

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Lebih dari 90% dari seluruh panjang jalan yang ada di Indonesia menggunakan teknologi perkerasan lentur atau perkerasan beraspal. Untuk memenuhi kebutuhan pembangunan dan pemeliharaan perkerasan beraspal setiap tahun harus import aspal, padahal Indonesia memiliki aspal alam yang depositnya sangat melimpah (Nono, 2015). Kebutuhan aspal nasional saat ini untuk pembangunan infrastruktur jalan mencapai 1,6 juta ton/tahun. Produksi Pertamina hanya dapat memenuhi sekitar 30%, sisanya sebanyak 70% diimpor dari Singapura. Sementara itu ada cadangan bahan baku di Pulau Buton, bila diekstraksi dapat menyuplai kebutuhan jalan nasional $\pm$ 360 tahun, sehingga membutuhkan teknologi untuk memanfaatkan potensi aspal di Buton. Asbuton merupakan aspal alam yang berada di Indonesia, yaitu di Pulau Buton, Provinsi Sulawesi Tenggara. Asbuton pada umumnya berbentuk padat yang terbentuk secara alami akibat proses geologi. Cadangan deposit asbuton diperkirakan sebesar 677.247 juta ton (Kurniaji, 2010). Berdasarkan cadangan deposit yang besar tersebut belum dimanfaatkan secara maksimal untuk pembangunan, khususnya jalan baik dalam asbuton butir maupun asbuton pracampur.

Penggunaan Asbuton di Indonesia sudah tidak asing lagi Berdasarkan Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 35/PRT/M.2006 tentang Peningkatan Pemanfaatan Aspal Buton untuk Pemeliharaan dan Pembangunan Jalan, Pemeliharaan dan Pembangunan Jalan, jenis-jenis produk asbuton yang direkomendasikan penggunaannya sebagai bahan perkerasan jalan adalah asbuton butir, asbuton pracampur dan asbuton murni, namun saat ini penggunaan asbuton murni masih sebatas percobaan di laboratorium.

Asbuton Butir adalah hasil pengolahan dari Asbuton yang berbentuk padat yang dipecah dengan alat pemecah batu (stone crusher) atau alat pemecah lainnya yang sesuai sehingga mempunyai ukuran butir halus yang lolos saringan #8, mempunyai kadar aspal yang seragam dan kadar air boleh dikatakan sangat kecil mendekati nol. Adapun bahan baku pembuatan aspal butir berupa asbuton padat dengan nilai penetrasi bitumen tinggi (≥ 10 mm) seperti asbuton padat eks Kabungka sehingga diharapkan dapat lebih mempermudah termobilisasinya bitumen asbuton dari dalam butiran mineralnya.

Sedangkan Asbuton Pracampur adalah salah satu dari jenis aspal modifikasi yang digunakan di Indonesia. Asbuton pracampur dibuat dengan menggunakan aspal Pen 60 atau Pen 80 dan asbuton semi ekstraksi. Aspal modifikasi yang dihasilkan dari pencampuran kedua bahan ini diyakini dapat meningkatkan kinerja campuran beraspal dan dapat mendistribusi sebagian

penggunaan aspal Pen 60. Setiap jenis asbuton memiliki spesifikasi dan metode penggunaan yang berda-beda asbuton butir dikirim dalam kemasan Karung dimana terdiri dari 2 jenis yaitu Asbuton Butir B 5/20 (kelas penetrasi 5 dengan kelas kadar bitumen 20%) dan B 50/30 (kelas penetrasi 50 dengan kelas kadar bitumen 30%) yang dicampur secara panas di pusat instalasi pencampuran dimana persentase pemakaian Asbuton Butir B 5/20 dibatasi dari 2% sampai dengan 3%, sedangkan asbuton pracampur adalah jenis teknologi asbuton yang saat ini menjanjikan untuk digunakan sebagai bahan pengikat pada campuran beraspal. Asbuton pracampur merupakan campuran antara asbuton butir yang telah di ekstraksi sebagian (semi ekstraksi) sehingga kadar bitumen naik menjadi 40% - 60%. Dan kemasannya dikirim dalam kemasan atau tangki dimana harus disediakan Tangki penampung khusus yang dilengkapi dengan alat pengaduk yang dapat menjamin tidak terjadinya pengendapan mineral. Dengan adanya perbedaan dalam metode pelaksanaan Teknologi Asbuton ini manakah yang mampu memberikan dampak efisiensi biaya dalam pelaksanaannya serta metode pelaksanaan yang dapat mempermudah pekerjaan di lapangan namun tetap tepat sasaran dalam hal mutu. Berdasarkan uraian di atas, penelitian ini bertujuan untuk membandingkan penggunaan asbuton butir B 50/30 dan Asbuton B 5/20.

1.2. Rumusan Masalah

1. Bagaimana Karakteristik Kadar Aspal Optimun pada Campuran *Asphalt Concrete – Wearing Course* (AC-WC)
2. Bagaimana Karakteristik Campuran *Asphalt Concrete – Wearing Course* (AC-WC Asb) terhadap penggunaan asbuton B 50/30 dan B 5/20 ?

1.3. Tujuan Penelitian

1. Untuk Menganalisis Karakteristik Kadar Aspal Optimun pada Campuran *Asphalt Concrete – Wearing Course* (AC-WC)
2. Untuk Menganalisis Karakteristik Campuran *Asphalt Concrete – Wearing Course* (AC-WC Asb) terhadap penggunaan asbuton B 50/30 dan B 5/20.

1.4. Batasan Masalah

1. Ruang lingkup penelitian ini hanya terbatas pada skala laboratorium dan menggunakan alat marshall test.
2. Penelitian ini berfokus pada penggunaan teknologi asbuton dalam campuran aspal panas.
3. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui nilai karakteristik Kadar Aspal Optimun Campuran *Asphalt Concrete – Wearing Course* dengan persentase penambahan sesuai dengan Standar Spesifikasi Bina Marga 2018 Revisi 2 (Asbuton B 50/30 7% & 8% dan Asbuton B 5/20 2% dan 3%).
4. Jenis material yang digunakan berasal dari Quarry Plant Bangkale Sidrap.
5. Jenis Asbuton dari PT. Putindo Bintech.

1.5. Manfaat Penelitian

Bagi Penulis :

1. Menambah wawasan dan kemampuan penulis tentang teori dan praktik mengenai teknologi penerapan asbuton pada campuran aspal.
2. Menambah wawasan dan pemahaman mengenai pengaruh penggunaan Asbuton Butir B 50/30 dan B 5/20 pada Campuran *Asphalt Concrete – Wearing Course*.

Bagi Pembaca :

1. Sebagai Informasi, Manfaat implementasi teknologi penerapan asbuton pada campuran aspal.
2. Sebagai acuan maupun sumber untuk penelitian selanjutnya yang berkaitan dengan pengembangan teknologi campuran *Asphalt Concrete – Wearing Course*.

1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika penyusunan Laporan Penelitian ini secara garis besar dibagi dalam tiga bagian sebagai berikut :

BAB I : PENDAHULUAN

Berisikan penjelasan secara umum latar belakang pemilihan materi penelitian, tujuan dan manfaat penelitian, batasan masalah, sistematika penulisan.

BAB II : TINJAUAN PUSTAKA

Berisikan tentang teori-teori yang dijadikan dasar dalam pembahasan dan penganalisaan masalah, serta beberapa definisi dari studi literatur yang berhubungan dalam penulisan ini dan penelitian yang akan dilakukan.

BAB III : METOLOGI PENELITIAN

Menjelaskan mengenai alur pikir penelitian, lokasi penelitian, bahan dan alat Penelitian, tahapan dan tata cara penelitian, sampel pengujian, metode analisa data dan bagan alir penulisan.

BAB IV : HASIL DAN PEMBAHASAN

Bagian ini mengandung uraian tentang data-data hasil penelitian tentang pengaruh asbuton terhadap karakteristik campuran *Asphalt Concrete Wearing Course Asbuton (AC-WC Asb)* disertai dengan analisis dan pembahasan mengenai sifat dan kecenderungan hasil penelitian tersebut.

BAB V : KESIMPULAN DAN SARAN

Bagian ini mengandung uraian tentang kesimpulan yang dapat diambil dari hasil-hasil analisis terhadap hasil penelitian yang telah dilakukan. Juga disajikan saran-saran untuk para peneliti selanjutnya.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

Kebutuhan aspal nasional Indonesia sekitar 1,2 juta ton pertahun. Dari kebutuhan ini, baru 0,6 juta ton saja yang dapat dipenuhi oleh PT. Pertamina sedangkan sisanya dipenuhi melalui import. Sementara ketersediaan aspal minyak semakin terbatas dan harga yang cenderung naik terus seiring dengan harga pasar minyak mentah dunia. Untuk menjawab kendala di atas, maka salah satu alternatif yang menjanjikan adalah penggunaan aspal buton (asbuton). Asbuton atau Aspal Buton merupakan aspal alam yang terdapat di Pulau Buton Sulawesi Tenggara. Cadangan aspal alam di Pulau Buton diperkirakan sekitar 677 juta ton.

Pada saat ini pengembangan teknologi Asbuton telah mencapai tahap yang cukup jauh termasuk pengembangan asbuton butir dan asbuton semi ekstraksi (pracampur). Teknologi yang saat ini sedang dikembangkan adalah teknologi asbuton ekstraksi. Bitumen murni diperoleh dari hasil ekstraksi asbuton dengan metilen-klorida sebagai pelarut atau minyak tanah atau pelarut lainnya. Penggunaan Asbuton murni yang karakteristiknya sudah standar seperti aspal minyak, adalah sebagai substitusi aspal minyak sampai 100%.

