

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia adalah negara dengan dua iklim yaitu penghujan dan kemarau. Kedua iklim tersebut memberikan masalah yang begitu kompleks bagi perkerasan jalan yang ada. Disaat musim penghujan, curah hujan sangat tinggi hingga banjir terjadi dimana-mana mengakibatkan kerusakan pada jalan.

Pertumbuhan jumlah kendaraan berdasarkan data dari Badan Pusat Statistik (BPS) semakin meningkat tahun ke tahun. Pada tahun 2012, jumlah kendaraan tercatat dari BPS sejumlah 94.373.324 kendaraan, dan pada tahun 2013 jumlah kendaraan yang tercatat sebanyak 104.118.969 kendaraan. Dalam kurun satu tahun pertumbuhan kendaraan naik 10 % atau sekitar 10 juta kendaraan dari tahun sebelumnya. (BPS, 2014). Pertumbuhan jumlah kendaraan merupakan factor utama dalam kerusakan pada jalan.

Dalam industri konstruksi jalan raya, aspal merupakan material utama yang digunakan sebagai bahan pengikat agregat dalam campuran perkerasan jalan. Namun, aspal konvensional memiliki keterbatasan dalam menghadapi perubahan suhu ekstrem, beban lalu lintas berat, serta daya tahan terhadap retak dan deformasi permanen. Oleh karena itu, diperlukan inovasi dalam modifikasi aspal guna meningkatkan performa dan ketahanannya terhadap berbagai kondisi lingkungan dan beban lalu lintas.

Crumb rubber merupakan hasil dari daur ulang ban bekas yang dihancurkan menjadi partikel kecil untuk digunakan dalam berbagai aplikasi, salah satunya

sebagai bahan modifikasi aspal. Ban kendaraan terdiri dari berbagai senyawa kimia yang dirancang untuk memberikan ketahanan, elastisitas, dan daya tahan terhadap kondisi lingkungan ekstrem. Oleh karena itu, crumb rubber yang berasal dari ban bekas juga mengandung senyawa-senyawa kimia yang mempengaruhi sifat mekanis dan kimiawi dari material yang dicampurkannya, termasuk aspal.

Komposisi utama crumb rubber meliputi karet alami (*natural rubber*) dan karet sintetis, yang diperkuat dengan berbagai bahan tambahan seperti karbon hitam (*carbon black*), minyak pengisi, antioksidan, dan zat pengikat lainnya. Senyawa-senyawa ini berperan dalam meningkatkan daya tahan crumb rubber terhadap penuaan, oksidasi, serta paparan suhu tinggi dan bahan kimia.

Dengan latar belakang ini, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis penggunaan crumb rubber dalam campuran aspal untuk memperbaiki karakteristik aspal pada jalan raya. Hasil dari analisis ini diharapkan dapat memberikan wawasan yang berharga mengenai keuntungan dan tantangan dari penerapan crumb rubber, serta kontribusinya terhadap peningkatan kualitas dan keberlanjutan infrastruktur jalan.

1.2 Identifikasi

1. Apa pengaruh penambahan crumb rubber terhadap sifat fisik dan mekanis campuran pada aspal
2. Apa pengaruh nya penambahan crumb rubber terhadap sifat stabilisasi campuran aspal
3. Bagaimana performa aspal modifikasi crumb rubber pada jalan raya jika dibandingkan dengan aspal konvensional

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Penelitian ini dibatasi pada analisis pengaruh penambahan crumb rubber terhadap campuran aspal, khususnya dalam hal perubahan sifat fisik dan mekanis seperti tegangan dan regangan yang terjadi akibat modifikasi dengan crumb rubber.
2. Penelitian ini dibatasi pada analisis pengaruh penambahan crumb rubber terhadap sifat stabilisasi campuran aspal

1.4 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah dari penelitian ini adalah :

1. Bagaimana pengaruh penambahan crumb rubber terhadap sifat fisik dan mekanis campuran aspal ACWC?
2. Bagaimana pengaruh penambahan crumb rubber terhadap sifat stabilisasi campuran aspal ACWC?

1.5 Tujuan Penelitian

1. Menganalisis pengaruh penambahan crumb rubber terhadap sifat mekanis campuran aspal.
2. Mengevaluasi pengaruh penambahan crumb rubber terhadap sifat karakteristik marshall.

1.6 Manfaat Penelitian

1. **Mengurangi Dampak Lingkungan:** Dengan menggunakan crumb rubber dari ban bekas, penelitian ini mendukung daur ulang bahan dan pengurangan limbah ban bekas yang biasanya sulit untuk didaur ulang.

2. **Mendorong Inovasi dalam Konstruksi Jalan:** Penelitian ini dapat mendorong inovasi dalam teknologi konstruksi jalan raya dengan memanfaatkan limbah sebagai bahan baku yang bernilai tambah.

