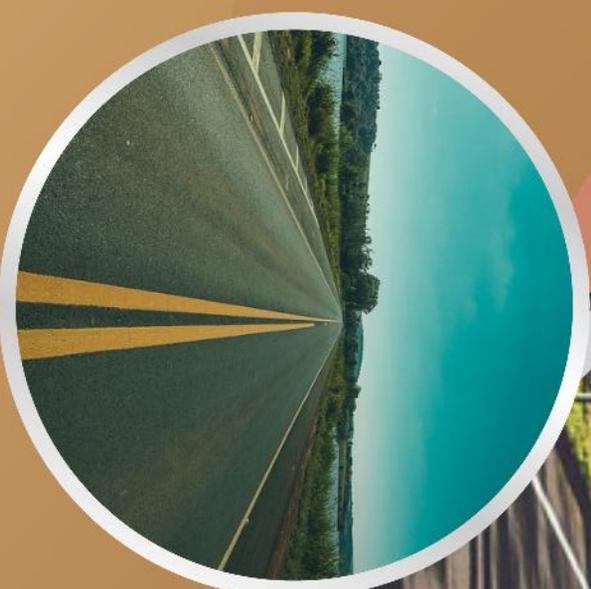




**HUBUNGAN ANTARA
KONSISTENSI PERANCANGAN,
PELAKSANAAN DAN
PENGENDALIAN MUTU
ASPAL BETON TERHADAP
PENURUNAN
KINERJA JALAN**



Herman Fitra, ST, MT



SEFA BUMI PERSADA
Jl. Matikusalah No. 3 Bayu - Aceh Utara
email: sefabumipersada@gmail.com
Telp. 085260363550



9 78 603 6939 35 4



Herman Fithra, ST, MT

Hubungan Antara Konsistensi Perancangan, Pelaksanaan dan Pengendalian Mutu Aspal Beton Terhadap Penurunan Kinerja Jalan

Diterbitkan Oleh:



CV. SEFA BUMI PERSADA - ACEH
2017

Hubungan Antara Konsistensi Perancangan, Pelaksanaan dan Pengendalian Mutu Aspal Beton Terhadap Penurunan Kinerja Jalan

Oleh : **Herman Fithra, ST, MT**

Editor : **M. Fauzan, ST., MT**
Mukhlis, ST., MT

Layout : **Rizki**

Hak Cipta © 2017 pada Penulis
Pracetak dan Produksi : *CV. Sefa Bumi Persada*

*Hak Cipta dilindungi undang-undang.
Dilarang memperbanyak atau memindahkan sebagian atau seluruh isi buku ini
dalam bentuk apapun, baik secara elektronik maupun mekanis, termasuk
memfotokopi, merekam atau dengan sistem penyimpanan lainnya, tanpa izin
tertulis dari Penulis*

Penerbit:
SEFA BUMI PERSADA
Jl. Malikussaleh No. 3 Bayu Aceh Utara - Lhokseumawe
email: www.sefabumipersada.com
Telp. 085260363550
Cetakan I : Maret 2017 – Lhokseumawe

ISBN: 978-602-6960-39-9

1. Hal. 118 : 16,8 x 23 cm I. Judul

PENGANTAR PENULIS

Bismillahirrahmanirrahim

" Jangan takut jatuh, kerana yang tidak pernah memanjatlah yang tidak pernah jatuh. Yang takut gagal, kerana yang tidak pernah gagal hanyalah orang-orang yang tidak pernah melangkah. Jangan takut salah, kerana dengan kesalahan yang pertama kita dapat menambah pengetahuan untuk mencari jalan yang benar pada langkah yang kedua (HAMKA)"

Alhamdulillah, puji dan syukur kehadiran Allah SWT yang senantiasa melimpahkan rahmad dan hidayahnya kepada kita semua. Sehingga penulis mampu menyelesaikan sebuah buku referensi dengan judul "Hubungan antara Konsistensi Perancangan, Pelaksanaan dan Pengendalian Mutu Aspal Beton Terhadap Penurunan Kinerja Jalan". Shalawat dan salam kepada junjungan alam nabi besar Muhammad SAW, pendidik teladan dan guru paling mulia bagi seluruh umat manusia, para sahabat, keluarga dan seluruh umatnya yang senantiasa menjadikan beliau sebagai suri tauladan dan panutan dalam hidup.

Buku referensi ini dihasilkan dari hasil kegiatan penulis melakukan penelitian terkait proses pemeliharaan jalan Krueng Geukueh - Beureughang kecamatan Dewantara Kabupaten Aceh Utara tahun 2013 sampai dengan tahun 2017. Hasil dari penelitian ini sudah dilakukan beberapa perubahan yang dianggap relevan untuk kepentingan penerbitan dan publikasi.

Adapun maksud dan tujuan dari penerbitan dan publikasi tulisan ini untuk bahan referensi bagi mahasiswa, alumni dan praktisi yang terlibat dalam dunia konstruksi jalan raya, khususnya perkerasan aspal panas. Sehingga buku referensi ini dapat dijadikan

sebagai pedoman dalam perancangan, pelaksanaan dan pengendalian mutu untuk mencapai umur jalan yang direncanakan.

Penelitian ini dapat diselesaikan dan diterbitkan sebagai sebuah buku referensi berkat bantuan dari Bapak Ir. Risawan Bentara, MT selaku Kepala Dinas Bina Marga Kabupaten Aceh Utara tahun 2012 dan penerbit Sefa Bumi Persada yang telah bersedia menerbitkan buku ini. Penerbitan buku ini dapat direalisasikan juga berkat bantuan Bapak M. Fauzan, ST., MT dan Bapak Mukhlis, ST., MT selaku editor.

Penulis mengucapkan terima kasih dan penghargaan setinggi-tingginya kepada pihak-pihak yang telah membantu penerbitan buku referensi ini. Dengan segala kerendahan hati yang tulus penulis mengucapkan terima kasih kepada Razali Amin, ST, Muhammad Razuardi, ST, Irfan Arief, ST, Amalia A.Md, Afriza Umaiza A.Md, dan Bapak Hamzani, ST., MT selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Malikussaleh yang telah memberikan dorongan moril penyelesaian penulisan buku referensi ini. Pendapat saran dan koreksi masih tetap diterima, yang akan digunakan sebagai bahan untuk menyempurnakan penulisan di masa yang akan datang.

Akhirnya hanya kepada Allah SWT penulis berserah diri, kepada-Nya kita berlindung semoga selalu berada dalam ridha-Nya. Semoga referensi ini bermanfaat. Amin Ya Rabbal Alamin.

Lhokseumawe, Maret 2017

Herman Fithra

PENGANTAR EDITOR

Bismillahirrahmanirrahim

Lapisan konstruksi perkerasan jalan di Indonesia umumnya menggunakan lapisan aspal panas untuk lapisan penutupnya. Salah satunya adalah campuran panas Asphalt Concrete (AC) yang terdiri dari AC-WC, AC-BC, dan AC-Base. Keberhasilan pelaksanaan campuran panas dilapangan akan menentukan kekuatan atau daya tahan lapisan perkerasan tersebut.

Kekuatan atau daya tahan lapisan konstruksi Asphalt Concrete sangat ditentukan oleh kemampuan untuk merancang komposisi agregat dengan benar, pemahaman pencampuran antara agregat dan aspal di Asphalt Mixing Plant (AMP) serta pengendalian mutu yang kuat.

Konsistensi antara perancangan, pelaksanaan dan pengendalian mutu dalam pekerjaan konstruksi perkerasan jalan dari aspal campuran panas (hot mix) AC mutlak dibutuhkan untuk menghasilkan campuran aspal panas AC yang baik sesuai spesifikasi teknik.

Semakin tinggi konsistensi antara perancangan, pelaksanaan dan pengendalian mutu akan semakin baik konstruksi perkerasan jalan yang dihasilkan. Sehingga umur rencana jalan dapat tercapai dengan syarat beban repetisi lalu lintas juga sesuai rencana.

Pelanggaran terhadap konsistensi Perancangan, Pelaksanaan dan Pengendalian Mutu Aspal Beton mengakibatkan terjadinya penurunan kinerja jalan lebih cepat dari umur rencana yang mengakibatkan kerugian bagi semua pihak, terutama para pengguna transportasi.

Buku referensi ini adalah hasil penelitian yang dilakukan oleh Sdr. Herman Fithra yang dibantu oleh staf dan mahasiswa jurusan Teknik Sipil Universitas Malikussaleh. Penerbitan buku ini diharapkan dapat memberi warna tersendiri bagi mahasiswa, praktisi dan dosen,

Herman Fithra iii

khususnya bidang teknik jalan sebagai bahan referensi. Dalam proses editing buku referensi ini, editor tidak mengalami kesulitan yang berarti disebabkan naskah aslinya sudah baik dan lengkap.

Buku referensi ini dapat dijadikan sebagai bahan literatur untuk penelitian sejenis dan dapat juga dipakai sebagai bahan referensi dalam mengasuh mata kuliah Bahan dan Perkerasan Jalan.

Semoga buku referensi ini bermanfaat bagi mahasiswa, praktisi dan dosen yang mengampu mata kuliah di bidang transportasi khususnya bahan dan perkerasan jalan. Editor memohon maaf atas segala kekurangan dalam proses editing, jika masih terdapat kesalahan disana-sini. Segala kelemahan adalah milik editor dan kesempurnaan hanya milik Allah SWT.

