Sisa (IKS) secara berturut-turut V1, V2, V3, V4, dan V5 sebesar 93,5%, 92,9%, 92%, 88,9%, dan 85,0%. Nilai IKS yang memenuhi ketentuan Spesifikasi Umum Bina Marga tahun 2010 Revisi III (2014), yaitu $\geq 90\%$ adalah V1, V2, dan V3. Namun, pada V4 dan V5 tetap dapat digunakan karena nilai stabilitasnya di atas 800 kg.
- 4) Berdasarkan pengujian kuat tarik tidak langsung (ITS) *condition* dan *un-condition* diperoleh nilai *Tensile Strength Ratio* (TSR) secara berturut-turut V1, V2, V3, V4, dan V5 sebesar 93,2%, 92,1%, 90,5%, 88,9%, dan 88,2% yang berarti masih memenuhi persyaratan dalam Spesifikasi Umum Direktorat Jenderal Bina Marga Divisi 6 2010 Revisi III (2014), yaitu minimal 80%.

DAFTAR PUSTAKA

- Asmuni. 2010. *Karakterisasi Pasir Kuarsa (SiO_2) dengan Metode XRD*. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Sumatra Utara. Medan.
- Asphalt Institute. 1989. *Construction of Hot Mix Asphalt Pavements, Manual Series No. 22 (MS-22)*. Lexington, KY.
- Direktorat Jenderal Bina Marga. 2014. *Petunjuk Pelaksanaan Lapis Aspal Beton (LASTON), Spesifikasi Umum Bina Marga 2010 Revisi III*. Jakarta: Kementerian Pekerjaan Umum.
- Iriansyah. 2011. *Kajian Aplikasi Pasir Kuarsa sebagai Campuran Lapis Fondasi Pasir (AC-BC) Aspal Emulsi*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Jalan dan Jembatan. Bandung.