2.1 Asbuton

Asbuton ditemukan tahun 1924 di Pulau Buton, Sulawesi Tenggara. Asbuton mulai digunakan dalam pengaspalan jalan sejak tahun 1926. Berdasarkan data yang ada, asbuton memiliki deposit sekitar 677 juta ton atau setara dengan 170 juta ton aspal minyak yang merupakan deposit aspal alam terbesar di dunia.

Kebutuhan aspal nasional saat ini untuk pembangunan infrastruktur jalan mencapai 1,6 juta ton/tahun. Produksi Pertamina hanya dapat memenuhi sekitar 30%, sisanya sebanyak 70% diimpor dari Singapura.

Pulau Buton terletak di ujung tenggara pulau Sulawesi dan merupakan salah satu Kabupaten di Propinsi Sulawesi Tenggara, yaitu Kabupaten Buton dengan Ibu Kotanya Bau-bau. Endapan aspal alam di Pulau Buton bagian selatan terletak pada satu jalur yang membujur dari teluk Sampolawa di sebelah selatan sampai teluk Lawele di sebelah utara. Di daerah tersebut ditemukan 19 daerah singkapan aspal (out crop).

Selama ini penggunaan asbuton yang telah diproduksi secara fabrikasi dan manual selama bertahun-tahun berupa Asbuton Butir dan Asbuton Murni *Full* Ekstraksi masih belum optimal, hal ini dikarenakan masih sulitnya proses pencampuran di AMP (*Asphalt Mixing Plant*), sehingga tidak didapatkannya hasil yang maksimal. Beberapa tahun belakangan ini telah diproduksi Asbuton Pracampuran (*preblended*), merupakan gabungan antara Asbuton butir hasil *refine* Asbuton dengan kadar bitumen 60% sampai 90% dengan aspal minyak *pen 60* dalam komposisi tertentu. Asbuton jenis ini dapat

dikatakan sebagai aspal minyak yang dimodifikasi, sehingga dalam campuran dapat langsung digunakan untuk dicampur dengan agregat.

Berdasarkan hasil penelitian skala laboratorium dan skala uji coba lapangan, diperoleh fakta bahwa campuran beraspal yang menggunakan Asbuton memiliki sifat teknik yang baik daripada campuran tanpa Asbuton, seperti: Stabilitas Marshall dan dinamis, kelenturan serta daya lekat yang lebih tinggi, dapat meningkatkan umur konstruksi (dari hasil uji *fatigue*) dan lebih tahan terhadap perubahan temperatur. Namun, untuk setiap tipe campuran sebaiknya dibedakan peruntukannya sesuai dengan kondisi lalu lintas dan lingkungan. Asbuton pracampuran memiliki senyawa *nitrogen* yang lebih tinggi dan senyawa *paraffin* yang lebih rendah dibandingkan aspal minyak, sehingga dimungkinkan asbuton pracampuran mempunyai daya rekat lebih baik.

Asbuton pracampuran di lapangan yang telah memiliki umur pelayanan tertentu, didapatkan bahwa; asbuton pracampuran memiliki ketahanan terhadap rutting yang baik, tetapi ketahanan terhadap retak yang lebih rendah dibandingkan aspal PEN 60.

Campuran beraspal hangat menggunakan Asbuton pracampuran menunjukkan karakteristik yang baik dan memenuhi ketentuan spesifikasi yang ditentukan. Sedangkan jika ditambahkan bahan tambah Leadcap sebanyak 1%, mempunyai ketahanan terhadap alur, ketahanan terhadap air dan nilai modulus resilien meningkat serta ketahanan terhadap pelepasan butir yang lebih baik. Sementara itu ketahanan terhadap retak lelehnya lebih rendah.

Kadar bitumen dalam asbuton bervariasi dari 10% sampai 40%. Pada beberapa lokasi ada pula asbuton dengan kadar bitumen sampai 90%. Bitumen asbuton memiliki kekerasan yang bervariasi. Asbuton dari Kabungka umumnya memiliki bitumen dengan nilai penetrasi di bawah 10 dmm sedangkan Asbuton dari Lawele umumnya memiliki bitumen dengan nilai penetrasi di atas 130 dmm dan mengandung minyak ringan sampai 7%. Apabila minyak ringan pada asbuton Lawele diuapkan, nilai penetrasi bitumen turun hingga di bawah 40 dmm.

Asbuton terdiri dari mineral dan bitumen. Mineral Asbuton didominasi oleh "Globigerines limestone" yaitu batu kapur yang sangat halus yang terbentuk dari jasad renik binatang purba foraminifera mikro yang mempunyai sifat sangat halus, relatif keras, berkadar kalsium karbonat tinggi dan baik sebagai filler pada beton aspal. Namun dalam Asbuton, mineral dapat dianggap sebagai gumpalan- gumpalan filler yang membentuk butiran besar dan poros yang tidak mudah dihaluskan menjadi filler tetapi juga tidak cukup keras untuk dianggap sebagai butiran agregat. Kendala yang dapat ditimbulkan oleh keadaan seperti ini, sebagaimana yang terjadi pada campuran Asbuton yang digunakan di era tahun 80-an yang dikenal dengan campuran Lasbutag, yaitu mineral Asbuton yang pada awal pencampuran berupa butiran besar berubah menjadi kantong-kantong butiran yang lebih halus (filler) setelah mengalami masa pelayanan. Atau kasus lain, di lapangan sering kali ditemui campuran lasbutag yang pada awal penghamparan tampak cukup baik namun terjadi bleeding setelah masa pelayanan tertentu. Hal ini dapat

disebabkan oleh mineral Asbuton, yang pada awalnya berupa butiran besar/ kasar dan poros, menyerap bahan peremaja tetapi kemudian setelah masa pelayanan tersebut berubah menjadi butiran-butiran halus dengan melepas bahan peremaja yang diserapnya dan campuran menjadi lebih padat sehingga aspal terdesak keluar.

Dilihat dari komposisi kimianya, bitumen Asbuton memiliki senyawa Nitrogen base yang tinggi. Hal ini menunjukkan bahwa bitumen Asbuton memiliki pelekatan yang baik dan. Namun dilihat dari karakteristik lainnya, bitumen Asbuton memiliki nilai penetrasi yang rendah dan getas. Agar Asbuton dapat dimanfaatkan di bidang perkerasan jalan maka pada prinsipnya bitumen harus diusahakan sedemikian rupa sehingga memiliki karakteristik mendekati karakteristik aspal minyak (aspal keras) untuk perkerasan jalan. Untuk maksud tersebut maka diperlukan bahan peremaja yang dapat membuat bitumen Asbuton memiliki karakteristik seperti yang disyaratkan untuk aspal minyak secara permanen.

Tabel 2. 1 Tipikal Sifat-Sifat Fisik Bitumen Asbuton

Lokas i	Penetrasi (dmm, 25°C)	Titik Lembek (°C)	Viskositas (135 °C, poises)
1. Lawele – I2	75	48	4,0
2. Lawele – G7	150	42	2,8
3. Lawele – E-13	120	45	4,1
4. Lawele – G17	160	40	3,1
5. Kabungka	22	63	5,1

(Sumber : Alberta Research Council, 1989)

2.2 Asphalt Concrete-Wearing Course (AC-WC)

Lapisan aspal AC-WC adalah lapisan yang memiliki struktur paling halus dibandingkan dengan lapisan lainnya. Adanya campuran bergradasi rapat yang memiliki sedikit rongga pada campuran aspal AC-WC menyebabkan lapisan ini lebih peka terhadap variasi dan proporsi campuran, sebagai lapisan yang terletak di susunan paling atas, tentu saja lapisan aspal AC-WC akan langsung berhubungan dengan kondisi luar, seperti cuaca lingkungan dan ban kendaraan oleh karena itu, lapisan ini harus dibuat kedap air dan memiliki kekesatan yang tinggi. Untuk ketebalan minimum AC-WC adalah 4 cm.

2.3 Karakteristik Aspal Beton

Karakteristik campuran yang harus dimiliki oleh campuran aspal beton panas adalah:

1. Stabilitas (Stability)

Stabilitas adalah kemampuan perkerasan jalan menerima beban lalu lintas tanpa terjadi perubahan bentuk tetap seperti gelombang, alur dan bleeding (Sukirman, 2010). Kebutuhan akan stabilitas setingkat dengan jumlah lalu lintas dan beban kendaraan yang akan memakai jalan tersebut. Jalan dengan volume lalu lintas tinggi dan sebagian besar merupakan kendaraan berat menuntut stabilitas yang lebih besar dibandingkan dengan jalan dengan volume lalu lintas yang hanya

terdiri dari kendaraan penumpang saja. Kestabilan yang terlalu tinggi menyebabkan lapisan itu menjadi kaku dan cepat mengalami retak, disamping itu karena volume antar agregat kurang, mengakibatkan kadar aspal yang dibutuhkan rendah. Hal ini menghasilkan film aspal tipis dan mengakibatkan ikatan aspal mudah lepas sehingga durabilitasnya rendah.

Stabilitas terjadi dari hasil geseran antar butir, penguncian antar partikel dan daya ikat yang baik dari lapisan aspal. Dengan demikian stabilitas yang tinggi dapat diperoleh dengan mengusahakan penggunaan:

- a. agregat dengan gradasi yang rapat (dense graded)
- b. agregat dengan permukaan yang kasar
- c. agregat berbentuk kubus
- d. aspal dengan penetrasi rendah aspal dengan jumlah yang mencukupi untuk ikatan antar butir.