Editor
M. Fauzan, ST., MT
Mukhlis, ST., MT

SINOPSIS

Aspal beton (campuran panas) adalah campuran agregat kasar, agregat halus dan bahan pengisi (filler) dengan bahan pengikat aspal yang dicampur dalam temperatur yang tinggi dalam komposisi yang tertentu dan diikat oleh spesifikasi teknik.

Campuran panas adalah campuran aspal panas untuk perkerasan lentur jalan raya terdiri dari agregat kasar, agregat halus, filer dan bahan pengikat aspal dengan perbandingan tertentu serta dicampurkan pada temperatur 155°C - 165°C.

Di Indonesia lapisan permukaan perkerasan jalan umumnya menggunakan campuran aspal panas berupa Asphalt Concrete (AC). AC secara luas digunakan sebagai lapisan permukaan konstruksi jalan dengan lalu lintas berat, sedang, ringan dan untuk landasan pacu lapangan terbang.

Selain itu AC mempunyai kelebihan diantaranya; lapisan AC kedap air, dapat langsung dilalui oleh kendaraan setelah pelaksanaan penghamparan, sifat fleksibilitas tinggi sehingga mempunyai kenyamanan bagi pengendara, waktu pelaksanaan yang singkat sehingga tercipta efisiensi waktu, tahan lama terhadap gesekan ban kendaraan, pemeliharaan yang mudah dan murah serta ekonomis.

Daya tahan atau keawetan AC ini sangat tergantung pada perancangan, pelaksanaan dan pengendalian mutu. Oleh karenanya sangat diharapkan adanya konsistensi dari tahap pembuatan Job Mix Formula sampai dengan pelaksanaan dan perawatan, dengan demikian penurunan kinerja jalan sesuai dengan umur rencana dan terhindar dari kerusakan dini.

Buku referensi dari hasil penelitian ini membahas mulai dari perancangan aspal beton meliputi tata cara membuat job mix design (JMD), job mix formula (JMF), dan trial mix. Pelaksanaan dan pengendalian mutu ditentukan berdasarkan kegiatan dilapangan dan

pengujian laboratorium dilakukan pada saat pelaksanaan konstruksi jalan. Penurunan kinerja jalan dinilai berdasarkan kerusakan jalan dengan melakukan pengujian ekstraksi aspal beton hasil core drill.

Penelitian ini juga bertujuan untuk mengetahui perbandingan DMF, JMF dan trial mix dan komposisi material AC selama masa pelayanan, sehingga diketahui penurunan kinerja jalan berdasarkan perbandingan komposisi material dan persentase kehilangan material campuran AC selama periode waktu tertentu.

Dalam rangka memenuhi kebutuhan akan buku-buku hasil penelitian yang mengulas mengenai campuran AC dan proses core drill serta ekstraksi, penulis mengharapkan agar buku referensi ini nantinya akan menjadi sebagai buku pegangan bagi para mahasiswa, dosen dan praktisi yang sedang mendalami bahan dan perkerasan jalan.

Karya penelitian ini dimaksudkan sebagai pengantar yang mengulas tentang tata cara memeriksa material aspal dan agregat, mencampur aspal dan agregat dalam campuran panas di laboratorium JMF, DMF dan ekstraksi di laboratorium serta trial mix dan core drill di lapangan sebagai pedoman kualitas. Sehingga buku referensi ini dapat dijadikan sebagai pegangan disamping buku-buku lainnya.

DAFTAR ISI

PENGANTAR PENULIS	i
PENGANTAR EDITOR.....	iii
SINOPSIS.....	v
DAFTAR ISI	vii

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	4
1.4 Manfaat Penelitian.....	4
1.5 Batasan Penelitian	4
1.6 Hasil Penelitian	6

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Jenis dan Fungsi Lapisan Perkerasan	9
2.2 Konstruksi Perkerasan Lentur	10
2.3 Beton Aspal	14
2.4 Bahan Campuran Beton Aspal	18
2.4.1 Aspal	20
2.4.2 Agregat	22
2.5 Aditif	31
2.6 Kadar Aspal Rencana	31
2.7 Pengujian Marshall.....	32
2.8 Sifat Volumetrik dari Beton Aspal Campuran Panas	36
2.9 Pembuatan DMF dan JMF	43
2.10 Trial Mix	44

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Bahan Penelitian	45
3.2 Peralatan Penelitian.....	45

3.3	Jumlah Benda Uji Penelitian	47
3.4	Pembuatan Benda Uji	49
3.5	Pengujian Benda Uji	50
3.6	Bagan Alir Penelitian.....	51
BAB IV	HASIL PENELITIAN	
4.1	Pengujian Bahan	52
4.2	Penentuan Kadar Aspal Optimum	55
4.3	Pengujian Job Mix Formula	57
4.3.1	Gradasi Job Mix Formula	57
4.3.2	Parameter Marshall dan Sifat Volumetrik Design Mix Formula	58
4.4	Pengujian Trial Mix	59
4.5	Hasil Core Drill Tahun ke 2 (titik kerusakan)	60
4.6	Hasil Core Drill Tahun ke 3 (titik kerusakan)	62
4.7	Hasil Core Drill Tahun ke 3 (titik kerusakan)	64
BAB V	PEMBAHASAN	
5.1	Pengujian Bahan	67
5.2	Formula Perancangan Campuran.....	68
5.3	Job Mix Formula	77
5.4	Trial Mix	77
5.5	Hasil Core Drill Tahun ke 2 (titik kerusakan)	78
5.6	Hasil Core Drill Tahun ke 3 (titik kerusakan)	81
5.7	Hasil Core Drill Tahun ke 4 (titik kerusakan)	85
BAB VI	KESIMPULAN DAN SARAN	
6.1	Kesimpulan	89
6.2	Saran	90

DAFTAR PUSTAKA..... 91
DAFTAR LAMPIRAN

Pendahuluan

1.1 Latar Belakang

Aspal beton (Asphalt Concrete, AC) sebagai material untuk konstruksi perkerasan jalan yang sudah lama dikenal dan paling umum digunakan di Indonesia. Penggunaannya setiap tahun semakin meningkat, hal ini disebabkan aspal beton mempunyai beberapa kelebihan dibanding dengan bahan-bahan lain, diantaranya harganya yang relatif lebih murah dibanding beton, kemampuannya dalam mendukung beban berat kendaraan yang tinggi dan dapat dibuat dari bahan-bahan lokal yang tersedia dan mempunyai ketahanan yang baik terhadap cuaca. AC adalah campuran dari agregat bergradasi menerus dengan bahan bitumen. Kekuatan utama AC ada pada keadaan butir agregat yang saling mengunci dan sedikit pada pasir/filler/bitumen sebagai mortar.

AC yang umum digunakan terdiri dari beberapa jenis, diantaranya; Asphalt Concrete Wearing Coarse (AC-WC), Asphalt Concrete Binder Coarse (AC-BC), Asphalt Concrete Base Coarse (AC-Base), Asphalt Traeted Base (ATB), Hot Roller Sheet (HRS), Fine Grade, dan Sand Sheet.

Lapisan konstruksi perkerasan jalan di Indonesia umumnya menggunakan lapisan aspal panas untuk lapisan penutupnya, dapat berupa AC-WC atau AC-BC. Konstruksi perkerasan jalan kabupaten di Aceh umumnya menggunakan campuran panas AC-BC sebagai lapisan penutupnya. Hal ini disebabkan terbatasnya anggaran dana yang tersedia. Keberhasilan pelaksanaan campuran aspal panas dilapangan

akan menentukan kekuatan atau daya tahan lapisan perkerasan tersebut.

Pengalaman para pembuat aspal beton mengatakan bahwa campuran ini sangat stabil tetapi sangat sensitif terhadap variasi dalam pembuatannya dan perlu tingkat quality control yang tinggi dalam pembuatannya.

Kekuatan atau daya tahan lapisan konstruksi AC-BC sangat ditentukan oleh kemampuan untuk merancang komposisi agregat dengan benar, pemahaman pencampuran antara agregat dan aspal di Asphalt Mixing Plant (AMP) serta pengendalian mutu yang kuat dalam pelaksanaannya. Sehingga ketiga tahapan tersebut harus dapat berjalan sebagaimana mestinya, bila hal ini tidak berjalan sebagaimana yang seharusnya dapat dipastikan konstruksi jalan tersebut tidak akan berdaya tahan lama (kegagalan konstruksi).

Konsistensi antara perancangan, pelaksanaan dan pengendalian mutu dalam pekerjaan konstruksi perkerasan jalan dari aspal campuran panas (hot mix) AC-BC mutlak dibutuhkan untuk menghasilkan campuran aspal panas AC-BC yang baik sesuai spesifikasi teknik.

Semakin tinggi konsistensi antara perancangan, pelaksanaan dan pengendalian mutu akan semakin baik konstruksi perkerasan jalan yang dihasilkan, jika kebalikannya yang terjadi maka akan menghasilkan lapisan konstruksi perkerasan jalan lemah yang mengakibatkan tidak tercapainya umur pelayanan jalan.

Umur pelayanan jalan sangat dipengaruhi oleh mutu awal campuran aspal panas jalan yang jelek, beban lalu lintas, panas/temperatur, udara, air dan hujan. Oleh sebab itu disamping direncanakan secara tepat jalan harus dipelihara dengan baik agar dapat melayani pertumbuhan lalu lintas selama umur rencana.