1.7 Sistematika Penulisan

Secara umum tulisan ini terbagi dalam lima bab yaitu: Pendahuluan, Tinjauan Pustaka, Metode Penelitian, Hasil Penelitian dan Pembahasan dan diakhiri oleh Kesimpulan dan Saran adapun sebagai berikut:

1. BAB I Pendahuluan, Berisikan tentang Latar Belakang, Rumusan masalah, Batasan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian dan sistematika penelitian.
2. BAB II Tinjauan pustaka, Berisikan penguraian penelitian terdahulu untuk dijadikan acuan melaksanakan penelitian secara literatur yang berhubungan dengan topik yang di ambil.
3. BAB III Metode Penelitian, Pada bab ini mencakup metode penelitian, sumber data, Teknik pengumpulan data, Lokasi Penelitian dan prosedur penelitian.
4. BAB IV Hasil Penelitian Dan Pembahasan, Bab ini membahas tentang hasil penelitian dan menganalisis data yang diperoleh dari penelitian.
5. BAB V Kesimpulan dan Saran, Berisikan kesimpulan dan saran dari penelitian yang telah dilakukan.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terdahulu

Berdasarkan penelitian sebelumnya menunjukkan bawah ada hubungan antara penelitian ini dan penelitian sebelumnya yaitu:

1. Penelitian yang dilakukan oleh Denny Azhari, (2018) dengan judul “*Analisis Pengaruh Penggunaan Crumb Rubber Sebagai Bahan Penambah Aspal Dengan Filler Abu Cangkang Sawit Untuk Campuran Asphalt Concrete-Binder Course (AC-BC)*”. Meneliti tentang Pengaruh Penggunaan Crumb Rubber Sebagai Bahan Penambah Campuran Asphalt Concrete-Binder Course yang digunakan sebagai campuran aspal. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui tingkat elastisitas, KAO+crumb rubber 3% dan 4%+filer 2% sebagai berikut: bulk density (2.306, 2.310), stability (891.26, 808,67), air voids (3.65, 3.47), voids filleds (76.35, 77.73), VMA (15.41, 15.25), flow (2.98, 3.32). Setelah disimpulkan penggunaan KAO+crumb rubber 3% dan 4%+filler 2% lebih efisien digunakan karena memiliki tingkat elastisitas tinggi, mampu menahan air, dan memanfaatkan limbah ban bekas. (Denny Azhari, 2018).
2. Penelitian yang dilakukan oleh Sri Mulyani. (2018) dengan judul “*Kajian Penambahan pada Aspal Modifikasi Crumb Rubber serta Kinerjanya pada Campuran Beraspal Panas*”. Percobaan pembuatan aspal yang dimodifikasi 15% crumb rubber terhadap total campuran, kondisi optimum pencampuran aspal dengan crumb rubber untuk skala laboratorium dengan kecepatan

pengadukan 6000 rpm didapatkan pada temperatur 140oC diaduk selama 60 menit. Percobaan tersebut menghasilkan aspal modifikasi dengan penetrasi yang cukup rendah yaitu 42,2 dmm dan titik lembek 57°C .Pada penelitian tersebut dapat disimpulkan bahwa jika crumb rubber digunakan sebagai bahan modifier aspal dengan cara wet process yaitu mencampurkan aspal keras pen 60/70 dengan crumb rubber dengan komposisi tertentu hasilnya tidak homogen sehingga kemungkinan besar penggunaannya untuk skala lapangan harus langsung, tidak bisa disimpan terlebih dahulu (storage). Hal ini disebabkan oleh hilangnya sebagian senyawa aromatik ringan aspal akibat diserap oleh partikel crumb rubber selama proses berlangsung. Maka dilakukan studi lebih lanjut untuk mendapatkan aspal dengan crumb rubber yang homogen secara wet process salah satu upayanya adalah menambahkan aditif yang berfungsi untuk menggantikan senyawa aromatik ringan tersebut. Salah satu indikator aspal modifikasi homogen bisa diuji dengan parameter stabilitas penyimpanan: perbedaan titik lembek (°C) nilainya tidak boleh lebih besar dari 2°C. (Sri Mulyani, 2018)

3. Penelitian yang dilakukan oleh Bahruddin. (2019) dengan judul "*Pembuatan Aspal Polimer Berbasis Karet Crumb Rubber Tanpa Pengaruh Mastikasi*" Meneliti tentang sifat aspal Penambahan lelehan Crumb Rubber dapat mengubah reologi aspal konvensional menjadi lebih baik dalam segi daya tahan terhadap beban dan perubahan suhu. Aspal dengan penambahan CR paling optimum pada kadar 10%. Tetapi kondisi tersebut dapat dioptimalkan kembali dengan penambahan proses mastikasi pada karet .