Agregat bergradasi baik, bergradasi rapat memberikan rongga antar butiran agregat (voids in mineral agregat = VMA) yang kecil. Keadaan ini menghasilkan stabilitas yang tinggi, tetapi membutuhkan kadar aspal yang rendah untuk mengikat agregat. VMA yang kecil mengakibatkan aspal yang dapat menyelimuti agregat terbatas dan menghasilkan film aspal yang tipis. Film aspal yang tipis mudah lepas yang mengakibatkan lapis tidak lagi kedap air, oksidasi mudah terjadi, dan lapis perkerasan menjadi rusak. Pemakaian aspal yang banyak mengakibatkan aspal tidak lagi dapat menyelimuti agregat dengan baik (karena VMA kecil) dan juga menghasilkan rongga antar campuran (voids in mix = VIM) yang kecil. Adanya beban lalu lintas yang menambah pemadatan lapisan mengakibatkan lapisan lapisan aspal meleleh keluar yang dinamakan bleeding.

2. Durabilitas (Durability)

Durabilitas diperlukan pada lapisan permukaan sehingga lapisan dapat mampu menahan keausan akibat pengaruh cuaca, air dan perubahan suhu ataupun keausan akibat gesekan kendaraan.

Faktor yang mempengaruhi durabilitas lapis aspal beton adalah:

- a. Film aspal atau selimut aspal, film aspal yang tebal dapat menghasilkan lapis aspal beton yang berdurabilitas yang tinggi, tetapi kemungkinan terjadinya bleeding menjadi tinggi.
 - b. VIM kecil sehingga lapis kedap air dan udara tidak masuk kedalam campuran yang menyebabkan terjadinya oksidasi dan aspal menjadi rapuh/ getas.
 - c. VMA besar, sehingga film aspal dapat dibuat tebal. Jika VMA dan VIM kecil serta kadar aspal tinggi kemungkinan terjadinya bleeding besar. Untuk mencapai VMA yang besar ini dipergunakan agregat bergradasi senjang.
- ## 3. Fleksibilitas (Flexibility)

Fleksibilitas pada lapisan perkerasan adalah kemampuan lapisan untuk dapat mengikuti deformasi yang terjadi akibat beban lalu lintas berulang tanpa timbulnya retak dan perubahan volume. Fleksibilitas yang tinggi dapat diperoleh dengan :

- a. Penggunaan agregat bergradasi senjang sehingga diperoleh VMA yang besar.
 - b. Penggunaan aspal lunak (aspal dengan penetrasi yang tinggi)
 - c. Penggunaan aspal yang cukup banyak sehingga diperoleh VIM yang kecil.
- ## 4. Ketahanan terhadap kelelahan (fatigue resistance)

Ketahanan kelelahan adalah ketahanan dari lapis aspal beton dalam menerima beban berulang tanpa terjadinya kelelahan yang berupa alur (ruting) dan retak.

- a. VIM yang tinggi dan kadar aspal yang rendah akan mengakibatkan kelelahan yang lebih cepat.
 - b. VMA yang tinggi dan kadar aspal yang tinggi dapat mengakibatkan lapis perkerasan menjadi fleksibel.
5. Kekesatan atau tahanan geser (skid resistance)

Tahanan geser adalah kekesatan yang diberikan oleh perkerasan sehingga kendaraan tidak mengalami slip baik di waktu hujan atau basah maupun di waktu kering. Kekesatan dinyatakan dengan koefisien geser antar permukaan jalan dan ban kendaraan.

Tahanan geser tinggi jika :

- a. penggunaan kadar aspal yang tepat sehingga tak terjadi bleeding.
 - b. penggunaan agregat dengan permukaan kasar
 - c. penggunaan agregat berbentuk kubus
 - d. penggunaan agregat kasar yang cukup
6. Kedap air (impermeable)

Kedap air adalah kemampuan aspal beton untuk tidak dapat dimasuki oleh air ataupun kedalam lapisan aspal beton. Air dan udara dapat menyebabkan terjadinya percepatan proses penuaan aspal, dan pengelupasan film/selimut aspal dari permukaan agregat. Jumlah pori yang tersisa setelah aspal beton dipadatkan dapat menjadi indikator kedap air campuran. Tingkat impermeabilitas aspal beton berbanding terbalik dengan tingkat durabilitasnya.

7. Mudah dilaksanakan (workability)

Workability adalah kemampuan campuran aspal beton untuk mudah dihamparkan dan dipadatkan. Yang dimaksud dengan kemudahan pelaksanaan adalah mudahnya suatu campuran untuk dihampar dan dipadatkan sehingga diperoleh hasil yang memenuhi kepadatan yang diharapkan.

- a. Gradasi agregat, agregat bergradasi baik lebih mudah dilaksanakan dari pada agregat bergradasi lain.
- b. Temperatur campuran, yang ikut mempengaruhi kekerasan bahan pengikat yang bersifat termoplastis.
- c. Kandungan bahan pengisi (filler) yang tinggi menyebabkan pelaksanaan lebih sukar.

2.4 Jenis Aspal Beton

Jenis aspal beton dapat dibedakan berdasarkan suhu pencampuran material pembentuk aspal beton, dan fungsi aspal beton. Berdasarkan temperatur ketika mencampur dan memadatkan campuran, aspal beton dapat dibedakan atas:

1. Aspal beton campuran panas (hotmix), adalah aspal beton yang material pembentuknya dicampur pada suhu pencampuran sekitar 140°C.
2. Aspal beton campuran sedang (warm mix), adalah aspal beton yang material pembentuknya dicampur pada suhu pencampuran sekitar 60°C.
3. Aspal beton campuran dingin (cold mix), adalah aspal beton yang material pembentuknya dicampur pada suhu ruang sekitar 25°C.

Berdasarkan fungsinya aspal beton dapat dibedakan atas:

1. Aspal beton untuk lapisan aus (wearing course), adalah lapisan perkerasan yang berhubungan langsung dengan ban kendaraan, merupakan lapisan yang kedap air, tahan terhadap cuaca, dan mempunyai kekesatan yang disyaratkan.
2. Aspal beton untuk lapisan pondasi (binder course), adalah lapisan perkerasan yang terletak dibawah lapisan aus. Tidak berhubungan langsung dengan cuaca, tetapi perlu memiliki stabilitas untuk memikul beban lalu lintas yang dilimpahkan melalui roda kendaraan.
3. Aspal beton pembentuk dan perata lapisan beton aspal yang sudah lama, yang pada umumnya sudah aus dan seringkali tidak lagi berbentuk crown.

2.5 Lapisan Aspal Beton

Lapisan Aspal Beton adalah lapisan pada konstruksi jalan raya, yang terdiri dari campuran aspal keras dan agregat yang bergradasi menerus (well graded) dicampur, dihamparkan dan dipadatkan dalam keadaan panas pada suhu tertentu. Jenis agregat yang digunakan terdiri dari agregat kasar, agregat halus, dan filler, sedangkan aspal yang digunakan sebagai bahan pengikat untuk lapis aspal beton harus terdiri dari salah satu aspal keras penetrasi 40/50, 60/70 dan 80/100 yang seragam, tidak mengandung air bila dipanaskan sampai suhu 175° C tidak berbusa dan memenuhi persyaratan sesuai dengan yang ditetapkan. Pembuatan lapis aspal beton (laston) dimaksudkan untuk mendapatkan suatu lapisan permukaan atau lapis antara (binder) pada perkerasan jalan yang mampu memberikan sumbangan daya dukung yang terukur serta berfungsi sebagai lapisan kedap air yang dapat melindungi konstruksi dibawahnya. (Bina Marga , 1987)

AC-WC (Asphalt-Concrete Wearing Course) adalah lapisan aus yang merupakan lapisan perkerasan yang ditempatkan paling atas sebagai lapis permukaan (surface). Persyaratan lapisan ini (surface) kedap air, yaitu lapisan ini harus dapat mengalirkan air ke tepi badan jalan. Sifat kedap air ini untuk melindungi lapis perkerasan yang ada dibawahnya agar tidak kemasukan air. Bila air dapat meresap kedalam lapisan bawahnya, maka jalan akan segera rusak dan tidak akan bertahan lama sesuai dengan umur rencana. AC-WC merupakan lapisan perkerasan yang berhubungan langsung dengan ban kendaraan, tahan terhadap cuaca, dan mempunyai kekesatan yang disyaratkan dengan tebal nominal minimum 4 cm. Lapisan-lapisan tersebut berfungsi untuk menerima beban lalu lintas dan menyebarkan kelapisan dibawahnya berupa muatan kendaraan (gaya vertikal), gaya rem (Horizontal) dan pukulan Roda kendaraan (getaran). Karena sifat penyebaran beban, maka beban yang diterima oleh masing-masing lapisan berbeda dan semakin kebawah semakin besar.

Menurut spesifikasi umum pekerjaan jalan Bina Marga tahun 2011 , jenis campuran beton aspal terdiri dari :

1. Lapis Tipis Aspal Beton (Hot Rolled Sheet, HRS). Lapis Tipis Aspal Beton (Laston) yang selanjutnya disebut HRS, terdiri dari dua jenis campuran, HRS pondasi (HRS-Base) dan HRS Lapis Aus (HRS- Wearing Course, HRS-WC) dan ukuran maksimum agregat masing- masing campuran harus dirancang sampai

memenuhi semua ketentuan yang diberikan dalam spesifikasi .

2. Lapis Aspal Beton (Asphalt Concrete, AC). Lapis Aspal Beton (Laston) yang selanjutnya disebut AC, terdiri dari tiga jenis campuran, AC lapis Aus (AC-WC), AC lapis antara (AC-Binder course, (AC-BC) dan AC lapis pondasi (AC-BC). Ukuran maksimum agregat masing- masing campuran adalah 19 mm, 25,4 mm, 37,5 mm. Setiap jenis campuran AC yang menggunakan bahan Aspal Pollmer. Sedangkan laston sebagai lapis Aus (Wearing Course) adalah lapisan perkerasan yang berhubungan langsung dengan ban kendaraan, merupakan lapisan yang kedap air, tahan terhadap cuaca, dan mempunyai kekesatan yang diisyaratkan dengan tebal nominal minimum 4 cm. lapisan-lapisan tersebut berfungsi untuk menerima beban lalu lintas dan menyebarkan ke lapisan dibawahnya berupa muatan kendaraan (gaya vertikal), gaya rem (horizontal) dan pukulan roda kendaraan (getaran). Karena sifat penyebaran beban maka beban yang diterima oleh masing-masing lapisan berbeda dan semakin kebawah semakin besar.