Pelaksanaan konstruksi jalan yang dimulai dari perancangan meliputi, job mix design (JMD), job mix formula (JMF), dan trial mix. Pelaksanaan lapangan meliputi, penyediaan material sesuai spesifikasi teknis, memastikan penggunaan peralatan kerja dalam kondisi baik dan pengendalian mutu serta perawatan berkala dalam masa layanan.

Karena alasan tersebut, maka peneliti tertarik untuk melakukan penelitian mengenai "Hubungan antara Konsistensi Perancangan, Pelaksanaan dan Pengendalian Mutu Aspal Beton Terhadap Penurunan Kinerja Jalan".

Selanjutnya penurunan kinerja jalan dinilai berdasarkan kerusakan jalan dengan melakukan pengujian ekstraksi AC hasil core drill. Penelitian ini dilakukan pada proyek peningkatan jalan kabupaten Aceh Utara pada ruas jalan Krueng Geukueh – Beureughang yang dibangun tahun 2013 dan kondisinya sampai saat ini.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan di atas, maka rumusan masalah dari penelitian ini adalah:

1. Bagaimana perbandingan nilai dari DMF, JMF dan trial mix;
2. Bagaimana perbedaan nilai dari DMF, JMF dan trial mix;
3. Bagaimana perbedaan nilai dari DMF, JMF, trial mix; dengan hasil core drill setelah penurunan kinerja jalan;
4. Bagaimana campuran aspal panas AC-BC setelah penurunan kinerja jalan.

1.3 Tujuan Penelitian

1. Mengetahui perbandingan nilai dari DMF, JMF dan trial mix;
2. Mengetahui perbedaan nilai dari DMF, JMF dan trial mix;
3. Mengetahui perbedaan nilai dari DMF, JMF, trial mix; dengan hasil core drill setelah penurunan kinerja jalan hasil;
4. Mengetahui campuran aspal panas AC-BC setelah penurunan kinerja jalan.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dalam penelitian ini adalah sebagai bahan masukan bagi pemerintah khususnya Pejabat Pelaksana Teknis kegiatan (PPTK) dalam mengevaluasi kualitas lapisan perkerasan konstruksi jalan dari campuran panas AC-BC dengan mengetahui seberapa besar tingkat konsistensi atau perbedaan/deviasi antara

perancangan, pelaksanaan dan pengendalian mutu di lapangan pada saat penghamparan campuran panas AC-BC.

Pemahaman mengenai konsistensi perancangan, pelaksanaan dan pengendalian mutu di lapangan serta hubungannya dengan penurunan kinerja jalan akan diketahui. Sehingga pengendalian mutu benar-benar menjadi prioritas oleh seluruh pihak yang terlibat dalam kegiatan pembangunan maupun pemeliharaan jalan.

1.5 Batasan Penelitian

Mengingat beberapa keterbatasan, maka penelitian ini dibatasi pada:

1. Ruas Jalan Krueng Geukueh – Beureughang yang dilaksanakan pada tahun anggaran 2013 oleh PT. Rekayasa;
2. Spesifikasi Depkimpraswil tahun 2002;
3. Gradasi agregat sesuai spesifikasi teknik Bina Marga 2010;
4. Design mix formula dilakukan oleh PT. Rekayasa melalui Laboratorium Teknik Sipil Universitas Malikussaleh;
5. Job Mix Formula dilakukan oleh PT. Rekayasa;
6. Semua material memakai milik PT. Rekayasa.

1.6 Hasil Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan pembuatan benda uji dengan variasi kadar aspal 4,5%; 5,0%; 5,5%; 6,0%; dan 6,5% dengan gradasi agregat kasar 63%, agregat halus 31%, dan filler 6% untuk memperoleh kadar aspal optimum (KAO). Diperoleh KAO 5,5% dengan density 2,312 gr/cm³, VMA 14,20%, VITM 3,83%, VFWA 73,05%, Stabilitas 1.367 kg, Flow 5,40 mm dan MQ 251 kg/mm.

1. Design Mix Formula dan Job Mix Formula

Berdasarkan pengujian Design Mix Formula (DMF) dan Job Mix Formula (JMF) hasil gradasi agregat tidak terlihat penyimpangan yang berarti. Persentase lolos saringan agregat kasar perbedaannya hanya 1,82% lebih banyak DMF dibandingkan JMF. Sedangkan agregat halus

lebih banyak JMF 1,44% dibandingkan DMF dan filler lebih banyak pada JMF 0,42% dibandingkan dengan DMF.

Paramater Marshall dan sifat volumetrik juga tidak menunjukkan perbedaan yang berarti, dimana density 2,312 gr/cm³ berbanding 2,307 gr/cm³, VMA 14,20% berbanding 14,41%, VIM 3,827% berbanding 4,06%, VFA 73,05% berbanding 71,826%, stability 1367 kg berbanding 1431 kg, flow 5,4 mm berbanding 5,5 mm dan MQ 252 kg/mm berbanding 260 kg/mm.

Data tersebut menunjukkan bahwa hasil Design Mix Formula (DMF) dan Job Mix Formula (JMF) masih dalam batas atau range kesesuai, sehingga dapat digunakan untuk perkerasan jalan Krueng Geukueh – Beureughang

2. Trial Mix

Berdasarkan pengujian Job Mix Formula (JMF) dan Trial Mix (TM) hasil gradasi agregat tidak terlihat penyimpangan yang berarti. Persentase lolos saringan agregat kasar perbedaannya hanya 4,19% lebih banyak TM dibandingkan JMF. Sedangkan agregat halus lebih banyak JMF 4,71% dibandingkan TM dan filler lebih banyak pada JMF 0,52% dibandingkan dengan TMF.

Paramater Marshall dan sifat volumetrik juga tidak menunjukkan perbedaan yang berarti, dimana density 2,307 gr/cm³ berbanding 2,317 gr/cm³, VMA 14,41% berbanding 14,034%, VIM 4,06% berbanding 3,642%, VFA 71,826% berbanding 74,053%, stability 1431 kg berbanding 1451 kg, flow 5,5 mm berbanding 5,25 mm dan MQ 260 kg/mm berbanding 276 kg/mm.

3. Hasil Core Drill Tahun ke 2 (titik kerusakan)

Berdasarkan hasil core drill pada segmen jalan yang rusak diketahui paramater Marshall dan sifat volumetrik. Sampel pertama setelah dirata-ratakan diperoleh nilai kadar aspal 4,56% berbanding 5,2% density 2,297 gr/cm³ berbanding 2,317 gr/cm³, VMA 12,77% berbanding 14,034%, VITM 5,99% berbanding 3,642%, VFWA 53,08% berbanding 74,053%, stability 1.286 kg berbanding 1451 kg,

flow 5,5 mm berbanding 5,25 mm dan MQ 234 kg/mm berbanding 276 kg/mm.

Sampel kedua setelah dirata-ratakan diperoleh nilai kadar aspal 5,34% berbanding 5,2% density 2,141 gr/cm³ berbanding 2,317 gr/cm³, VMA 19,29% berbanding 14,034%, VITM 11,31% berbanding 3,642%, VFWA 41,36% berbanding 74,053%, stability 935 kg berbanding 1451 kg, flow 5,1 mm berbanding 5,25 mm dan MQ 183 kg/mm berbanding 276 kg/mm.

Sampel ketiga setelah dirata-ratakan diperoleh nilai kadar aspal 4,52% berbanding 5,2% density 2,493 gr/cm³ berbanding 2,317 gr/cm³, VMA 7,28% berbanding 14,034%, VITM 4,17% berbanding 3,642%, VFWA 97,62% berbanding 74,053%, stability 1.659 kg berbanding 1451 kg, flow 4,5 mm berbanding 5,25 mm dan MQ 373 kg/mm berbanding 276 kg/mm.

4. Hasil Core Drill Tahun ke 3 (titik kerusakan)

Hasil core drill pada segmen jalan yang rusak diketahui paramater Marshall dan sifat volumetrik. Sampel pertama setelah dirata-ratakan diperoleh nilai kadar aspal 3,67% berbanding 5,2% density 2,202 gr/cm³ berbanding 2,317 gr/cm³, VMA 15,5% berbanding 14,034%, VITM 10,9% berbanding 3,642%, VFWA 32,4% berbanding 74,053%, stability 1.262 kg berbanding 1451 kg, flow 1,2 mm berbanding 5,25 mm dan MQ 1.187 kg/mm berbanding 276 kg/mm.

Sampel kedua setelah dirata-ratakan diperoleh nilai kadar aspal 3,37% berbanding 5,2% density 2,128 gr/cm³ berbanding 2,317 gr/cm³, VMA 18,2% berbanding 14,034%, VITM 14,3% berbanding 3,642%, VFWA 11,5% berbanding 74,053%, stability 1.390 kg berbanding 1451 kg, flow 0,8 mm berbanding 5,25 mm dan MQ 1.860 kg/mm berbanding 276 kg/mm.

Sampel ketiga setelah dirata-ratakan diperoleh nilai kadar aspal 2,74% berbanding 5,2% density 2,232 gr/cm³ berbanding 2,317 gr/cm³, VMA 13,6% berbanding 14,034%, VITM 11,3% berbanding 3,642%, VFWA 21,6% berbanding 74,053%, stability 1.402 kg

berbanding 1451 kg, flow 0,7 mm berbanding 5,25 mm dan MQ 2.290 kg/mm berbanding 276 kg/mm.