Hasil spektra FTIR pada karet menunjukkan tidak terjadi perubahan struktur kimia melainkan hanya perubahan sifat fisik karet selama proses mastikasi dan penambahan aditif aspal. Perubahan fisik yang terjadi hanya membuat karet menjadi lebih lunak dan mudah meleleh. Penambahan 1% aspal sebagai aditif (CRMA) dapat berperan sebagai agen plasticizer sehingga pelunakan karet menjadi lebih cepat. Aspal dengan penambahan 10% CRM memiliki kondisi paling optimum dengan nilai penetrasi 58,5 dmm, titik lembek 59,1°C, tidak terjadi kehilangan berat selama TFOT dan stabilitas Marshall mencapai 1710 kg. Setelah disimpulkan sifat aspal jika Penambahan CR dalam aspal diharapkan dapat meningkatkan ketahanan terhadap beban, resistensi terhadap rutting dan waktu aging sehingga masa pakai aspal semakin lama. (Bahruddin. 2019)

4. Penelitian yang dilakukan oleh Muhammad Amin. (2024) dengan judul *“Penambahan Limbah Ban Karet Sebagai Campuran Aspal Modifikasi Pada Lapis Asphalt Concrete Wearing Course (AC-WC)”* Meneliti tentang menambahkan karet bekas bisa mempengaruhi nilai Karakteristik Aspal dan juga nilai Karakteristik *Marshall*. Penambahan ban karet bekas pada aspal pen 60/70 dapat menaikkan titik lembek aspal. Meski demikian, penambahan ban karet bekas pada aspal Pen 60/70 dapat menurunkan nilai penetrasi aspal. Variasi persentase penambahan crumb rubber terbaik ialah 6% dan kadar aspal 6% dengan nilai VIM sebesar 10,48%, nilai VMA sebesar 21,80%, nilai VFA sebesar 52,02%, stabilitas sebesar 2459,47 kg, flow sebesar 3,42 mm, dan MQ sebesar 726,68. Penambahan limbah ban karet sebagai

bahan aditif campuran aspal modifikasi pada lapis AC-WC memenuhi syarat Bina Marga 2018 di beberapa parameter yaitu VMA, stabilitas, *flow*, dan MQ serta tidak memenuhi standar Bina Marga 2018 pada parameter VIM, dan VFA.(Muhammad Amin.2024)

2.2 Landasan Teori

Konstruksi jalan di Indonesia sebagian besar merupakan konstruksi lapisan perkerasan lentur, di mana aspal berfungsi sebagai bahan yang pengikat agregat sehingga kualitas aspalnya sangat menentukan keawetan dari suatu perkerasan lentur. Aspal yang berasal dari residu minyak bumi makin hari semakin menipis persediaan dengan harga cenderung terus naik, sehingga dibutuhkan bahan lain yang dapat meningkatkan kualitas aspal dan perkerasan lentur. Salah satunya ialah penggunaan bahan karet bekas untuk mengurangi penggunaan aspal untuk menggantikan batu sebagai agregat pada campuran panas aspal beton itu sendiri.

Untuk menunjang fungsinya sebagai konstruksi jalan maka perkerasan jalan raya dibuat berlapis - lapis agar mempunyai daya dukung dan keawetan yang memadai. Lapis perkerasan lentur itu terdiri dari beberapa lapisan yaitu :

- Lapis Permukaan (surface course)

Lapisan Permukaan adalah lapisan paling atas jalan atau lapisan aus (Wearing Course) yang berfungsi untuk menahan beban roda kendaraan dan melindungi badan jalan dari kerusakan akibat cuaca yang buruk.

- Lapis Pondasi (Base Course)

Lapisan Pondasi adalah lapisan yang terletak diantara lapis paling atas dan lapisan pondasi bawah atau dengan tanah dasar bila tidak menggunakan

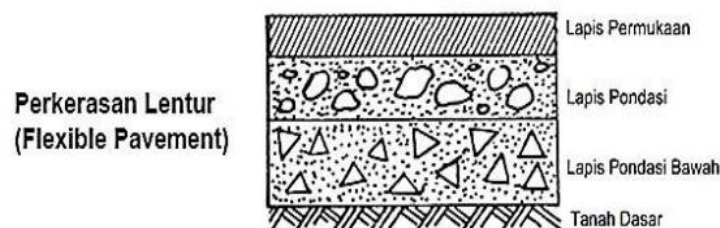
lapis pondasi bawah. Lapisan pondasi berfungsi Sebagai bagian perkerasan yang menahan beban roda kendaraan dan Sebagai perletakan terhadap lapis permukaan.

- Lapisan Pondasi Bawah (Subbase Course)

Lapis Pondasi Bawah adalah bagian perkerasan yang terletak antara lapis pondasi dan tanah dasar. Fungsi lapis pondasi bawah sebagai bagian dari konstruksi perkerasan untuk mendukung dan menyebarkan beban roda kendaraan, Untuk mencegah tanah dasar masuk ke dalam lapis pondasi.

- Tanah Dasar (Sub Grade)

Tanah Dasar adalah permukaan tanah yang di padatkan dengan kedalaman tertentu umum nya berfungsi sebagai permukaan galian atau permukaan timbunan, yang dipadatkan dan merupakan permukaan dasar untuk 6 perletakan bagian-bagian perkerasan lainnya. Kekuatan dan keawetan konstruksi perkerasan jalan sangat tergantung dari sifat- sifat dan daya dukung tanah dasar. Semakin bagus kualitas tanah dasar maka semakin bagus daya dukung tanah terhadap beban roda kendaraan. Semua lapis perkerasan tersebut memiliki spesifikasi tersendiri untuk menunjang fungsinya masing-masing sebagai lapis perkerasan jalan (Suprpto,2004).