Persyaratan yang harus dipenuhi oleh campuran beton aspal dapat dilihat pada tabel 2.2

Tabel 2. 2 Persyaratan campuran lapis aspal beton

Sifat-Sifat Campuran		Laston		
		Lapis Aus	Lapis Antara	Fondasi
Jumlah tumbukan perbidang		75		112
Rasio Partikel lolos Ayakan 0,075 mm dengan kadar aspal efektif	Min	0,6		
	Max	1,2		
Rongga dalam campuran (%)	Min	3,0		
	Max	5,0		
Rongga terisi aspal (%)	Min	65	65	65
Rongga dalam agregat (VMA) (%)	Min	15	14	13
Stabilitas Marshall (kg)	Min	800		1800
Pelelehan (mm)	Min	2		3
	Max	4		6
	Min	90		

Sifat-Sifat Campuran		Laston		
		Lapis Aus	Lapis Antara	Fondasi
Stabilitas Marshall sisa (%) setelah perendaman selama 24 jam, 60 °C				
Rongga dalam campuran (%) pada kepadatan membal (refusal)	Min	2		

Sumber: Dokumen Pelelangan Nasional Kementerian Pekerjaan umum. Direktorat Jendral Bina Marga 2018 divisi 6 tabel 6.3.3

2.6 Material Penyusun Campuran Aspal Beton AC-WC

Bahan utama penyusun perkerasan jalan adalah agregat, aspal, dan filler. Filler yang biasa disebut juga sebagai bahan pengisi yang merupakan bahan mineral non plastis, kering, dan bebas dari gumpalan-gumpalan serta bila diuji dengan pengayakan basah harus mengandung bahan yang lolos dari no. #200. Filler diperoleh dari hasil pemecahan batuan secara alami maupun buatan. Filler dapat berupa kapur dan abu batu, sehingga untuk mendapatkan hasil yang baik dan berkualitas dalam menghasilkan perkerasan jalan, maka bahan-bahan tersebut harus memiliki kualitas yang baik pula.

2.6.1 Agregat

Agregat adalah suatu bahan keras dan kaku yang digunakan sebagai bahan campuran yang berupa berbagai jenis butiran atau pecahan yang termasuk didalamnya antara lain pasir, kerikil, agregat pecah. Agregat merupakan komponen utama dari lapisan perkerasan jalan yaitu mengandung 90%-95% berat campuran berdasarkan persentase atau 75%-85% agregat berdasarkan persentase volume. Dengan demikian kualitas perkerasan jalan ditentukan juga dari sifat agregat dan hasil campuran agregat dengan material lain.

Sifat agregat merupakan salah satu faktor penentu kemampuan perkerasan jalan memikul beban lalu lintas dan daya tahan terhadap cuaca. Yang menentukan kualitas agregat sebagai material perkerasan jalan adalah gradasi, kebersihan, kekerasan, ketahanan agregat, berat jenis, tekstur permukaan, bentuk butiran, porositas, kemampuan untuk menyerap air, berat jenis dan daya kelekatan terhadap aspal.

Agregat dikelompokkan menjadi 3 (tiga), yaitu :

1. Agregat Kasar

Agregat kasar adalah agregat yang lolos saringan 3/4 (19,1 mm) dan tertahan pada saringan No. 4 (4,75 mm). Menurut SNI 03-2847-2002, Agregat kasar merupakan agregat yang mempunyai ukuran butir antara 5,00 mm sampai 40 mm. Agregat kasar untuk campuran aspal harus terdiri dari batu pecah yang bersih, kuat, kering, awet, bersudut, bebas dari kotoran lempung dan material asing lainnya serta mempunyai

tekstur permukaan yang kasar dan tidak bulat agar dapat memberi sifat interlocking yang baik dengan material lain. Agregat kasar juga terdiri dari batu pecah atau koral (kerikil pecah) berasal dari alam yang merupakan batu endapan. Fungsi agregat kasar dalam campuran beraspal yaitu:

1. Memberikan kekuatan yang pada akhirnya mempengaruhi stabilitas dalam campuran.
2. Kondisi saling mengunci (interlocking) dari masing-masing partikel agregat kasar.
3. Agregat kasar mempunyai peranan untuk menjadikan campuran lebih ekonomis.
4. Agregat kasar tahan terhadap suatu aksi perpindahan.

Menurut Bina Marga (2007) sebagai bahan campuran beraspal panas, agregat yang digunakan harus memenuhi spesifikasi :

- a. Fraksi agregat kasar untuk rancangan adalah tertahan saringan no. 8 (2,36mm) dan harus bersih, keras, awet, dan bebas dari lempung atau bahan yang tidak dikehendaki.
- b. Fraksi agregat kasar harus terdiri dari batu pecah atau kerikil pecah dan harus disiapkan dalam ukuran nominal tunggal. Ukuran maksimum agregat adalah satu saringan yang lebih besar dari ukuran nominal. Ukuran nominal maksimum adalah satu saringan yang lebih kecil dari saringan pertama dengan bahan tertahan kurang dari 10%.

Persyaratan dan spesifikasi agregat kasar berdasarkan tabel dibawah ini:

Tabel 2. 3 Gradasi Agregat Kasar yang diisyaratkan

Ukuran Saringan	Persentase lolos atau berat (%)
3/4 " 19,0 mm	100
1/2 " 12,5 mm	30 – 100
3/8 " 9,5 mm	0 – 55
No.4 4,75 mm	0 – 10
No. 200 0,075 mm	0 – 1

(Sumber : Buku 3 Spesifikasi PPJ PU Bina Marga Tahun 2018)

Tabel 2. 4 Spesifikasi Agregat kasar

Uraian	Batas Test
Keausan Agregat	Maksimum 40 %
Kelekatan Terhadap Aspal	Lebih dari 95 % Maksimum
Indeks Kepipihan V	25 %
Bidang pecah Peresapan	Minimum 50 %
Agregat Terhadap Air	Maksimum 3 %
Berat Jenis Semu	Minimum 2,5 %
Gumpalan Lempung	Maksimum 0,25 %
Bagian Batu Yang Lunak	Maksimum 5 %

(Sumber : Petunjuk Pelaksanaan LASTON No. 13/PT/B/1983)

2. Agregat Halus

Agregat halus adalah agregat yang lolos saringan No. 8 (2,36 mm), dan tertahan pada saringan No. 200 (0,075 mm) yang terdiri dari batu pecah tersaring dan atau pasir alam yang bersih, keras, dan bebas dari lempung atau bahan yang tidak dikehendaki lainnya. Karakteristik agregat halus yang menjadi tumpuan bagi kekuatan campuran aspal terletak pada jenis, bentuk dan tekstur permukaan dari agregat (Shell, 1990).

Fungsi agregat halus pada campuran beraspal:

1. Menambah stabilitas dari campuran dengan memperkokoh sifat saling mengunci dari agregat kasar dan untuk mengurangi rongga udara agregat kasar.
2. Semakin besar tekstur permukaan agregat halus akan menambah stabilitas campuran dan menambah kekasaran permukaan perkerasan jalan.
3. Agregat halus pada saringan No. 8 sampai dengan saringan No. 30 penting dalam memberikan kekasaran yang baik untuk kendaraan.
4. Pada gap graded, agregat halus saringan No. 8 sampai dengan saringan No. 30 dikurangi agar diperoleh rongga udara yang memadai untuk jumlah aspal tertentu sehingga permukaan gap graded cenderung halus.
5. Agregat halus pada saringan No. 30 sampai dengan No. 200 penting untuk menaikkan kadar aspal, sehingga akan bertambah awet.
6. Keseimbangan proporsi penggunaan agregat kasar dan halus penting agar diperoleh permukaan yang tidak licin dengan jumlah kadar aspal yang diinginkan.

Menurut Bina Marga (2007) mensyaratkan agregat yang digunakan harus memenuhi spesifikasi:

- c. Agregat halus dari sumber bahan manapun, harus terdiri dari pasir atau pensaringan batu pecah dan terdiri dari bahan lolos saringan no. 8 (2,36 mm)
- d. Pasir boleh digunakan dalam campuran beraspal. Persentase maksimum yang diijinkan untuk laston (AC) adalah 10%.

Agregat halus memegang peranan penting dalam pengontrolan daya tahan terhadap deformasi, tetapi penambahan daya tahan ini diikuti pula dengan penurunan daya tahan campuran secara keseluruhan jika melebihi proporsi yang diisyaratkan. Adapun persyaratan dan spesifikasi gradasi agregat halus sebagai berikut:

Tabel 2. 5 Gradasi Agregat Halus yang diisyaratkan

Ukuran Saringan		Persen Berat Yang Lolos
Mm	ASTM	
9,50	3/8	100
4,74	No. 4	90 - 100
2,36	No. 8	80 - 90
0,60	No. 30	24 - 100
0,075	No. 200	3 - 11

(Sumber : Buku 3 Spesifikasi PPJ Hal. 6.3.2)

Tabel 2. 6 Spesifikasi Agregat Halus

Uraian	Batas Test
Nilai Sand Equivalent	Minimum 50 %
Berat Jenis Semu	Minimum 2,5 %
Penyerapan Agregat Terhadap Air	Minimum 3 %

(Sumber : Petunjuk Pelaksanaan LASTON No. 13/PT/B/1983)

3. Bahan Pengisi (filler)

Filler adalah bahan pengisi berbutir halus yang merupakan material ringan yang berfungsi sebagai pengisi rongga dalam campuran (void in mix) dan termasuk butiran yang lolos saringan No. 30 dimana persentase berat yang lolos saringan No. 200 minimum 65%. Apabila campuran agregat kasar dan halus masih belum masuk dalam spesifikasi yang telah ditentukan, maka pada campuran Laston perlu ditambah dengan filler.