5. Hasil Core Drill Tahun ke 4 (titik kerusakan)

Hasil core drill pada segmen jalan yang rusak diketahui paramater Marshall dan sifat volumetrik. Sampel pertama setelah dirata-ratakan diperoleh nilai kadar aspal 3,70% berbanding 5,2% density 2,284 gr/cm³ berbanding 2,317 gr/cm³, VMA 12,4% berbanding 14,034%, VITM 7,62% berbanding 3,642%, VWFA 41,0% berbanding 74,053%, stability 1.091 kg berbanding 1451 kg, flow 4,7 mm berbanding 5,25 mm dan MQ 279 kg/mm berbanding 276 kg/mm.

Sampel kedua setelah dirata-ratakan diperoleh nilai kadar aspal 2,90% berbanding 5,2% density 2,220 gr/cm³ berbanding 2,317 gr/cm³, VMA 14,2% berbanding 14,034%, VITM 11,1% berbanding 3,642%, VWFA 21,1% berbanding 74,053%, stability 1.617 kg berbanding 1451 kg, flow 3,3 mm berbanding 5,25 mm dan MQ 722 kg/mm berbanding 276 kg/mm.

Sampel ketiga setelah dirata-ratakan diperoleh nilai kadar aspal 4,19% berbanding 5,2% density 2,264 gr/cm³ berbanding 2,317 gr/cm³, VMA 13,6% berbanding 14,034%, VITM 7,74% berbanding 3,642%, VWFA 43,1% berbanding 74,053%, stability 1.188 kg berbanding 1451 kg, flow 1,3 mm berbanding 5,25 mm dan MQ 1.003 kg/mm berbanding 276 kg/mm.

Tinjauan Pustaka

2.1 Jenis dan Fungsi Lapisan Perkerasan

Perkerasan jalan adalah campuran antara agregat dan bahan ikat yang digunakan untuk melayani beban lalu lintas. Agregat yang dipakai antara lain adalah batu pecah, batu belah, batu kali dan hasil samping peleburan baja. Sedangkan bahan ikat yang dipakai antara lain adalah aspal, semen dan tanah liat. Berdasarkan bahan pengikatnya, konstruksi perkerasan jalan dapat dibedakan atas :

- a. Konstruksi perkerasan lentur (Flexible Pavement), yaitu perkerasan yang menggunakan aspal sebagai bahan pengikatnya. Lapisan-lapisan perkerasan bersifat memikul dan menyebarkan beban lalu lintas ke tanah dasar.
- b. Konstruksi perkerasan kaku (Rigit Pavement), yaitu perkerasan yang menggunakan semen (Portland Cement) sebagai bahan pengikatnya. Pelat beton dengan atau tanpa tulangan diletakkan diatas tanah dasat dengan atau tanpa lapis pondasi bawah. Beban lalu lintas sebagian besar dipikul oleh pelat beton.
- c. Konstruksi perkerasan komposit (Composite Pavement), yaitu perkerasan kaku yang dikombinasikan dengan perkerasan lentur dapat berupa perkerasan lentur diatas perkerasan kaku atau perkerasan kaku diatas perkerasan lentur.

Perbedaan utama antara perkerasan kaku dan lentur diberikan pada tabel 2.1 di bawah ini.

Tabel 2.1 Perbedaan Perkerasan Lentur dan Kaku

		Perkerasan Lentur	Perkerasan Kaku
1	Bahan Pengikat	Aspal	Semen
2	Repetisi beban	Timbul Rutting (lendutan pada jalur roda)	Timbul retak-retak pada permukaan
3	Penurunan tanah dasar	Jalan bergelombang (mengikuti tanah dasar)	Bersifat sebagai balok diatas perletakan
4	Perubahan temperatur	Modulus kekakuan berubah. Timbul tegangan dalam yang kecil	Modulus kekakuan tidak berubah. Timbul tegangan dalam yang besar

Sumber : Sukirman, S., (1992), Perkerasan Lentur Jalan Raya, Penerbit Nova, Bandung

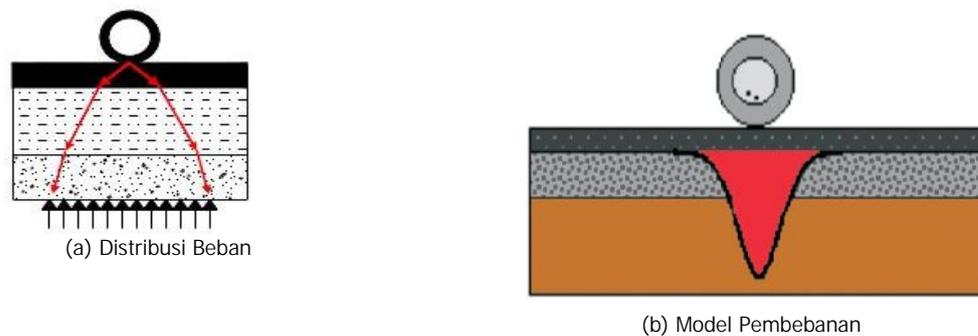
2.2 Konstruksi Perkerasan Lentur

Konstruksi perkerasan lentur (flexible pavement), adalah perkerasan yang menggunakan aspal sebagai bahan pengikat dan lapisan-lapisan perkerasannya bersifat memikul dan menyebarkan beban lalu lintas ke tanah dasar. Aspal itu sendiri adalah material berwarna hitam atau coklat tua, pada temperatur ruang berbentuk

padat sampai agak padat. Jika aspal dipanaskan sampai suatu temperatur tertentu, aspal dapat menjadi lunak/cair sehingga dapat membungkus partikel agregat pada waktu pembuatan aspal beton. Jika temperatur mulai turun, aspal akan mengeras dan mengikat agregat pada tempatnya (sifat termoplastis).

Sifat aspal berubah akibat panas dan umur, aspal akan menjadi kaku dan rapuh sehingga daya adhesinya terhadap partikel agregat akan berkurang. Perubahan ini dapat diatasi/dikurangi jika sifat-sifat aspal dikuasai dan dilakukan langkah-langkah yang baik dalam proses pelaksanaan.

Konstruksi perkerasan lentur terdiri atas lapisan-lapisan yang diletakkan di atas tanah dasar yang telah dipadatkan. Lapisan-lapisan tersebut berfungsi untuk menerima beban lalu lintas dan menyebarkan ke lapisan yang ada dibawahnya, sehingga beban yang diterima oleh tanah dasar lebih kecil dari beban yang diterima oleh lapisan permukaan dan lebih kecil dari daya dukung tanah dasar. Pola pembebanan kendaraan dilimpahkan ke perkerasan jalan melalui bidang kontak roda berupa beban terbagi rata, seperti gambar 2.1.

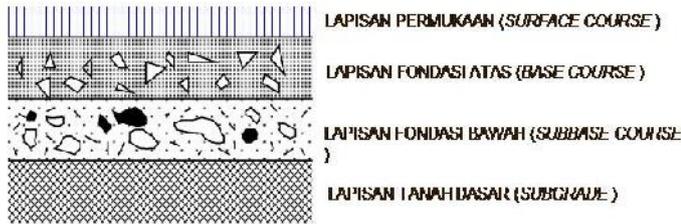


Gambar 2.1 Perkerasan Lentur

Konstruksi perkerasan lentur terdiri dari empat kelompok bagian, yaitu:

1. Lapisan permukaan (surface course)
2. Lapisan pondasi atas (base course)

-
3. Lapisan pondasi bawah (subbase course)
 4. Lapisan tanah dasar (subgrade)



Gambar 2.2 Struktur Perkerasan Lentur

Beban kendaraan yang bekerja pada struktur perkerasan lentur terdiri atas:

1. Beban terbagi rata merupakan beban repetisi dari roda kendaraan
2. Gaya geser akibat gesekan ban kendaraan pada saat pengereman
3. Getaran dari kendaraan yang bergerak
4. Getaran akibat gempa bumi.
5. Pergerakan akibat dari kembang susut tanah yang besar.

Beban berbeda-beda yang bekerja pada struktur perkerasan lentur, menyebabkan penyebarannya juga berbeda-beda. Beban terbagi rata bekerja arah vertikal, gaya rem, getaran kendaraan, gempa bumi bekerja horizontal dan kembang susut tanah mengakibatkan gaya horizontal. Beban yang bekerja ini terdistribusi sampai ke lapisan paling bawah sekitar 110 cm, makin ke bawah beban yang diterima semakin kecil. Sehingga semakin ke atas harganya semakin mahal.

Sukirman (1993) menyatakan lapisan perkerasan lentur (flexible pavement) adalah perkerasan yang menggunakan aspal sebagai bahan pengikat. Lapisan-lapisan perkerasannya bersifat memikul dan menyebarkan beban lalu lintas ke tanah dasar (subgrade). Guna dapat memberikan rasa aman dan nyaman bagi pemakai jalan, maka konstruksi perkerasan lentur haruslah memenuhi persyaratan lalu lintas dan struktural. Adapun syarat-syarat yang dimaksudkan adalah :

1. Syarat-syarat lalu lintas

Konstruksi perkerasan lentur dipandang dari keamanan dan kenyamanan berlalulintas haruslah memenuhi syarat-syarat sebagai berikut :

- a. Permukaan rata, tidak bergelombang, tidak melendut dan tidak berlubang.
- b. Permukaan cukup kaku, sehingga tidak mudah berubah bentuk akibat beban yang bekerja di atasnya.
- c. Permukaan cukup kasar, memberikan gesekan yang baik antara ban dan permukaan jalan sehingga tidak mudah selip.
- d. Permukaan tidak mengkilat dan tidak silau jika kena sinar matahari.