Gambar 2.1 Susunan Perkerasan Lentur Jalan Raya
Sumber : (Suprpto, 2004)

2.3 Aspal dan Karakteristiknya

Aspal adalah bahan pengikat yang diperoleh dari pengolahan minyak bumi yang digunakan untuk membangun perkerasan jalan. Sifat utama aspal adalah viskoelastis, yang berarti bahwa aspal dapat berperilaku seperti bahan padat dan cair tergantung pada suhu dan kondisi beban. Namun, aspal murni memiliki beberapa kelemahan, seperti ketahanan terhadap suhu ekstrem yang rendah, elastisitas yang kurang memadai, serta kepekaan terhadap beban lalu lintas yang berlebihan.

Untuk memperbaiki sifat aspal, berbagai bahan aditif atau modifikasi sering ditambahkan. Tujuannya adalah meningkatkan karakteristik fungsional aspal, seperti meningkatkan daya tahan terhadap deformasi, memperbaiki sifat reologi, dan meningkatkan ketahanan terhadap retak. Salah satu bahan yang kini semakin banyak diteliti dan digunakan adalah crumb rubber, yang berasal dari daur ulang ban bekas.

2.3.1 Kandungan Aspal

Aspal merupakan unsur hidrokarbon yang sangat kompleks, sangat sukar untuk memisahkan molekul-molekul yang membentuk aspal tersebut. Disamping itu setiap sumber dari minyak bumi menghasilkan komposisi molekul yang berbeda. Komposisi aspal terdiri dari *asphaltenes* dan *metanes*.

1. *Asphaltenes* adalah unsur kimia aspal yang padat, yang tidak larut dalam heptane. *Asphaltenes* berwarna coklat sampai hitam yang mengandung karbon dan hydrogen
2. *Maltenes* larut dalam *heptane*, merupakan cairan kental yang terdiri dari resin dan oils. Resin merupakan cairan kental yang berwarna kuning atau coklat tua yang memberikan sifat adhesi dari aspal yang merupakan bagian yang mudah hilang atau berkurang selama masa pelayanan jalan atau berkurang selama masa pelayanan jalan (Sukirman, 1999).

2.3.2 Jenis Aspal

Secara umum aspal dibagi menjadi dua kelompok yaitu aspal alam dan aspal buatan.

- **Aspal Alam**

Aspal Alam ada yang diperoleh di gunung-gunung seperti aspal di buton, dan ada pula yang diperoleh dari pulau Trinidad berupa aspal danau. Aspal alam terbesar terdapat Trinidad. Indonesia memiliki aspal alam yaitu di pulau Buton, yang terkenal dengan nama Asbuton (*Aspal pulau Buton*). Penggunaan asbuton sebagai salah satu material perkerasan jalan telah dimulai sejak tahun 1920, walaupun masih bersifat konvensional. Asbuton merupakan batu yang mengandung aspal. Asbuton merupakan material yang ditemukan begitu saja di alam, maka kadar bitumen yang dikandung sangat bervariasi dari tinggi sampai rendah.

- **Aspal Buatan**

Aspal buatan adalah aspal yang dihasilkan dari hasil akhir penyaringan minyak tanah kasar(crude oil), sehingga bagian terberat dari minyak tanah kasar dan kental. Oleh karena itu supaya untukmendapat aspal dengan mutu baik dipilih baku minyak bumi dengan kadar parafin rendah. Berdasarkan nilai penetrasi atau kekerasan aspal, AASHTO terbagi aspal menjadi lima kelompok jenis aspal, yaitu aspal 40-50, aspal 60-70, aspal 85-100, aspal 120-150, dan aspal 200-300. Yang dimaksud oleh angka kekerasan adalah berapa dalam masuknya jarum penetrasi kedalam contoh aspal. Penelitian ini menggunakan aspal yang pertama penetrasi 60/70 yang merupakan aspal minyak karena tingkat penetrasi ini dianggap sudah cocok dengan iklim di Indonesia, hal ini dikarenakan di Indonesia merupakan daerah dengan iklim tropis dimana memiliki suhu yang lebih besar dari 240C. Aspal penetrasi 60/70 diperkirakan memiliki kemampuan untuk menghindari terjadinya pelunak pada temperature tinggi saat musim kemarau tiba.

2.3.3 Sifat Aspal

Aspal pada konstruksi perkerasan jalan berfungsi sebagai:

- Bahan pengikat, memberikan ikatan yang kuat antara agregat dan aspal antara aspal itu sendiri.
- Bahan pengisi, mengisi rongga antara butir-butir agregat dan poripori yang ada agregat itu sendiri.

Berdasarkan uraian tersebut diatas aspal seharusnya mempunyai daya tahan (tidak cepat rapuh) terhadap cuaca, mempunyai kohesi dan adhesi serta sifat elastic yang baik.