Filler merupakan material pengisi yang terdiri dari abu batu, abu kapur (limestone dust), abu terbang, debu dolomite atau semen (PC) atau bahan non plastis lainnya yang harus kering dan bebas dari gumpalan-gumpalam dan bahan- bahan lain yang mengganggu. (Bina Marga, 2007)

a) Jenis dan sifat filler :

1. Bahan filler terdiri dari abu batu, semen Portland, abu dolomite, kapur dan lain-lain.
2. Harus kering dan bebas dari pengumpulan dan bila diuji dengan pengayakan basah harus mengandung bahan yang lolos saringan No. 200 tidak kurang dari 70% beratnya.
3. Semua campuran beraspal harus mengandung bahan pengisi yang ditambahkan tidak kurang dari 1% dan maksimum 2% dari berat total agregat.

b) Fungsi dari filler adalah :

1. Untuk memodifikasi gradasi agregat halus, sehingga berat jenis agregat meningkat dan jumlah aspal yang diperlukan untuk mengisi rongga akan berkurang.
2. Mengisi ruang antara agregat halus dan kasar serta meningkatkan kepadatan dan stabilitas.
3. Mengisi rongga dan menambah bidang kontak antara butir agregat, sehingga akan meningkatkan kekuatan campuran.
4. Bila dicampur dengan aspal, filler akan membentuk bahan pengikat yang berkonsistensi tinggi sehingga meningkatkan butiran agregat secara bersama-sama.
5. Menggunakan rongga udara (air void), pemberian filler pada campuran lapis keras mengakibatkan lapis keras mengalami berkurangnya kadar pori. Partikel filler menempati rongga diantara partikel-partikel yang lebih besar,

sehingga ruang diantara partikel-partikel besar berkurang. Secara umum penambahan filler ini dimaksudkan untuk menambah stabilitas serta kerapatan dari campuran aspal.

c) Persyaratan Filler adalah :

1. Bahan filler terdiri dari abu batu, semen portland, abu terbang, debu dolomite, kapur, dan lain-lain.
2. Harus kering dan bebas dari pengumpulan dan bila diuji dengan pengayakan basah harus mengandung bahan yang lolos saringan N0. 200 tidak kurang dari 70% beratnya.
3. Penggunaan kapur sebagai bahan pengisi dapat memperbaiki daya tahan campuran, membantu penyelimutan dari partikel agregat.

Kekuatan utama aspal beton ada pada keadaan butir agregat yang saling mengunci (interlocking) dan sedikit pada pasir / filler / bitumen sebagai campuran. Akan tetapi, banyaknya pengisi dalam campuran aspal beton sangat dibatasi. Sebab apa bila kebanyakan bahan pengisi, maka campuran akan sangat kaku dan mudah retak. Sebaliknya, apabila campuran kekurangan bahan pengisi maka campuran menjadi sangat lentur dan mudah terdeformasi oleh roda kendaraan yang melintas sehingga menghasilkan jalan yang bergelombang.

Tabel 2. 7 Ukuran Gradasi Filler

Ukuran saringan	Filler % Lolos
No.30 (0,59 mm)	100
No.50 (0,279 mm)	95-100
No.100 (0,149 mm)	90-100
No.200 (0,074 mm)	70-100

Sumber : *Petunjuk Pelaksanaan Lapisan Aspal Beton (LASTON)*, 1983

Tabel 2. 8 Ketentuan Filler

Karakteristik	Metode Pengujian	Persyaratan
Berat jenis	AASHTO T-85 – 81	- MIN
Material lolos saringan No. 200	SNI M-02-1994-03	70 %

Sumber : *Petunjuk Pelaksanaan Lapisan Aspal Beton (LASTON)*, 1983

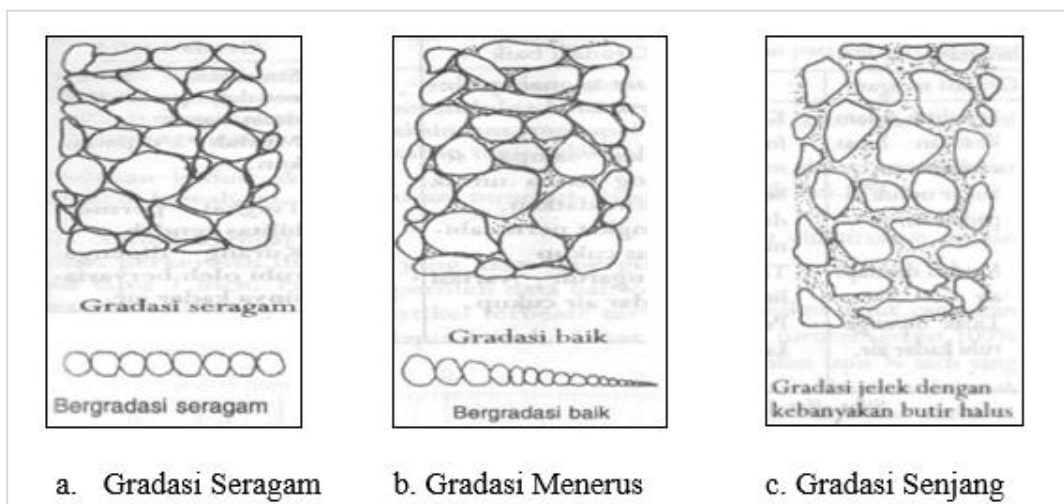
4. Gradasi Agregat

Gradasi atau distribusi partikel-partikel berdasarkan ukuran agregat merupakan hal yang penting dalam menentukan stabilitas perkerasan. Gradasi agregat mempengaruhi besarnya rongga antar butir yang akan menentukan stabilitas dan kemudahan dalam proses pelaksanaan. Gradasi Agregat dapat di bedakan menjadi 3, yaitu:

- a. Gradasi seragam (uniform graded) adalah agregat dengan ukuran yang hampir

sama/sejenis atau mengandung agregat halus yang sedikit jumlahnya sehingga tidak dapat mengisi rongga antar agregat. Gradasi seragam disebut juga gradasi terbuka. Agregat dengan gradasi seragam akan menghasilkan lapisan perkerasan dengan sifat permeabilitas tinggi, stabilitas kurang, berat volume kecil.

- b. Gradasi rapat merupakan campuran agregat kasar dan halus dalam porsi yang seimbang, sehingga dinamakan juga agregat bergradasi baik. Gradasi rapat akan menghasilkan lapisan perkerasan dengan stabilitas tinggi, kurang kedap air, sifat drainase jelek dan berat volume besar.
- c. Gradasi senjang (gap graded) merupakan digunakan untuk lapisan perkerasan lentur yaitu gradasi celah (gap graded). Agregat dengan gradasi senjang menghasilkan lapisan perkerasan yang mutunya terletak diantara kedua jenis di atas.



Gambar 2. 1Macam-macam gradasi Sumber: Sukirman 1999

Penentuan distribusi ukuran agregat akan mempengaruhi kekakuan jenis campuran aspal. Gradasi rapat akan menghasilkan campuran dengan kekakuan yang lebih besar dibandingkan gradasi terbuka. Dari segi kelelahan, kekakuan adalah suatu hal yang penting karena akan mempengaruhi tegangan dan regangan yang diderita campuran beraspal panas akibat beban dinamik lalu lintas. Bentuk gradasi agregat biasanya digambarkan dalam grafik hubungan antara ukuran saringan. Adapun persyaratan dan spesifikasi yang di isyaratkan sebagai berikut:

Tabel 2. 9 Spesifikasi Gradasi Agregat Gabungan

Ukuran Ayakan		% Berat Yang Lolos terhadap Total Agregat							
		Stone Matrix Asphalt (SMA)			Lataston (HRS)		Laston (AC)		
ASTM	(mm)	Tipis	Halus	Kasar	WC	Base	WC	BC	Base
1½"	37,5								100
1"	25			100				100	90 - 100
¾"	19		100	90 - 100	100	100	100	90 - 100	76 - 90
½"	12,5	100	90 - 100	50 - 88	90 - 100	90 - 100	90 - 100	75 - 90	60 - 78
⅜"	9,5	70 - 95	50 - 80	25 - 60	75 - 85	65 - 90	77 - 90	66 - 82	52 - 71
No.4	4,75	30 - 50	20 - 35	20 - 28			53 - 69	46 - 64	35 - 54
No.8	2,36	20 - 30	16 - 24	16 - 24	50 - 72	35 - 55	33 - 53	30 - 49	23 - 41
No.16	1,18	14 - 21					21 - 40	18 - 38	13 - 30
No.30	0,600	12 - 18			35 - 60	15 - 35	14 - 30	12 - 28	10 - 22
No.50	0,300	10 - 15					9 - 22	7 - 20	6 - 15
No.100	0,150						6 - 15	5 - 13	4 - 10
No.200	0,075	8 - 12	8 - 11	8 - 11	6 - 10	2 - 9	4 - 9	4 - 8	3 - 7

Sumber: Spesifikasi Umum Bina Marga Divisi 6 Perkerasan Jalan (2018)

2.6.2 Aspal

Aspal merupakan material berwarna hitam atau coklat tua. Pada temperatur ruang terbentuk padat sampai agak padat jika dipanaskan sampai temperatur tertentu dapat menjadi lunak/cair sehingga dapat membungkus partikel agregat pada waktu pembuatan campuran aspal beton atau dapat masuk kedalam pori-pori yang ada pada penyemprotan/penyiraman pada perkerasan jalan.