2. Syarat-syarat struktural

Konstruksi perkerasan jalan dipandang dari segi kemampuan memikul dan menyebarkan beban, haruslah memenuhi syarat-syarat :

- a. Ketebalan yang cukup, sehingga mampu menyebarkan beban lalulintas ke tanah dasar (subgrade).
- b. Kedap terhadap air, sehingga air tidak mudah meresap kelapisan di bawahnya.
- c. Permukaan mudah mengalirkan air, sehingga air hujan yang jatuh di atasnya dapat cepat dialirkan.
- d. Kekakuan untuk memikul beban yang bekerja tanpa menimbulkan deformasi yang berarti.

Agar konstruksi perkerasan lentur memenuhi persyaratan berlalulintas dan struktural seperti tersebut diatas, perencanaan dan pelaksanaannya harus mencakup perencanaan tebal masing-masing lapisan perkerasan, analisis campuran bahan dan pengawasan pelaksanaan pekerjaan.

Totomihardjo (2004) menyatakan lapisan perkerasan lentur adalah perkerasan yang terdiri dari bahan ikat aspal atau tanah liat dan batu. Perkerasan ini umumnya terdiri dari tiga lapisan atau lebih, yaitu : lapis permukaan, lapis pondasi dan tanah dasar. Lapis permukaan adalah bagian perkerasan yang paling atas. Fungsi lapis permukaan dapat meliputi:

1. Struktural

Lapisan yang ikut mendukung dan menyebarkan beban kendaraan yang diterima oleh suatu perkerasan, baik beban secara vertikal maupun beban horizontal (gaya geser) untuk ini persyaratan yang dituntut ialah kuat, kokoh, dan stabil.

2. Non struktural

- a. Lapis kedap air, mencegah masuknya air ke dalam lapisan perkerasan yang ada di bawahnya.
- b. Menyediakan permukaan yang tetap rata, agar kendaraan dapat berjalan dan memperoleh kenyamanan yang cukup.
- c. Membentuk permukaan yang tidak licin, sehingga tersedia koefisien gerak (skid resistance) yang cukup, untuk menjamin tersedianya keamanan lalu lintas.
- d. Sebagai lapis aus, yaitu lapisan yang dapat aus yang selanjutnya dapat diganti lagi dengan lapisan yang baru.

Asosiasi Pejabat Jalan Raya dan Transportasi Negara Bagian di Amerika (American Association of State Highway Transportation Officials (AASHTO 1986) menyatakan lapisan perkerasan lentur secara umum terdiri dari lapisan-lapisan pokok alas jalan yang terdiri dari pondasi bawah (subbase), pondasi (base) dan lapis permukaan (surface course). Pada beberapa kasus subbase dan base akan maksimum stabil pada penggunaan material setempat.

2.3 Beton Aspal (AC)

Aspal beton campuran panas merupakan salah satu jenis dari lapis perkerasan konstruksi perkerasan lentur. Jenis perkerasan ini merupakan campuran homogen antara agregat dan aspal sebagai bahan pengikat pada temperatur tertentu. Untuk mengeringkan agregat dan mendapatkan tingkat kecairan yang cukup dari aspal sehingga diperoleh kemudahan untuk mencampurnya maka kedua material harus dipanaskan terlebih dahulu sebelum dicampur yang dikenal sebagai "hot mix". Pekerjaan pencampuran dilakukan di pabrik pencampur kemudian dibawa ke lokasi dan dihampar dengan menggunakan alat penghampar (paving machine) sehingga diperoleh lapisan lepas yang seragam dan merata untuk selanjutnya dipadatkan

dengan mesin pemadat dan akhirnya diperoleh lapisan padat aspal beton.

Temperatur pencampuran ditentukan pada jenis aspal yang akan digunakan (Silvia Sukirman, 2003). Dalam pencampuran aspal harus dipanaskan untuk memperoleh tingkat kecairan (viskositas) yang tinggi agar dapat mendapatkan mutu campuran yang baik dan kemudahan dalam pelaksanaan. Pemilihan jenis aspal yang akan digunakan ditentukan atas dasar iklim, kepadatan lalu lintas dan jenis konstruksi yang akan digunakan.

Salah satu produk campuran beton aspal yang kini banyak digunakan adalah Asphalt Concrete - Wearing Course (AC-WC) / Lapis Aus Aspal Beton. AC-WC adalah salah satu dari tiga macam campuran lapis aspal beton yaitu AC-Base, AC-BC dan AC-WC. Ketiga jenis aspal beton tersebut merupakan konsep spesifikasi campuran beraspal yang telah disempurnakan oleh Direktorat Bina Marga bersama-sama dengan Pusat Litbang Jalan. Dalam perencanaan spesifikasi baru tersebut menggunakan pendekatan kepadatan mutlak. Penggunaan AC-WC yaitu untuk lapis permukaan (paling atas) dalam perkerasan dan mempunyai tekstur yang paling halus dibandingkan dengan jenis aspal beton lainnya.

Terdapat tujuh karakteristik campuran yang harus dimiliki oleh beton aspal adalah stabilitas (stability), keawetan (durability), kelenturan (fleksibilitas), ketahanan terhadap kelelahan (fatigue resistance), kekesatan permukaan atau ketahanan geser, (skid resistance) kedap air (impemeabilitas) dan kemudahan pelaksanaan (workability).

1. Stability

Stability adalah kekuatan dari campuran aspal untuk menahan deformasi akibat beban tetap dan berulang tanpa mengalami keruntuhan (plastic flow). Jalan dengan volume lalu lintas tinggi dan sebagian besar merupakan kendaraan berat menuntut stabilitas yang lebih besar dibandingkan dengan jalan yang volume lalu lintasnya hanya terdiri dari kendaraan penumpang saja. 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 antara lain: agregat bergradasi baik, rapat, dan mempunyai rongga antar butiran agregat (VMA) yang kecil. Namun VMA yang kecil maka pemakaian aspal yang banyak akan menyebabkan terjadinya bleeding karena aspal tidak dapat menyelimuti agregat dengan baik.

2. Durability

Durability adalah ketahanan campuran aspal terhadap pengaruh cuaca, air, perubahan temperatur, maupun keausan akibat gesekan roda kendaraan. Durabilitas beton aspal dipengaruhi oleh tebalnya film atau selimut aspal, banyaknya pori dalam campuran, kepadatan dan kedap airnya campuran. Besarnya pori yang tersisa dalam campuran setelah pemadatan, mengakibatkan durabilitas beton aspal menurun. Semakin besar pori yang tersisa semakin tidak kedap air dan semakin banyak udara didalam beton aspal, yang menyebabkan semakin mudahnya selimut aspal beroksidasi dengan udara dan menjadi getas, dan durabilitasnya menurun. Untuk mencapai ketahanan yang tinggi diperlukan rongga dalam campuran (VIM) yang kecil, sebab dengan demikian udara tidak (atau sedikit) masuk kedalam campuran yang dapat menyebabkan menjadi rapuh. Selain itu diperlukan juga VMA yang besar, sehingga aspal dapat menyelimuti agregat lebih baik.

3. Flexibilitas

Flexibilitas adalah kemampuan lapisan untuk dapat mengikuti deformasi yang terjadi akibat beban lalu lintas berulang tanpa mengalami retak (fatigue cracking) ataupun penurunan akibat berat sendiri tanah timbunan yang dibuat di atas tanah asli. Untuk mencapai kelenturan yang tinggi diperlukan VMA yang besar VIM yang kecil, dan pemakaian aspal dengan penetrasi tinggi ataupun dengan mempergunakan agregat bergradasi terbuka.

4. Skid Resistance

Skid Resistance adalah kemampuan perkerasan aspal memberikan permukaan yang cukup kesat sehingga kendaraan yang

melaluinya tidak mengalami slip, baik diwaktu jalan basah maupun kering. Faktor-faktor untuk mendapatkan kekesatan jalan sama dengan untuk mendapatkan stabilitas yang tinggi, yaitu kekasaran permukaan dari butir-butir agregat, luas bidang kontak antar butir atau bentuk butir, gradasi agregat, kepadatan campuran, dan tebal film aspal. Ukuran maksimum butir agregat ikut menentukan kekesatan permukaan. Untuk mencapai kekesatan yang tinggi perlu pemakaian kadar aspal yang tepat sehingga tidak terjadi bleeding, dan penggunaan agregat kasar yang cukup.

5. Impremeabilitas

Impremeabilitas yaitu kemampuan beton aspal untuk tidak dimasuki air ataupun udara kedalam lapisan beton aspal. Air dan udara dapat mengakibatkan percepatan proses penuaan aspal, dan pengelupasan film/selimut aspal dari permukaan agregat. Jumlah pori yang tersisa setelah beton aspal dipadatkan dapat menjadi indikator kekedapan air campuran. Tingkat impremeabilitas beton aspal berbanding terbalik dengan tingkat durabilitasnya.

6. Fatigue Resistance

Fatigue Resistance adalah kemampuan aspal beton untuk mengalami beban berulang tanpa terjadi kelelahan berupa retak atau kerusakan alur (rutting).

7. Workability

Workability adalah kemudahan campuran aspal untuk diolah. Faktor yang mempengaruhi workability antara lain gradasi agregat, dimana agregat yang bergradasi baik lebih mudah dikerjakan, dan kandungan filler, dimana filler yang banyak akan mempersulit pelaksanaan.