Berikut adalah beberapa sifat-sifat aspal yang penting:

- Viskositas: Aspal memiliki viskositas yang bervariasi tergantung pada suhu. Pada suhu tinggi, aspal menjadi lebih cair, sedangkan pada suhu rendah, ia mengental. Ini mempengaruhi cara aplikasi aspal dalam pembangunan.
- Daya rekat: Aspal memiliki daya rekat yang baik, memungkinkan material seperti agregat dan permukaan lainnya terikat dengan kuat. Ini penting untuk kestabilan dan durabilitas permukaan jalan.
- Ketahanan terhadap cuaca: Aspal memiliki ketahanan terhadap berbagai kondisi cuaca, termasuk panas, dingin, dan hujan. Namun, sifat ini bisa dipengaruhi oleh formulasi dan aditif yang digunakan.
- Kekuatan: Aspal memiliki kekuatan yang baik dalam menahan beban. Namun, kekuatan ini juga dipengaruhi oleh jenis agregat yang digunakan dan proporsi campuran.
- Elastisitas: Aspal bersifat elastis, yang memungkinkan ia untuk menyerap deformasi akibat beban lalu lintas dan perubahan suhu tanpa retak.

- Ketahanan terhadap bahan kimia: Aspal cukup tahan terhadap bahan kimia tertentu, meskipun beberapa senyawa seperti pelarut organik dapat mempengaruhi integritasnya.
- Daya tahan: Aspal yang baik dirancang untuk tahan lama dan dapat bertahan dalam jangka waktu yang lama, meskipun faktor eksternal seperti volume lalu lintas dan iklim dapat mempengaruhi daya tahannya.
- Penyerapan air: Aspal umumnya memiliki sifat hidrofobik, artinya tidak menyerap air. Ini membantu mencegah kerusakan akibat pembekuan dan pencairan air di dalamnya.

2.4 Crumb Rubber

Crumb rubber adalah bahan yang berasal dari daur ulang ban karet bekas dan dapat digunakan sebagai aditif dalam campuran aspal. Agar crumb rubber memenuhi syarat untuk pembuatan aspal, ada beberapa kriteria dan standar yang perlu dipatuhi.

a. Kualitas Material:

- Bebas dari Kontaminan: Crumb rubber harus bebas dari bahan non-karet, seperti logam, serat tekstil, dan bahan kimia berbahaya. Ini penting untuk menjaga kualitas campuran aspal dan keselamatan pengguna jalan.
- Ukuran Partikel: Ukuran partikel crumb rubber harus sesuai dengan spesifikasi yang ditentukan. Biasanya, ukuran yang digunakan berkisar antara 0,5 mm hingga 4,75 mm.

b. Komposisi Kimia:

- Sifat Kimia yang Stabil: Crumb rubber harus memiliki komposisi kimia yang stabil dan tidak mengandung zat berbahaya yang dapat mempengaruhi kualitas aspal atau lingkungan.
- Kadar Sisa: Harus ada pengujian untuk memastikan kadar sisa minyak dan bahan lainnya berada dalam batas yang aman.

c. Uji Fisik:

- Viskositas dan Elastisitas: Crumb rubber harus memiliki sifat viskositas dan elastisitas yang sesuai untuk meningkatkan performa aspal. Uji laboratorium biasanya dilakukan untuk mengevaluasi sifat-sifat ini.
- Daya Serap Air: Crumb rubber harus memiliki daya serap air yang rendah untuk mencegah kerusakan pada campuran aspal.



Gambar: 2.2 Serbuk Crumb Rubber

Sumber: blog.ecomena.org

2.5 Senyawa Kimia Crumb Rubber

Ban kendaraan yang menjadi sumber utama crumb rubber terdiri dari campuran karet alami dan karet sintetis yang telah dimodifikasi dengan berbagai zat aditif untuk meningkatkan performanya. Oleh karena itu, crumb rubber memiliki komposisi senyawa kimia yang kompleks yang dapat memengaruhi karakteristik material lain saat dicampurkan, seperti aspal dalam konstruksi jalan.

2.5.1 Peran Senyawa Kimia Crumb Rubber dalam Modifikasi Aspal

Ketika crumb rubber ditambahkan ke dalam aspal, berbagai interaksi kimia terjadi antara senyawa-senyawa dalam crumb rubber dengan komponen aspal. Reaksi ini dapat meningkatkan sifat reologi aspal serta daya tahannya terhadap suhu ekstrem dan beban lalu lintas.

1. Reaksi Antara Polimer Karet dengan Aspal

- Crumb rubber yang mengandung cis-1,4-polyisoprene dari karet alam dan SBR/BR dari karet sintetis dapat meningkatkan elastisitas aspal.

2. Interaksi Karbon Hitam dengan Komponen Aspal

- Karbon hitam dalam crumb rubber bertindak sebagai penguat (*reinforcement agent*), meningkatkan kekerasan dan daya tahan campuran aspal terhadap abrasi.
- Karbon hitam juga berperan dalam meningkatkan penyerapan panas, yang memengaruhi stabilitas termal aspal.

2.6 Agregat

Agregat adalah bahan yang terdiri dari mineral padat dalam bentuk partikel besar atau fragmen. Umumnya, agregat digunakan sebagai komponen campuran dalam aspal, yang membantu menciptakan keseimbangan dalam struktur ikatan antara komponen campuran. Agregat berperan penting dalam konstruksi perkerasan jalan, di mana kontribusinya berkisar antara 9-95% dari total berat atau 75-85% dari total volume (Sukirman, 2003).