Aspal didefinisikan sebagai material perekat (cementitious), dengan unsur utama bitumen. Aspal dapat diperoleh di alam ataupun merupakan residu dari pengilangan minyak bumi. Aspal merupakan material yang umum digunakan untuk bahan pengikat agregat, oleh karena itu seringkali bitumen disebut pula sebagai aspal.

Aspal dibuat dari minyak mentah melalui proses penyulingan atau dapat ditemukan dalam kandungan alam sebagai bagian dari komponen alam yang ditemukan bersama-sama material lainnya seperti ada cekungan bumi yang mengandung aspal.

Aspal adalah material yang pada temperatur ruang yang berbentuk padat sampai agak padat, dan bersifat termoplastis. Jadi, aspal akan membeku jika temperatur turun. Bersama dengan agregat, aspal merupakan material pembentuk campuran perkerasan jalan.

AASHTO (1982), menyatakan bahwa jenis aspal keras ditandai dengan angka penetrasi aspal. Angka ini menyatakan tingkat kekerasan aspal atau tingkat konsistensi aspal. Semakin besar angka penetrasi aspal maka tingkat kekerasan aspal semakin rendah sebaliknya semakin kecil angka penetrasi aspal maka tingkat kekerasan aspal semakin tinggi.

Aspal pada lapis keras jalan berfungsi sebagai bahan ikat antar agregat untuk membentuk suatu campuran yang kompak, sehingga akan memberikan kekuatan yang

lebih besar dari kekuatan agregat. Aspal yang digunakan pada penelitian ini merupakan penyulingan minyak mentah produksi aspal Pertamina.

Campuran beraspal didefinisikan sebagai suatu kombinasi campuran antara agregat dan aspal. Dalam campuran beraspal, aspal berperan sebagai pengikat atau lem antar partikel agregat, dan agregat berperan sebagai tulangan.

Menurut Silvia Sukirman, Aspal yang digunakan sebagai material perkerasan jalan berfungsi sebagai:

1. Bahan pengikat, memberikan ikatan yang kuat antara aspal dan agregat dan antara sesama aspal.
2. Bahan pengisi, mengisi rongga antar butir agregat dan pori-pori yang ada di dalam butir agregat itu sendiri.

Walaupun proporsi aspal yang digunakan dalam campuran relatif sedikit, hanya sekitar 4% hingga 10% terhadap berat total campuran beton aspal, namun aspal merupakan material penting dalam konstruksi jalan dan memiliki harga yang lebih tinggi dibandingkan dengan agregat. Sifat-sifat yang menguntungkan untuk digunakan antara lain:

1. Memiliki kedap air yang tinggi.
2. Tahan terhadap pengaruh asam, basa dan cuaca.
3. Memiliki sifat adhesi.

Beberapa persyaratan aspal sebagai bahan perkerasan:

a. Kekakuan (Stiffness)

Aspal harus memiliki kekakuan atau kekerasan yang cukup agar dapat mempertahankan bentuknya.

b. Kuat Tarik (Tensile Strength)

Kuat Tarik sangat diperlukan agar lapis perkerasan yang dibuat akan tahan terhadap retakan (Cracking).

c. Tahan terhadap cuaca

Kondisi perkerasan jalan yang mengalami perubahan cuaca mengharuskan aspal mempunyai sifat ini sehingga dapat memenuhi kebutuhan lalu lintas serta tahan lama. Sifat aspal lainnya adalah:

- a. Aspal mempunyai sifat mekanis (Rheologic), yaitu hubungan antara tegangan (stress) dan regangan (strain) dipengaruhi oleh waktu. Apabila mengalami pembebanan dengan jangka waktu pembebanan yang sangat cepat, maka aspal akan bersifat elastis, tetapi jika pembebanannya terjadi dalam jangka waktu yang lambat maka sifat aspal menjadi plastis (viscous).
- b. Aspal adalah bahan yang Thermoplastis, yaitu konsistensinya atau viskositasnya akan berubah sesuai dengan perubahan temperatur yang terjadi. Semakin tinggi temperatur aspal, maka viskositasnya akan semakin rendah atau semakin encer demikian pula sebaliknya.
- c. Keawetan (Durability) yang cukup, yaitu lapisan campuran beraspal harus mampu menahan keausan akibat pengaruh cuaca dan iklim, serta gesekan antara roda kendaraan dengan permukaan perkerasan jalan. Campuran aspal harus mampu bertahan terhadap perubahan yang disebabkan oleh:
 1. Proses penuaan pada aspal dimana aspal akan menjadi lebih keras. Hal ini disebabkan oleh pengaruh oksidasi dari udara dan proses penguapan yang

- berakibat akan menurunkan daya lekat dan kekenyalan aspal.
2. Pengaruh air yang menyebabkan kerusakan atau kehilangan sifat lekat antara aspal dan material lainnya
- d. Kelenturan (Flexibility), yaitu lapisan campuran beraspal harus mampu menahan lendutan akibat beban lalu lintas dan pergerakan dari pondasi atau tanah dasar tanpa mengalami retak, yang disebabkan oleh :
1. Beban yang berlangsung lama yang berakibat terjadinya kelelahan pada lapis pondasi atau pada tanah dasar yang disebabkan oleh pembebanan sebelumnya.
 2. Lendutan berulang yang disebabkan oleh waktu pembebanan lalu lintas yang berlangsung singkat.
 3. Adanya perubahan volume campuran
- e. Kedap Air (Impermeability), yaitu lapisan lapisan campuran beraspal yang cukup kedap air sehingga tidak ada rembesan air yang masuk ke lapis pondasi dibawahnya.
- f. Ketahanan terhadap kelelahan, yaitu lapisan campuran beraspal harus mampu menahan beban berulang dari beban lalu lintas tanpa terjadi kelelahan retak dan alur selama umur rencana.

2.6.3 Karakteristik Aspal

Secara umum, aspal harus memiliki karakteristik sebagai berikut:

1. Aspal homogen dan tidak terlalu bervariasi.
2. Aspal tidak peka terhadap perubahan suhu di lapangan.
3. Aspal harus memberikan lapisan yang elastis atau tidak getas sehingga perkerasan tidak mudah retak.
4. Aspal aman saat pengerjaan terutama dari bahaya kebakaran.
5. Aspal tidak cepat rapuh dan lapuk akibat penuaan.
6. Aspal mempunyai adhesi (kelekatan) yang baik terhadap agregat yang dilapisi.
7. Aspal mudah dikerjakan.
8. Aspal harus dapat melapisi agregat dan mengisi rongga antar agregat sehingga perkerasan cukup kedap terhadap air.
9. Aspal memberikan kinerja yang baik terhadap campuran aspal.

Dalam kaitannya sebagai unsur hidrokarbon yang sangat kompleks,. Penambahan adiktif pun mempengaruhi sifat fisik aspal, dimana tujuan dari penambahan adiktif ini adalah untuk meningkatkan kualitas aspal.

Karakteristik aspal tersebut menjadi latar belakang adanya ketentuan yang diatur dalam spesifikasi. Beberapa ketentuan dan pengujian aspal berikut bertujuan untuk menjamin tercapainya karakteristik aspal yang dibutuhkan:

1. Pengujian Penetrasi.
2. Pengujian Titik Lembek Aspal (Softening Point).
3. Pengujian Titik Nyala (Flash Point).
4. Pengujian Kehilangan Berat (Lost in Heating).
5. Pengujian Kelarutan dalam CC14 (Solubility).
6. Pengujian Daktilitas (Ductility).
7. Pengujian Berat Jenis (Specific Gravity).
8. Pengujian Viskositas (Viscosity).

Metode atau prosedur pengujian-pengujian yang disebutkan diatas, diatur dalam Standar Nasional Indonesia (SNI) untuk tiap jenis pengujian.

2.6.4 Spesifikasi Aspal

Aspal adalah material penting dalam perkerasan lentur karena dapat merekatkan (bersifat sebagai perekat), mengisi rongga (sebagai filler) dan memiliki sifat kedap air (waterproof). Umumnya aspal terbagi atas bentuk cair, semi pada, dan padat pada suhu ruang (25°C). (Sulaksono, 2001)

Aspal Keras/Panas (Aspal Cement, AC), adalah aspal yang digunakan dalam keadaan cair dan panas aspal ini berbentuk padat pada keadaan penyimpangan temperatur ruang (25°C - 35°C). Pengelompokan aspal semen dapat dilakukan berdasarkan nilai penetrasi (tingkat kekerasan pada temperatur 25°C ataupun berdasarkan nilai viskositasnya). Semakin meningkatnya besar angka penetrasi aspal maka tingkat kekerasan aspal semakin rendah, sebaliknya semakin kecil angka penetrasi aspal maka tingkat kekerasan aspal semakin tinggi. (AASHTO, 1982)

Adapun Persyaratan Aspal pen 60/70 pada tabel 2.6 dibawah ini:

Tabel 2. 10 Persyaratan Aspal Pen 60/70

Jenis Pengujian	Metode
Penetrasi, 25°C, 100gr, 5 detik: 0,1 mm Titik	SNI 06-2456-1991
lembek: C°	SNI 06-2434-1991
Titik Nyala: C°	SNI 06-2433-1991
Daktalitas, 25°C : cm	SNI-06-2432-1991
Berat Jenis	SNI-06-2442-1991
Kelarutan dalam trichloretilene: %	SNI M-04-2002
berat Penurunan berat (TFOT), % berat	SNI-06-2440-1991
Penetrasi setelah penurunan berat: % asli	SNI-062456-1990
Daktalitas setelah penurunan berat: % asli	SNI-06-2432-1991
Mineral lolos saringan No. 100 %	SNI-03-1968-1990

Sumber: Pedoman Pemanfaatan Aspal, S. Sukirman (1999)

Aspal semen yang penetrasi rendah digunakan di daerah bercuaca panas (lalu lintas dengan volume tinggi) sedangkan aspal semen dengan penetrasi tinggi digunakan untuk daerah bercuaca dengan lalu lintas bervolume rendah. Di Indonesia aspal semen biasanya dibedakan berdasarkan nilai penetrasi.