Ketujuh sifat campuran beton aspal ini tidak mungkin dapat dipenuhi keseluruhannya oleh satu jenis campuran. Sifat-sifat dari ketujuh beton aspal ini mana yang ingin lebih dominan lebih diinginkan, dan akan menentukan jenis beton aspal yang dipilih. Hal ini harus diperhatikan ketika merancang tebal perkerasan jalan,

karena harus menyesuaikan dengan jenis jalan yang akan direncanakan.

2.4 Bahan Campuran Beton Aspal

Campuran beton aspal adalah kombinasi material bitumen dengan agregat yang merupakan permukaan perkerasan yang biasa dipergunakan akhir-akhir ini. Karakteristik campuran diperoleh melalui analisis hasil rancangan dan pengujian yang dilakukan selama pencampuran material dan pemadatan. Material aspal dipergunakan untuk semua jenis jalan raya dan merupakan salah satu bagian dari lapisan beton aspal jalan raya kelas satu hingga di bawahnya. Material bitumen adalah hidrokarbon yang dapat larut dalam karbon disulfat. Material tersebut biasanya dalam keadaan baik pada suhu normal dan apabila kepanasan akan melunak atau berkurang kepadatannya. Ketika terjadi pencampuran antara agregat dengan bitumen yang kemudian dalam keadaan dingin, campuran tersebut akan mengeras dan akan mengikat agregat secara bersamaan dan membentuk suatu lapis permukaan perkerasan (Rian Putrowijoyo, 2006).

Tabel 2.1. Ketentuan sifat-sifat Campuran Beton Aspal

Sifat-sifat Campuran		AC-BC1 Wearing	AC-BC2 Binder	AC- Base	
Penyerapan kadar aspal	Maks	1,2 untuk lalulintas >1 juta ESA 1,7 untuk lalulintas < 1 juta ESA			
Jumlah tumbukan perbidang		75	75	112	
Rongga dalam campuran (VITM) %	Lalulintas (LL) >1 juta ESA	4,9 – 5,9			
	½ juta < LL < 1 juta ESA	3,9 – 4,9			
	LL < ½ juta ESA	3,0 – 5,0			
Rongga dalam agregat (VMA) %	Min	15	14	13	
Rongga terisi aspal (VFWA) %	Lalulintas (LL) >1 juta ESA	Min	65	63	60
	½ juta < LL < 1 juta ESA	Min	68		
	LL < ½ juta ESA	Min	75	75	73
Stabilitas Marshall (kg)	Min	800	800	1800	
Kelelehan / Flow (mm)	Min	2			
Marshall Quotient (kg/mm)	Min	200			
Stabilitas Marshall setelah rendaman selama 24 jam, 60°C (%)	Min	85 untuk lalulintas > 1 juta ESA 80 untuk lalulintas < 1 juta ESA			
Rongga dalam campuran (VITM) pada kepadatan membal (<i>refusal</i>), %	Lalulintas (LL) >1 juta ESA	Min	2,5		
	½ juta < LL < 1 juta ESA	Min	2,0		
	LL < ½ juta ESA	Min	1,0		

Sumber: Spesifikasi Umum Bina Marga 2002

Tabel 2.2. Sifat-sifat Beton Aspal dengan Absuton

Sifat - sifat Campuran		Asphalt Concrete		
		WC	BC	Base
		Mod	Mod	Mod
Penyerapan aspal, %	Maks		1,7	
Jumlah tumbukan perbidang		75		112
Rongga dalam campuran (VIM) % ⁽²⁾	Min	3,5		
	Maks	5,5		
Rongga dalam agregat (VMA) %	Min	15	14	13
Rongga terisi aspal (VFB) %	Min	6	6	6
Stabilitas Marshall, kg	Min	1000		1800 ⁽¹⁾
Pelehan, mm	Min	3		5
Marshall Quotient, kg/mm	Min	300		500
Stabilitas Marshall sisa (%) setelah perendam selama 24 jam, 60°C ⁽³⁾	Min	80		
Rongga dalam campuran (%) pada kepadatan membal (refusal) ⁽⁴⁾	Min	2,5		

Sumber: Pedoman Pemanfaatan Asbuton Bina Marga, 2006

2.4.1 Aspal

Aspal adalah material semen hitam, padat atau setengah padat dalam konsistensinya di mana pokok yang menonjol adalah bitumen yang terjadi secara alam atau yang dihasilkan dengan penyulingan minyak (Petroleum). Aspal adalah koloida yang rumit dari material hydrocarbon yang terbuat dari Asphaltenes, resin dan oil. Sedangkan material aspal tersebut berwarna coklat tua hingga hitam dan bersifat melekat, berbentuk padat atau semi padat yang didapat dari alam dengan penyulingan minyak Aspal dibuat dari minyak mentah (crude oil) dan secara umum berasal dari sisa hewan laut dan sisa tumbuhan laut dari masa lampau yang tertimbun oleh dan pecahan batu batuan. Setelah berjuta juta tahun material organis dan lumpur terakumulasi dalam lapisan lapisan setelah ratusan meter, beban dari beban teratas menekan lapisan yang terbawah menjadi batuan sedimen. Sedimen tersebut yang lama kelamaan menjadi atau terproses menjadi minyak mentah senyawa dasar hydrocarbon. Aspal biasanya berasal dari destilasi minyak mentah tersebut, namun aspal ditemukan sebagai bahan alam.

Aspal keras dengan penetrasi rendah digunakan di daerah dengan temperatur panas atau lalu lintas dengan volume tinggi, sedangkan aspal semen penetrasi tinggi digunakan untuk daerah dengan temperatur dingin atau lalu lintas dengan volume rendah. Aspal untuk lapis beton harus memenuhi beberapa syarat sebagaimana tercantum pada tabel 2.3. berikut.

Tabel 2.3. Persyaratan Aspal Keras Penetrasi 60/70

No.	Jenis Pengujian	Metode Pengujian	Persyaratan Pen 60/70
1	Penetrasi pada 25°C (0,1 mm)	SNI 06-2456-1991	60 - 79
2	Titik Lembek (°C)	SNI 06-2434-1991	48 - 58
3	Titik Nyala (°C)	SNI 06-2433-1991	MIN. 200
4	Daktilitas pada 25°C (cm)	SNI 06-2432-1991	MIN. 100
5	Berat Jenis	SNI 06-2444-1991	MIN. 1,0

Sumber: Spesifikasi Umum Bina Marga 2002

Fungsi aspal pada material perkerasan adalah:

1. Bahan pengikat material agregat
2. Bahan pengisi rongga butiran antar agregat dan pori-pori yang ada di dalam butiran agregat tersebut.

Untuk dapat memenuhi kedua fungsi tersebut, agregat haruslah memiliki sifat adhesi dan kohesi yang baik. Sehingga aspal tersebut memiliki daya tahan yang tinggi terhadap pengaruh cuaca, beban dan pengaruh eksternal lainnya.

Penggunaan aspal dalam perkerasan lentur melalui pencampuran aspal dengan agregat sebelum dihamparkan atau prahampar (aspal beton) atau aspal disiramkan pada lapisan agregat yang telah dipadatkan dan ditutupi oleh agregat- agregat yang lebih halus atau pascahampar (perkerasan penetrasi makadam atau pelaburan). Pada proses prahampar, aspal yang dicampurkan dengan agregat akan membungkus atau menyelimuti butir-butir agregat, mengisi pori antar butir dan meresap ke dalam pori masing-masing butir. Sementara pada proses pasca hampar, aspal akan meresap ke dalam pori-pori antar butir agregat dibawahnya. Fungsi utamanya

adalah menghasilkan lapisan perkerasan bagian atas yang kedap air dan tidak mengikat agregat sampai ke bagian bawah.

Dalam campuran perkerasan, konten aspal dan agregat menentukan besar rongga udara yang berperan penting dalam durabilitas. Permeabilitas yang tinggi terhadap udara akan memicu terjadinya penggetasan pada aspal akibat proses oksidasi dan menyebabkan retak/crack. Sedangkan permeabilitas air menyebabkan pelepasan bitumen dari butiran agregat. Rongga udara juga harus dijaga agar tidak terlalu rendah karena dapat mengakibatkan terjadinya alur (rutting). Rendahnya rongga udara dapat disebabkan oleh kadar aspal diatas batas optimum. Kadar aspal yang terlalu rendah dapat menyebabkan pelepasan butiran agregat (Waddah S. A., 1998).

Rongga udara berperan sangat penting dalam kinerja campuran perkerasan. Sehingga penentuan rongga udara merupakan komponen yang diutamakan dalam perancangan campuran agar tidak ada karakteristik yang tidak bernilai optimum (Sukirman, 2003).

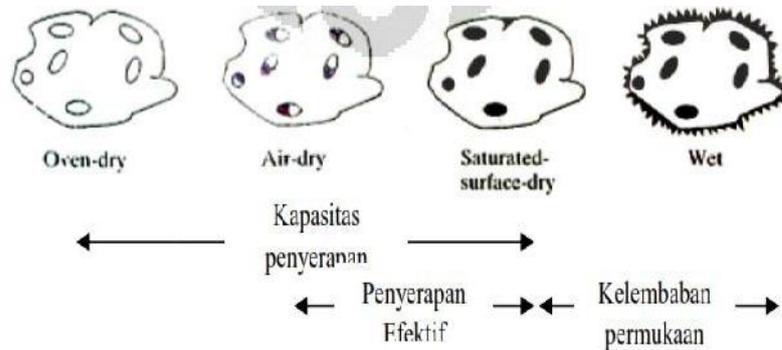
2.4.2 Agregat

Agregat merupakan butir-butir pecah, kerikil, pasir atau mineral, baik yang berasal dari alam maupun batuan yang berbentuk mineral padat berupa ukuran besar maupun kecil atau fragmen-fragmen. Agregat merupakan komponen utama dari struktur perkerasan jalan, yaitu 90-95% agregat berdasarkan persentase berat, atau 75-85% agregat berdasarkan persentase volume. Sehingga kualitas perkerasan jalan ditentukan juga dari sifat agregat dan hasil campuran dengan material lain.