Secara umum agregat biasa digunakan dalam campuran beraspal dibagi dengan beberapa fraksi, yaitu:

1. Agregat Kasar

Agregat kasar adalah material yang tertahan pada saringan nomor 8(2,36 mm). Untuk campuran aspal halus, agregat kasar terdiri dari batu pecah yang bersih, kuat, kering, dan awet. Agregat ini memiliki bentuk bersudut dan bebas dari kotoran, debu, serta material asing lainnya. Tekstur permukaannya yang kasar dan tidak bulat membantu menciptakan interlocking yang baik dengan material lain, sehingga meningkatkan kekuatan campuran.

Partikel agregat kasar dapat berbentuk:

- Bulat (*Rounded*)

Agregat yang sering ditemukan umumnya memiliki bentuk bulat.

Partikel agregat bulat ini bersentuhan dengan luas permukaan yang kecil, sehingga menghasilkan daya interlocking yang lebih rendah dan lebih mudah tergelincir.

- Pipih
Agregat yang memiliki bentuk pipih cenderung lebih rentan mengalami retak selama proses pencampuran, pemadatan, serta saat menerima beban dari lalu lintas. Untuk itu, banyak jenis agregat pipih yang dibatasi penggunaannya dengan menetapkan nilai indeks kepipihan yang diperlukan.
- Kubus
Partikel agregat yang berbentuk kubus dihasilkan dari proses pemecahan batu menggunakan mesin pemecah (*crusher stone*). Bentuknya yang rata dan halus memberikan luas bidang kontak yang lebih besar, sehingga meningkatkan interlocking atau saling mengunci antara partikel.
- Lonjong (*Elongated*)
Partikel yang berbentuk lonjong biasanya ditemukan di sungai atau area yang merupakan bekas endapan sungai. Agregat dianggap sebagai panjang jika ukuran terpanjangnya mencapai 1,8 kali diameter rata-rata. Indeks kelonjongan (*elongated index*) menunjukkan perbandingan dalam persen antara berat agregat lonjong dan total berat agregat secara keseluruhan.
- Tidak Beraturan (*Irregular*)
Besarnya gesekan yang dibutuhkan tergantung pada jenis permukaan agregat. Permukaan agregat dapat dibedakan menjadi beberapa

kategori, seperti permukaan keras, licin dan mengkilap (classy), serta permukaan berpori. Kontraksi pada perkerasan jalan yang disebabkan oleh bentuk butiran dapat memberikan pengaruh baik secara langsung maupun tidak langsung antara lain:

- Mempengaruhi kekuatan perkerasan jalan aspal.
- Merupakan kemampuan pemadatan dalam mencapai kepadatan/density yang ditentukan.
- Mempengaruhi cara pengerjaan campuran.



Gambar: 2.3 Agregat Kasar

Sumber: PT. Ayu Septa Perdana (2024)

2. Agregat Halus

Agregat halus berasal dari proses pelapukan alami maupun dari bahan yang dihasilkan oleh industri pemecahan batu. Agregat ini terdiri dari material yang telah melalui uji saringan dengan ukuran maksimum no. 8 (2,36 mm). Kualitas agregat halus dapat ditingkatkan dengan memastikan stabilitas campuran melalui penguncian (interlocking) antara butiran. Selain itu, agregat halus juga berfungsi untuk mengisi ruang antar butir dan dapat terdiri dari pasir alami atau pecahan batu yang dicampur.

Yang memenuhi syarat agregat adalah :

- Agregat halus bersumber dari bahan manapun yang terdiri dari pengayakan batu pecah atau pasir yang terdiri bahan yang lolos ayakan No.8 (2,36mm) sesuai SNI 03 6819 2002.
- Pasir dapat digunakan dalam berbagai campuran aspal. Persentase maksimum yang diperbolehkan untuk Beton Aspal (AC) adalah 10%.
- Fraksi agregat halus dan pasir perlu dipisahkan dari agregat kasar.
- Agregat pecah halus dan pasir harus disimpan secara terpisah, dan saat dicampur dengan aspal, digunakan penampung dingin (cold bin feeds) yang terpisah. Rasio antara agregat pecah halus dan pasir perlu dikontrol dengan baik.
- Agregat halus adalah bahan yang harus bersih, bebas dari lempung atau material tidak diinginkan lainnya. Batu pecah halus berasal dari bahan batu yang memenuhi standar mutu tertentu. Untuk memenuhi persyaratan yang ditetapkan, batu pecah harus diproduksi dari sumber yang bersih dan baru.



Gambar: 2.4 Agregat Halus
Sumber: PT. Ayu Septa Perdana (2024)

3. Bahan Pengisi (Filler)

Bahan pengisi (filler) adalah material yang harus dalam keadaan kering dan bebas dari gumpalan yang bersifat non-plastis. Filler harus mengandung bahan yang lolos dari saringan no. 200 (0,075 mm) dengan persentase minimum sebesar 75% dari total beratnya.