1. AC per 40/50 yaitu AC dengan penetrasi antara 40-50.
2. AC per 60/70 yaitu AC dengan penetrasi antara 60-70.
3. AC per 84/100 yaitu AC dengan penetrasi antara 84-100.
4. AC per 120-150 yaitu AC dengan penetrasi antara 120-150.
5. AC per 200-300 yaitu AC dengan penetrasi antara 200-300.

Adapun persyaratan Aspal Keras berdasarkan Tabel 2.10 dibawah ini:

Tabel 2. 11 Spesifikasi Aspal Keras

No.	Jenis Pengujian	Metoda Pengujian	Tipe I Aspal Pen.60-70	Tipe II Aspal Modifikasi	
				Elastomer Sintetis	
				PG70	PG76
1.	Penetrasi pada 25°C (0,1 mm)	SNI 2456:2011	60-70	Dilaporkan ⁽¹⁾	
2.	Temperatur yang menghasilkan Geser Dinamis ($G^*/\sin\delta$) pada osilasi 10 rad/detik $\geq 1,0$ kPa, (°C)	SNI 06-6442-2000	-	70	76
3.	Viskositas Kinematis 135°C (cSt) ⁽³⁾	ASTM D2170-10	≥ 300	≤ 3000	
4.	Titik Lembek (°C)	SNI 2434:2011	≥ 48	Dilaporkan ⁽²⁾	
5.	Daktilitas pada 25°C, (cm)	SNI 2432:2011	≥ 100	-	
6.	Titik Nyala (°C)	SNI 2433:2011	≥ 232	≥ 230	
7.	Kelarutan dalam <i>Trichloroethylene</i> (%)	AASHTO T44-14	≥ 99	≥ 99	
8.	Berat Jenis	SNI 2441:2011	$\geq 1,0$	-	
9.	Stabilitas Penyimpanan: Perbedaan Titik Lembek (°C)	ASTM D 5976-00 Part 6.1 dan SNI 2434:2011	-	$\leq 2,2$	
No.	Jenis Pengujian	Metoda Pengujian	Tipe I Aspal Pen.60-70	Tipe II Aspal Modifikasi	
				Elastomer Sintetis	
				PG70	PG76
10.	Kadar Parafin Lilin (%)	SNI 03-3639-2002	≤ 2		
Pengujian Residu hasil TFOT (SNI-06-2440-1991) atau RTFOT(SNI-03-6835-2002) :					
11.	Berat yang Hilang (%)	SNI 06-2441-1991	$\leq 0,8$	$\leq 0,8$	
12.	Temperatur yang menghasilkan Geser Dinamis ($G^*/\sin\delta$) pada osilasi 10 rad/detik $\geq 2,2$ kPa, (°C)	SNI 06-6442-2000	-	70	76
13.	Penetrasi pada 25°C (% semula)	SNI 2456:2011	≥ 54	≥ 54	≥ 54
14.	Daktilitas pada 25°C (cm)	SNI 2432:2011	≥ 50	≥ 50	≥ 25
Residu aspal segar setelah PAV (SNI 03-6837-2002) pada temperatur 100oC dan tekanan 2,1 MPa					
15.	Temperatur yang menghasilkan Geser Dinamis ($G^*/\sin\delta$) pada osilasi 10 rad/detik ≤ 5000 kPa, (°C)	SNI 06-6442-2000	-	31	34

Sumber : Spesifikasi Umum Bina Marga Divisi 6 Perkerasan Jalan (2018)

2.7 Pengujian Campuran

1. Pengujian Marshall Test

Pengujian Marshall merupakan pengujian yang paling banyak dan paling umum dipakai saat ini. Hal ini disebabkan karena alatnya sederhana dan cukup praktis untuk dimobilisasi.

Pengujian Marshall bertujuan untuk mengukur daya tahan (stabilitas) campuran agregat dan aspal terhadap kelelahan plastis (*flow*). *Flow* didefinisikan sebagai perubahan deformasi atau regangan suatu campuran mulai dari tanpabeban, sampai beban maksimum dan dinyatakan dalam milimeter atau 0.01”.

Sifat-sifat campuran beton aspal dapat dilihat dari parameter-parameter pengujian marshall antara lain:

a. Stabilitas Marshall

Nilai stabilitas diperoleh berdasarkan nilai masing-masing yang ditunjukkan oleh jarum dial. Stabilitas merupakan parameter yang menunjukkan batas maksimum beban yang dapat diterima oleh suatu campuran beraspal saat terjadi keruntuhan yang dinyatakan dalam kilogram. Nilai stabilitas yang terlalu tinggi akan menghasilkan perkerasan yang terlalu kaku sehingga tingkat keawetannya berkurang.

b. Kelelahan (*flow*)

Kelelahan (*Flow*) merupakan total deformasi yang dinyatakan dalam millimeter (mm) yang terjadi pada sampel padat dari campuran perkerasan hingga mencapai titik beban maksimum pada saat pengujian stabilitas Marshall. Seperti halnya cara memperoleh nilai stabilitas, nilai *flow* merupakan nilai dari masing-masing yang ditunjukkan oleh jarum dial. Hanya saja jarum dial *flow* biasanya dalam satuan mm (millimeter). Menurut *Fredy*, suatu campuran yang memiliki kelelahan yang rendah akan lebih kaku dan kecenderungan untuk mengalami retak dini pada usia pelayanannya.

c. Hasil Bagi Marshall (*Marshall Quotient*)

Hasil Bagi Marshall merupakan hasil bagi stabilitas dengan kelelahan. Semakin tinggi nilai MQ, maka kemungkinan terjadinya kekakuan suatu campuran akan semakin tinggi, dan campuran akan semakin rentan terhadap keretakan.

$$\text{Marshall Quotient} = \frac{\text{stabilitas}}{\text{flow}} \dots\dots\dots (2.1)$$

d. Rongga Terisi Aspal (VFA)

Rongga terisi aspal (VFA) adalah persen rongga yang terdapat diantara partikel agregat (VMA) yang terisi oleh aspal, tidak termasuk aspal yang diserap oleh agregat. Rumus adalah sebagai berikut :

$$VFA = 100 \times \frac{VMA - VIM}{VMA} \dots\dots\dots (2.2)$$

Dimana:

VFA : Rongga udara yang terisi aspal, persentase dari VMA (%)

VMA: Rongga udara pada mineral agregat, persentase dari volume total (%)

VIM : Rongga udara pada campuran setelah pemadatan (%)

e. Rongga Antar Agregat (VMA)

Rongga antar agregat (VMA) adalah ruang rongga diantara partikel agregat pada suatu perkerasan, termasuk rongga udara dan volume aspal efektif (tidak termasuk volume aspal yang diserap agregat). Perhitungan VMA terhadap campuran adalah jika komposisi campuran ditentukan sebagai persen berat dari campuran total, maka VMA

dihitung dengan persamaan sebagai berikut :

$$VMA = 100 - \left(\frac{*Ps}{Gsb} \right) \dots\dots\dots(2.3)$$

Dimana :

VMA : Rongga dalam agregat mineral (persen volume curah)

Gsb : Berat jenis curah agregat

Ps : Agregat, persen berat total campuran

Gmb : Berat jenis curah campuran padat (ASTM D 2726)

Atau, jika komposisi campuran ditentukan sebagai persen berat agregat, maka

VMA dihitung dengan persamaan sebagai berikut :

$$VMA = 100 - \frac{Gmb}{Gsb} X \frac{100}{100+Pb} 100 \dots\dots\dots(2.4)$$

Dimana :

Pb : Aspal, persen berat agregat

Gmb : Berat jenis curah campuran padat

Gsb : Berat jenis curah agregat

f. Rongga Udara (VIM)

Rongga udara dalam campuran (Va) atau VIM digunakan untuk mengetahui besarnya rongga campuran dalam persen. Rongga udara dalam campuran perkerasan beraspal terdiri atas ruang udara diantara partikel agregat yang terselimuti aspal. Volume rongga udara dalam campuran dapat ditentukan dengan rumus berikut:

$$VIM = 100 X \frac{Gmm - Gmb}{Gmm} \dots\dots\dots(2.5)$$

Dimana:

VIM : Rongga udara dalam campuran padat, persen dari total volume.

Gmm : Berat jenis maksimum campuran.

Gmb : Berat jenis curah campuran padat

2.8 Penelitian Terdahulu

Dalam penelitian mereka, Sulistyaningsih, A., Nurin RA, A. A. Z., Kustirini, A., Purnijanto, B., 2022 Karakteristik Marshall Terhadap Penggunaan Asbuton Butir B5/20 dengan Aubstitusi Daspal dan Aspal Penetrasi 60/70 Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dari Asbuton butir B 5/20 dan aspal Pen 60/70 menghasilkan berat jenis udara, dalam air, SSD (Jenuh Permukaan). Pada benda uji dengan variasi 0% memperoleh hasil rata-rata berat udara 1198,0 gram, berat jenis dalam air 703,5 gram dan SSD 1219,7 gram. Benda uji dengan variasi 1% memperoleh berat enis rata-rata yaitu berat jenis udara 1199,3 gram, berat dalam air 704,9 gram, SSD 1217,4 gram. Kemudian untuk benda uji ketiga dengan variasi 3% memperoleh berat jenis dengan rata-rata berat udara 1197.9 gram, berat dalam air 703,3 gram dan SSD 1214,1 gram. Semakin tinggi titik kelelahan maka nilai leleh juga semakin besar. Dalam pengujian benda uji, variasi 0% memperoleh nilai leleh terendah dan variasi 3% memperoleh nilai leleh tertinggi.