Sifat agregat merupakan salah satu penentu kemampuan perkerasan jalan memikul beban lalu lintas dan daya tahan terhadap cuaca. Kualitas agregat sebagai material perkerasan jalan ditentukan oleh gradasi, kebersihan, kekerasan, ketahanan agregat, bentuk

butir, tekstur permukaan, prioritas, kemampuan untuk menyerap air, berat jenis, dan daya kelekatan terhadap aspal.

Butiran agregat dapat menyerap air dan menahan lapisan air yang tipis dipermukaannya. Berdasarkan kemampuan tersebut, agregat dapat dibagi kedalam empat kondisi kelembaban seperti pada gambar 2.3. (Gloria patricia manurung, Universitas Indonesia, 2012)



1. Oven-dry (OD), karena proses pemanasan oven pada suhu $100 \pm 5^\circ\text{C}$ sampai berat tetap. Seluruh pori tidak berisi.

2. Air-dry (AD), seluruh partikel air telah dihilangkan dari permukaan agregat, akan tetapi bagian dalam butiran terisi air sebagian.

3. Saturated-surface-dry (SSD). Seluruh pori partikel telah terisi air, dengan permukaan yang kering.

4. Basah, seluruh pori agregat dan permukaannya dilapisi oleh air.

Pemeriksaan fisik pada agregat yaitu pemeriksaan berat jenis yang dibagi kedalam tiga kondisi kelembaban agregat yaitu BJ curah/Bulk, Bj SSD, dan BJ Semu. Pemeriksaan berat jenis agregat berdasarkan perbandingan berat karena lebih teliti, yang nantinya hasil dari pengukuran berat jenis tersebut digunakan sebagai perencanaan campuran agregat dengan aspal. Adapun macam-macam dari berat jenis agregat sebagai berikut:

1. Berat Jenis Curah (Bulk Specific Gravity)

Adalah berat jenis yang diperhitungkan terhadap seluruh volume pori yang ada berat jenis curah dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$\text{Berat jenis Bulk agregat kasar} = \frac{B_k}{B + B_s - B_t} \dots\dots\dots 2.1$$

$$\text{Berat jenis Bulk agregat halus} = \frac{B_k}{B_j - B_a} \dots\dots\dots 2.2$$

dimana:

B_k = Berat benda uji kering oven, (gram)

B_s = Berat sample, (gram)

B_t = Berat piknometer uji dan air, (gram)

B_j = Berat sampel kering permukaan jenuh, (gram)

B_a = Berat uji kering permukaan jenuh dalam air, (gram)

2. Berat Jenis Kering Permukaan Jenuh (SSD)

Adalah berat jenis yang memperhitungkan volume pori yang hanya diresapi oleh aspal ditambah dengan volume partikel, yang dapat dihitung menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$\text{Berat jenis SSD agregat kasar} = \frac{B_j}{B_j - B_a} \dots\dots\dots 2.3$$

$$\text{Berat jenis SSD agregat halus} = \frac{B_s}{(B + B_s - B_t)} \dots\dots\dots 2.4$$

dimana:

B_s = Berat sample, (gram)

B = Berat piknometer berisi air, (gram)

B_t = Berat piknometer berisi benda uji dan air, (gram)

B_j = Berat sampel kering permukaan jenuh, (gram)

B_a = Berat uji kering permukaan jenuh dalam air, (gram)

3. Berat Jenis Semu

Adalah berat jenis yang memperhitungkan volume partikel saja tanpa memperhitungkan volume pori yang dilewati air. Persamaan yang digunakan dalam perhitungan berat jenis semu adalah:

$$\text{Berat Jenis Semu agregat kasar} = \frac{B_k}{B_k - B_a} \dots\dots\dots 2.5$$

$$\text{Berat jenis Semu agregat halus} = \frac{B_k}{B + B_k - B_t} \dots\dots 2.6$$

dimana:

B_k = Berat benda uji kering oven, (gram)

B = Berat piknometer berisi air, (gram)

B_t = Berat piknometer berisi benda uji dan air, (gram)

B_a = Berat uji kering permukaan jenuh dalam air, (gram)

Pemeriksaan lain terhadap agregat adalah kekuatan. Kekuatan dibutuhkan untuk mencegah partikel rusak saat proses pemadatan campuran aspal panas dan juga saat menerima beban kendaraan. Solusi yang dapat digunakan saat kekuatan agregat bernilai kecil adalah menggunakan agregat bergradasi rapat. Agregat juga harus tahan terhadap keausan/abrasi akibat beban lalu lintas. Ketahanan terhadap keausan menyatakan kekerasan butiran agregat. Tes terhadap keausan dilakukan dengan tes abrasi Los Angeles (SNI 03-2417-1991). Batas keausan maksimum berdasarkan tes abrasi dengan mesin Los Angeles adalah 40 %.

Klasifikasi dan persyaratan agregat kasar, halus dan filler yang digunakan dalam campuran aspal adalah sebagai berikut:

a. Agregat Kasar

Fraksi agregat kasar untuk rancangan adalah yang tertahan saringan No.4 (4,75 mm) dan haruslah bersih, keras, awet dan

bebas dari lempung atau bahan yang tidak dikehendaki lainnya dan memenuhi persyaratan pada tabel 2.4.

Tabel 2.4. Persyaratan Agregat Kasar

No.	Jenis Pemeriksaan	Metode Pengujian	Persyaratan
1	Berat Jenis Bulk	SNI 03-1969-1990	Min. 2,5
2	Berat jenis SSD		
3	Berat Jenis Semu		
4	Penyerapan, %	SNI 03-1969-1990	Maks. 3%
5	Abrasi dengan mesin Los Angeles	SNI 03-2417-2008	Maks. 40%
6	Material Lolos Saringan No.200	SNI 03-1968-1990	Maks. 1%

Fraksi agregat kasar untuk keperluan pengujian harus terdiri atas batu pecah atau kerikil pecah dan harus disediakan dalam ukuran-ukuran normal. Agregat kasar ini menjadikan perkerasan lebih stabil dan mempunyai ketahanan terhadap slip yang tinggi sehingga menjamin keamanan lalulintas. Agregat kasar yang mempunyai bentuk butiran yang bulat memudahkan proses pemadatan tetapi rendah stabilitasnya, sedangkan yang berbentuk menyudut (angular) sulit dipadatkan tetapi mempunyai stabilitas yang tinggi. Agregat kasar harus mempunyai ketahanan terhadap abrasi bila digunakan sebagai campuran wearing course, untuk itu nilai los angeles abrationtest harus dipenuhi.

b. Agregat Halus

Agregat halus dari sumber bahan manapun, harus terdiri dari pasir atau penyaringan batu pecah dan terdiri dari bahan yang lolos saringan No.4 (4,75 mm) dan tertahan saringan No.200 (0,075) sesuai SNI 03-6819-2002. Fungsi utama agregat halus ialah untuk menyediakan stabilitas dan mengurangi deformasi permanen dari perkerasan melalui keadaan saling mengunci dan gesekan antar butiran. Untuk hal ini maka sifat eksternal yang diperlukan adalah bentuk menyudut (angularity) dan kekasaran permukaan butiran (particle surface roughness). Agregat halus harus merupakan

bahan yang bersih, keras, bebas dari lempung, atau bahan yang tidak dikehendaki lainnya. Agregat halus harus memenuhi ketentuan sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 2.4.

c. Bahan Pengisi (Filer)

Filler yang artinya sebagai bahan pengisi dapat dipergunakan debu, batu kapur, debu kapur padam, semen atau mineral yang berasal dari asbuton yang sumbernya disetujui oleh direksi pekerjaan. Filler harus memenuhi ketentuan sebagaimana ditunjukkan pada tabel 2.5.