2.7 Gradasi Agregat

Gradasi agregat adalah distribusi partikel berdasarkan ukuran yang harus saling mengisi untuk membentuk ikatan yang baik (interlocking). Gradasi ini ditentukan dengan variasi ukuran butir agregat. Pengaruh gradasi agregat sangat signifikan, dan analisis dilakukan melalui metode saringan. Dalam proses ini, sampel agregat akan melewati satu set saringan yang menunjukkan ukuran bukaan, di mana nomor saringan menggambarkan jumlah bukaan per inci persegi dari jaringan kawat tersebut.

Gradasi agregat dapat dibedakan atas:

- Gradasi Seragam (*Uniform Graded*)

Gradasi seragam adalah jenis gradasi yang memiliki berat isi besar. Gradasi ini sering disebut sebagai gradasi terbuka (open graded) karena mengandung sedikit agregat, sehingga terdapat banyak rongga kosong di antara partikel agregat. Campuran aspal dengan gradasi seperti ini memiliki stabilitas tinggi, dan untuk meningkatkan kedap terhadap air, biasanya memiliki berat isi yang besar.

- Gradasi Rapat (*Dense Graded*)

Gradasi rapat adalah jenis gradasi yang mencakup butiran dari ukuran kasar hingga halus, sehingga menghasilkan saringan yang terus menerus, atau dikenal

juga sebagai gradasi baik (*well graded*). Campuran aspal dengan gradasi rapat ini memiliki stabilitas yang tinggi dan mampu meningkatkan kedap air, serta biasanya memiliki berat isi yang besar.

- Gradasi Senjang (*Gap Graded*)

Gradasi senjang adalah jenis gradasi di mana ukuran agregat tidak lengkap, dan terdapat fraksi agregat yang sama sekali tidak ada. Campuran aspal dengan gradasi ini memiliki kualitas yang lebih rendah dibandingkan dengan campuran yang memiliki gradasi baik.

2.8 Karakteristik *Marshall* Campuran Beraspal

Stabilitas adalah kemampuan suatu campuran aspal untuk menahan beban hingga terjadi kelelahan plastis, yang dinyatakan dalam satuan kilogram atau pound. Nilai stabilitas diperoleh melalui pembacaan langsung pada alat uji *Marshall* saat melakukan pengujian. Nilai yang terbaca tersebut kemudian dikoreksi dengan faktor koreksi yang sesuai untuk alat *Marshall* yang digunakan dan faktor koreksi untuk volume benda uji.

Menurut Sukirman (1999, p.178) karakteristik campuran yang harus dimiliki oleh campuran aspal beton campuran panas adalah:

A. Stabilitas

Stabilitas adalah kemampuan lapisan perkerasan yang menerima beban lalu lintas tanpa mengalami perubahan seperti gelombang

B. Durabilitas (keawetan/daya tahan)

Lapisan perukaan dapat menahan pengaruh pada cuaca atau suhu akibat geseran kendaraan yang berlintas.

C. Fleksibilitas

Kemampuan lapisan yang berfungsi untuk mengikuti deformasi bisa mengakibatkan beban lalu lintas menimbulkan ketetapan.

D. Tahanan geser (*skid resistance*)

Tahanan geser diberikan perkerasan jalan sehingga menimbulkan kendaraan tidak mengalami slip baik di waktu hujan atau kering. Kekesatan dinyatakan dengan adanya koefisien antar permukaan jalan.

E. Kedap Air

Kedap air yang mampu melapiskan hingga bisa menahan air supaya tidak menembus pori-pori.

F. Kemudahan Pekerjaan (*Workability*)

Merupakan kemudahan suatu campuran yang bisa didapatkan dan dihindarkan agar bisa memperoleh hasil yang yang diharapkan bisa memenuhi kepadatan.

G. Ketahanan pada kelelahan (*Fatigue Resintance*)

Memiliki ketahanan lapisan yang berlapiskan aspal beton dalam hal menerima beban berulang tanpa terjadinya kelelahan yang retak.

Pada karakteristik campuran pada aspal bisa diukurkan dengan sifat Marshall ditunjukkan. Mega (2017:19-20) memaparkan sifat-sifat sebagai berikut:

1. Stabilitas (*stability*)

Kemampuan yang memiliki lapisan perkerasan yang menerima beban lalu lintas tanpa adanya perubahan tetap seperti gelombang, atau bleeding. Stabilitas terjadi pada hasil geseran antara butir-butir, partikel pada penguncian dan daya ikat yang baik dari berbagai lapisan aspal jalan. Perhitungan Stabilitas terhadap campuran adalah dengan rumus berikut.

S = Stabilitas
KT = Kepadatan
A = Berat Keseluruhan
BJ = Berat Jenis

$$S = \frac{KT}{A} \times BJ$$

2. Kelelahan (*flow*)

Besarnya partikel pada benda uji yang mulai awal pembebanan sampai stabilnya maksimum hingga sampel batas yang runtuh. Kelelahan yang dinyatakan satuan mm. besar nilai *flow* bisa mengindikasikan campuran yang bersifat plastis lebih mampu mengikat akibat beban, sedangkan yang bernilai rendah mengindikasikan campuran memiliki banyak rongga yang kosong hingga mudah retak.