Dalam penelitian mereka, Sujiartono,A., Mudjanarko, S. W., 2022 Analisis Karakteristik Modifikasi Asbuton Granular B 50/30 dengan PEN Aspal 60/70. Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan, material Asbuton Granular B 50/30 dan Aspal Pen 60/70 mempunyai sifat aspal sesuai persyaratan pada Spesifikasi Umum Bina Marga 2018. Sehingga dapat dilanjutkan untuk digunakan dalam pembuatan variasi modifikasi antara Asbuton Granular B 50/30 dan Pena Aspal 60/70. Hasil pengujian menunjukkan bahwa modifikasi aspal dengan kode K4 yang mempunyai komposisi 25% Asbuton Granular B 50/30 dan 75% Aspal Pen 60/70 merupakan hasil optimal modifikasi. Berdasarkan hasil penelitian, peluang peningkatan penggunaan Asbuton masih sangat besar, sehingga diperlukan penelitian lebih lanjut dengan menggunakan Asbuton jenis lain dan jika memungkinkan ditambah dengan yang lain bahan atau bahan agar modifikasi aspal dengan menggunakan Asbuton dapat lebih ditingkatkan dan alatnya yang dapat menghomonogenkan campuran sehingga hasil pengujian lebih baik.

Dalam penelitian mereka, Hermadi, M., Ronny, Yohanes P.A., Firdaus, Y, 2023 Perbandingan Karakteristik Antara Campuran Beraspal Panas Asbuton Murni, Asbuton Butir B 50/30 dan Aspal Minyak PEN 60 Asbuton Murni memiliki karakteristik setara aspal PG 70 namun perlu diperhatikan nilai penurunan berat setelah TFOT ada jangan sampai di atas batas maksimum 1%. Asbuton Butir B 50/30 berasal dari deposit yang sama dengan Asbuton Murni sehingga besar kemungkinan juga memiliki bitumen yang karakteristiknya sama dengan Asbuton Murni yaitu setara aspal PG 70. Sedangkan Aspal Minyak Pen 60 umumnya setara aspal PG 58. Dengan demikian di dalam campuran beraspal panas dengan Asbuton Butir B 50/30 aspal total setara PG 64. Campuran dengan Asbuton Murni memiliki karakteristik yang tertinggi dibanding campuran lainnya. Namun karena jumlahnya di pasaran masih terbatas, maka Asbuton Butir B 50/30 juga dapat didorong penggunaannya, baik di jalan nasional maupun jalan daerah.

Dalam penelitian mereka, Dewi, M. K., Iskandar, I., 2022 Analisis Perbandingan Penggunaan Aspal Batu Buton (BRA B 5/20) di Pulau Bangka Belitung Sesuai Dengan Spesifikasi Umum 2018 Rev.02 (Studi Kasus: Jalan dan Jembatan Kelestarian) 1. Stabilitas Marshall sesuai dengan Spesifikasi 2018 Rev.02 adalah 1.252 Kg dari minimal 800Kg;2. Rongga dalam Agregat Mineral (VMA) % memenuhi Spesifikasi Umum 2018 Rev.02 sebesar 15,61% dari minimal 15%;3. Rongga Terisi Aspal (%) memenuhi ketentuan Umum Spesifikasi 2018 Rev.02 adalah 72,55% dari minimal 65%;4. Stabilitas sisa Marshall (%), setelah perendaman selama 24 jam, 60 oC memenuhi Spesifikasi Umum 2018 Rev.02 yaitu 90,16% dari minimal 90%. Untuk beberapa aspek masih membutuhkan penelitian yang lebih detail.

Dalam penelitian mereka, Novitasari, D., Atikah, D., Harun, M., Mooy, S. N. M., 2023 Perbandingan Efektivitas CPHMA dan AC-WC Sebagai Bahan Penambal Lubang. Perlu dilakukan evaluasi penggunaan CPHMA sebagai bahan penambal lubang secara rutin kegiatan pemeliharaan jalan untuk mengetahui efektivitas dan efisiensinya jika dibandingkan dengan panas campuran (AC – WC). Evaluasi yang dilakukan dapat menjadi masukan bagi pemerintah dan CPHMA vendor untuk selalu menjaga kualitas produk agar CPHMA mampu bersaing dengan aspal minyak dan Asbuton bisa sejahtera di negerinya sendiri. Diperlukan evaluasi/penelitian lebih lanjut mengenai penyebab kegagalan CPHMA perbaikan terus-menerus. Selain itu, pemerintah perlu melakukan pemantauan secara berkala kualitas CPHMA yang dijual vendor demi kepuasan konsumen.

Dalam penelitian mereka, Pinangkaan, V. Y., Sompie, T. P. F., Sudamo, 2022 Analisis Perbandingan Karakteristik antara AC-WC Asbuton dengan Cold Paving Hot Mix Asbuton (CPHMA) Persentase komposisi dari AC-WC Asbuton adalah: batu pecah 13-19 = 9.0%, batu pecah 5-13 = 43.0%, abu batu = 47.0% dan filler = 1.0%. AC-WC Asbuton dalam pembuatan bricket dengan variasi kadar aspal: 5%, 5.5%, 6%, 6.5%, 7%

diperoleh nilai Kadar Aspal Optimum adalah 6.35%. Perbandingan karakteristik untuk AC-WC Asbuton dan Cold Paving Hotmix Asbuton adalah: Nilai Density dari AC-WC Asbuton 2.286 gr/cm³ dan CPHMA 2.246 gr/cm³. Nilai Stabilitas AC-WC Asbuton sebesar 1420 kg dan CPHMA 604.09 kg. Nilai VIM AC-WC Asbuton adalah 4.15% dan CPHMA 5.48%; nilai VMA ACWC Asbuton 17.45% dan CPHMA 21.08%; serta nilai VFB untuk AC-WC Asbuton 76.50% dan CPHMA 73.84%. Flow untuk AC-WC Asbuton sebesar 3.57 mm dan CPHMA 8.16 mm. Berdasarkan perbandingan nilai yang diperoleh, AC-WC Asbuton memiliki kepadatan serta ketahanan dalam menerima beban kendaraan yang lebih baik dari CPHMA. CPHMA memiliki rongga dalam campuran dan rongga dalam agregat yang lebih banyak dibandingkan AC-WC Asbuton.

Dalam penelitian mereka, Karyawan, I. D. M. A., Yuniarti, R., Widianty, D., Wahyudi, M., 2021 Berdasarkan sifat mekanik (stabilitas, aliran, dan MQ), campuran aspal menggunakan Asbuton dengan peremajaan yang dipadatkan pada suhu panas (150OC), mempunyai kinerja yang lebih baik dibandingkan dengan yang dipadatkan pada suhu dingin (30OC). Namun, dari sudut pandang volumetrik, pemadatan panas dan dingin dapat dilakukan tidak memenuhi persyaratan untuk digunakan. Hal ini diperlukan untuk menyembuhkan campuran aspal-beton pada waktu tertentu sehingga proses pelunakan aspal yang terkandung dalam Asbuton adalah dicapai secara optimal untuk meningkatkan kinerja.

Dalam penelitian mereka, Irianto, Tumpu, M., Parung, H., 2020 Karakteristik Volumetrik Campuran HRS-WC Menggunakan Petroleum Bitumen Grade 60/70 sebagai Bahan Pengikat Penggunaan aspal minyak 60/70 sebagai bahan pengikat pada campuran aspal cocok digunakan sebagai aspal panas. campuran menggunakan gradasi HRS-WC. Nilai volumetrik terdiri dari VIM (Void in Mix), VMA (Void Mineral Aggregate) dan VFB (Void Filled Bitumen) Campuran aspal dapat digunakan untuk menentukan kandungan aspal yang optimal. Nilai volumetrik yang sangat berpengaruh pada campuran aspal adalah Nilai VIM yang merupakan rongga pada campuran. Kadar aspal yang optimal dapat ditentukan oleh parameter stabilitas dan parameter volumetrik.

Dalam penelitian mereka, Soehardi, F., Putri, L. D., Srihandayani, S., 2020 Perbedaan Suhu Penyebaran Antara Buton Buton dengan Bitumen Penetrasi Aspal 60/70. Penurunan suhu pada aspal buton berbutir mengalami peningkatan, jika dibandingkan dengan campuran aspal menggunakan aspal cair. selisih penurunan suhu rata – rata campuran aspal yang telah dihampar sebelum dipadatkan adalah 16,55 0 C /Jam dengan suhu udara 250 C – 300 C Sehingga perlu penanganan khusus dalam pelaksanaan dilapangan untuk mengatasi penurunan suhu yang cepat. Perlu adanya penanganan khusus jika ingin diterapkan di lapangan karena suhu tinggi dapat berpengaruh besar dan perlu adanya penanganan cepat untuk menormalkan suhu tinggi.

Dalam penelitian mereka, Kafabihi, A., Wedyantadji, B., Imananto, E. I., 2020 Penggunaan Aspal Buton Pada Campuran AC-WC (Asphalt Concrete – Wearing Course) Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan maka didapatkan kadar aspal yang terkandung dalam asbuton hasil ekstraksi yaitu sebesar 20,68% yang dimana dalam peraturan KPUPR Direktorat Jendral Bina Marga Spesifikasi Umum 2018 masuk dalam kategori Asbuton Butir Tipe B 50/30 dimana kadar bitumen asbuton Min 20%. Pemakaian asbuton perlu diteliti lebih lanjut agar nilai stabilitas dapat mendekati KAO normal/tanpa asbuton, sehingga campuran aspal mendapatkan nilai stabilitas yang optimal