Pengukuran pada *flow* bisa bersamaan dengan nilai stabilitas Marshall.

3. Kerapatan (*density*)

Density merupakan tingkat kerapatan campuran setelah campuran dipadatkan. Jika semakin tinggi nilainya maka akan semakin baik pula

suatu campurannya. Nilai yang diperoleh density mempengaruhi oleh beberapa faktor gradasi agregat, factor yang jumlah pemadatan bisa ke temperature pemadatan, penggunaan pada kadar aspal dan bahan additive dalam campuran. Nilai *density* pada campuran yang tinggi bisa menahan beban lebih besar dibandingkan dengan camuran yang rendah, karena butiran aggregate memiliki bidang kotak luas hingga bisa gaya gesek (*friction*) antar butiran menjadi lebih besar. *Density* juga dapat mempengaruhi pada kedekatan campuran semakin kedap terhadap udara dan air. Perhitungan density bisa dicari menggunakan rumus.

G = Nilai Density (gr/cc)

C = Berat benda uji sebelum direndam (gr)

D = Berat benda uji dalam keadaan jenuh atau SSD (gr)

E = Berat dalam air (gr)

$$G = \frac{C}{D - E}$$

4. VIM (*Void in Mix*)

Banyaknya rongga dalam campuran dinyatakan dalam persentase.

Udara rongga pada campuran diperlukan pada sedianya ruang gerak untuk unsurcampuran yang sesuai dengan elastisnyanya. Karena nilainya sangat mempengaruhi karekteristik campuran. Perhitungan VIM bisa dicari menggunakan rumus.

VIM = Rongga udara pada campuran setelah pemadatan (%)

G = Berat Volume benda uji

H = Berat benda uji dalam keadaan jenuh atau SSD (gr)

$$VIM = 100 - \left(100 \times \frac{G}{H} \right)$$

5. VFA (*Void Filled Asphalt*)

VFB (*Void Filled Asphalt*) menyatakan presentase rongga udara yang terisi aspal pada campuran yang telah mengalami pemadatan, nilai VFB dipengaruhi oleh beberapa factor seperti: energy, suhu, pemadatan, jenis kadar aspal serta gradasi agregatnya. Perhitungan VFA bisa dicari menggunakan rumus.

$$\begin{aligned} \text{VFA} &= \text{Rongga udara terisi aspal (\%)} \\ \text{VMA} &= \text{Rongga udara pada mineral agregat (\%)} \\ \text{VITM} &= \text{Rongga udara pada campuran setelah pemadatan (\%)} \\ \text{VFA} &= 100\chi \left(\frac{\text{VMA} - \text{VITM}}{\text{VMA}} \right) \end{aligned}$$

6. VMA (*Void in Mineral Agregat*)

VMA adalah rongga udara diantara mineralnya aggregate pada campuran aspal panas yang termasuk pada ruang yang terisi aspal. VMA dinyatakan dalam presentase pada campuran aspal panas. VMA yang digunakan untuk menampung volume dan aspal pada rongga udara yang bercampur pada aspal panas., yang nilainya dipengaruhi pada kadar aspal, gradasi bahan susun, pada temperature pemadatan.

Perhitungan VMA bisa dicari menggunakan rumus.

$$\begin{aligned} \text{VMA} &= \text{Rongga udara pada mineral agregat(\%)} \\ \text{B} &= \text{Persentase aspal terhadap campuran} \\ \text{G} &= \text{Berat isi campuran} \\ \text{VMA} &= 100 - \frac{(100 - B)\chi G}{\text{BJ Bulk Agregat}} \end{aligned}$$

7. Marshall Quotient

Perbandingan antara stabilitas dengan kelelahan plastic (*flow*) dan dinyatakan dalam satuan kg/mm. Marshall quotient merupakan indicator dari kelenturan yang potensi terhadap keretakan. Penggunaan agregat bergradasi senjang sehingga bisa diperoleh VMA yang besar. Perhitungan Marshall Quotient bisa dicari menggunakan rumus.

S = Nilai stabilitas (kg)
R = Nilai flow (mm)
MQ = Nilai Marshall Quotient (kg/mm)

$$MQ = \frac{S}{R}$$

2.9 Pengujian Sifat Bahan Campuran Beraspal

Bahan campuran beraspal yang digunakan dalam penelitian ini mencakup agregat kasar (yang tertahan pada saringan no. 4), agregat halus (yang lolos saringan no. 4), aspal minyak penetrasi 60/70, dan filler dari abu batu untuk campuran laston. Untuk campuran pada BMA, digunakan agregat yang sama dengan Botunite Mastic yang memiliki penetrasi 40% dan kadar aspal sebesar 50%, dengan komposisi terdiri dari asbuton mikro 65,5%, flux agent 5,5%, dan aspal minyak 29%. Pengujian sifat-sifat bahan mengikuti metode yang telah ditentukan, seperti yang tercantum dalam American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO), American Society for Testing and Materials (ASTM), Standar Nasional Indonesia (SNI), dan British Standard (BS). Menurut AASHTO, hasil pengujian terhadap sifat bahan harus memenuhi spesifikasi untuk campuran aspal yang telah ditetapkan.