Tabel 2.5 Persyaratan

No.	Jenis Pemeriksaan	Metode Pengujian	Persyaratan
1	Lolos Saringan No.200 (0,075 mm)	SNI 03-1968-1990	Min. 75%
2	Berat Jenis	SNI 03-2531-1991	3 - 3,2

Filler Sumber: Spesifikasi Umum Bina Marga 2010

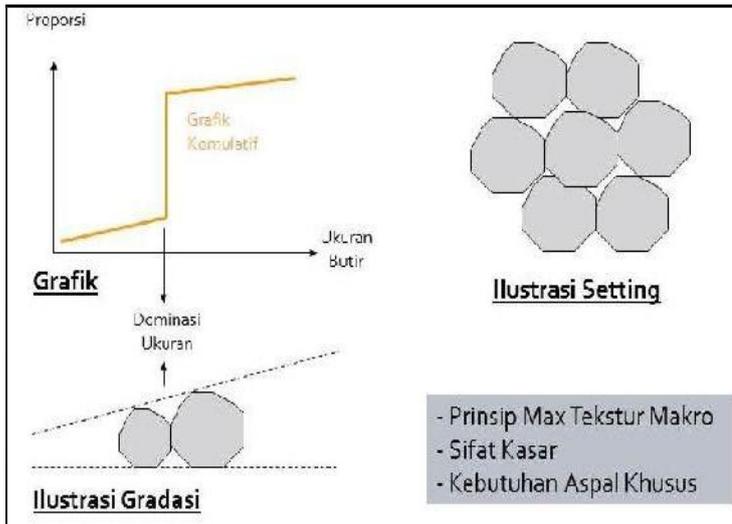
Fungsi dari filler adalah untuk saling mengikat diantara agregat agar membentuk suatu kesatuan yang kokoh dan solid yang kemudian diikat oleh aspal sesuai proporsi.

d. Gradasi Agregat

Menurut silvia sukirman, 2003 gradasi agregat adalah susunan butir agregat sesuai ukurannya. Ukuran butir agregat dapat diperoleh melalui pemeriksaan analisa saringan. Distribusi ini dibedakan menjadi 3 macam, yaitu:

1. Gradasi Seragam

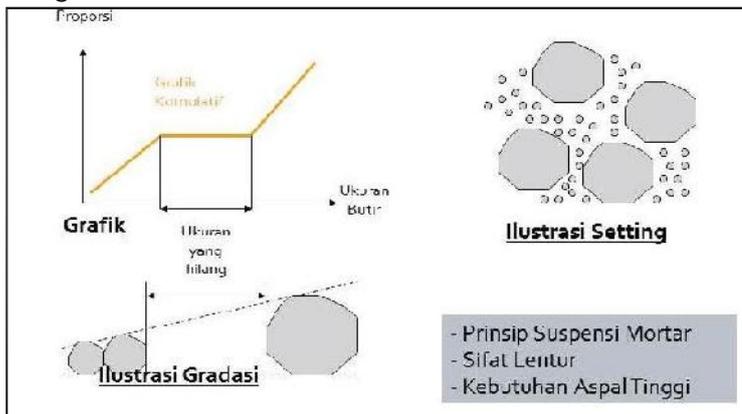
Agregat yang mempunyai sama atau hampir sama disebut agregat seragam. Agregat ini mempunyai pori antar butir yang cukup besar, sehingga sering juga disebut agregat bergradasi terbuka. Seperti pada gambar ilustrasi 2.2 berikut.



Gambar 2.2 Ilustrasi Gradasi Seragam

2. Gradasi Senjang

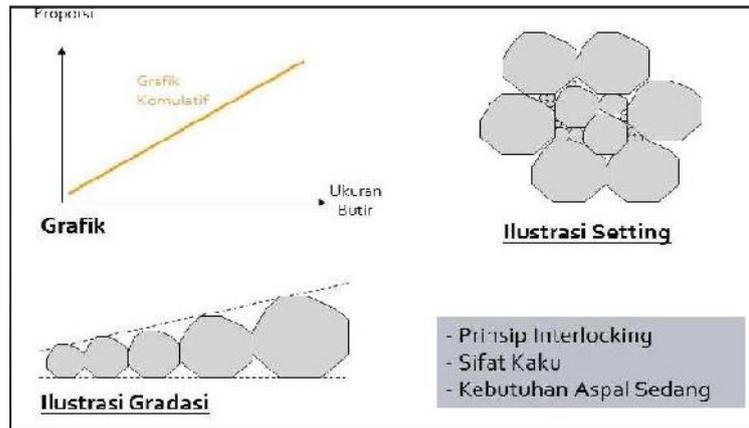
Gradasi senjang merupakan gradasi dengan agregat yang tidak memiliki ukuran yang tak sama rata dan memiliki sela. Gradasi senjang tidak mempunyai gradasi dengan ukuran medium, sehingga memiliki rongga yang lebih banyak. Seperti pada gambar ilustrasi 2.3 berikut.



Gambar 2.3 Ilustrasi Gradasi Senjang

3. Gradasi Menerus

Gradasi menerus merupakan gradasi dengan agregat yang semua ukuran butirnya ada dan terdistribusi dengan baik. Agregat ini lebih sering digunakan dalam lapis perkerasan lentur. Untuk mendapatkan pori yang kecil dan kemampuan yang tinggi sehingga terjadi interlocking yang baik. Berikut ilustrasi dari agregat bergradasi menerus. Seperti pada gambar ilustrasi 2.4.



Gambar 2.4 Ilustrasi Gradasi Menerus

Dalam campuran aspal, gradasi agregat akan menentukan rongga dalam campuran. Rongga dalam campuran yang tidak ditempati oleh agregat dinamakan VMA (Void in mineral aggregate) (The Asphalt Institute). Rongga ini sebagian akan diisi oleh aspal pada campuran aspal, sehingga jumlah rongga udara yang akan tersisa secara tidak langsung ditentukan oleh VMA. Tabel 2.4 menunjukkan persyaratan gradasi agregat campuran.

Tabel 2.4. Gradasi Agregat Untuk Campuran AC-WC

Ukuran Ayak		% Berat yang Lolos Terhadap Total Agregat Dalam Campuran					
		Asphalt Concrete					
ASTM	(mm)	Gradasi Kasar			Gradasi Halus		
		WC	BC	Base	WC	BC	Base
1,5"	37,5	-		100	-	-	100
1"	25	-	100	90-100	-	100	90-100
3/4"	19	100	90-100	73-90	100	90-100	73-90
1/2"	12,5	90-100	74-90	61-79	90-100	71-90	55-76
3/8"	9,5	72-90	64-82	47-67	72-90	58-80	45-66
No.4	4,75	54-69	47-64	39,5-50	43-63	37-56	28-39,5
No.8	2,36	39,1-53	34,6-49	30,8-37	28-39,1	23-34,6	19-26,8
No.16	1,18	31,6-40	28,3-38	24,1-28	19-25,6	15-22,3	12-18,1
No.30	0,6	23,1-30	20,7-28	17,6-22	13-19,1	10-16,7	7-13,6
No.50	0,3	15,5-22	13,7-20	11,4-16	9-15,5	7-13,7	5-11,4
No.100	0,15	9-15	4-13	4-10	6-13	5-11	4,5-9
No.200	0,075	4-10	4-8	3-6	4-10	4-8	3-7

Sumber: Spesifikasi Umum Bina Marga 2010

Dalam perkerasan, gradasi agregat merupakan salah satu faktor penentu kinerja perkerasan tersebut. Setiap jenis perkerasan jalan memiliki gradasi agregat tertentu sesuai dengan spesifikasi material perkerasan jalan atau yang ditetapkan oleh badan yang berwenang.

Pada campuran Asphalt Concrete yang bergradasi menerus tersebut mempunyai sedikit rongga dalam struktur agregatnya dibandingkan dengan campuran bergradasi senjang. Hal tersebut menyebabkan campuran AC-WC lebih peka terhadap variasi dalam proporsi campuran. Gradasi agregat gabungan untuk campuran AC-WC yang mempunyai gradasi menerus tersebut ditunjukkan dalam persen berat agregat.

2.5 Additive

Additive untuk aspal merupakan bahan additive kelekatan dan anti pengelupasan dapat ditambahkan ke dalam aspal, persentase additive yang diperlukan serta waktu pencampurannya harus sesuai dengan petunjuk pabrik pembuatnya.

2.6 Kadar Aspal Rencana

Perkiraan awal kadar aspal optimum (KAO) dapat direncanakan dengan menentukan kadar aspal tengah (P_b), setelah dilakukan pemilihan dan pengabungan pada tiga fraksi agregat. P_b dapat dihitung berdasarkan persamaan berikut.

$$P_b = 0,035(\%CA) + 0,045(\%FA) + 0,18(\%FF) + K \dots 2.7$$

dimana :

P_b = kadar aspal tengah, persen terhadap berat campuran

CA = persen agregat tertahan saringan No.8

FA = persen agregat lolos saringan No.8 dan tertahan saringan No. 200

Filler = persen agregat minimal 75% lolos No. 200

K = konstanta 0,5 – 1 untuk lapis AC

P_b merupakan pedoman untuk membuat benda uji agar diperoleh KAO pada suatu campuran. Nilai KAO yang diperoleh dari perhitungan, selanjutnya dibulatkan untuk memudahkan menentukan kadar aspal dalam campuran.

Kadar aspal berkisar antara 4% - 6% berdasarkan komposisi beton aspal campuran panas, sehingga dalam menentukan komposisi campurannya adalah dengan menetapkan kadar aspal berdasarkan P_b .

2.7 Pengujian Marshall

Kinerja dari beton aspal padat ditentukan melalui pengujian benda uji di laboratorium berdasarkan parameter Marshall yang meliputi density, stabilitas, flow, MQ, VMA, VITM, VFWA, dan BFT.

1. Penentuan kerapatan (density)

Density merupakan tingkat kerapatan campuran setelah campuran dipadatkan. Nilai density biasanya digunakan untuk membandingkan nilai kepadatan rata-rata lapisan yang telah selesai di lapangan dengan kepadatan di laboratorium yang biasanya 96%. Kerapatan ini dipengaruhi oleh temperatur pematatan, kadar aspal, kualitas dan jenis fraksi agregat penyusun campuran. Besarnya kerapatan dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut.

$$\text{Density} = \frac{\text{berat kering benda uji (gr)}}{\text{volume benda uji (cm}^3\text{)}} \dots\dots\dots 2.8$$

2. Stabilitas (Stability)

Stabilitas dinyatakan dalam kilogram, pengujian nilai stabilitas adalah kemampuan maksimum beton aspal padat menerima beban sampai terjadi kelelahan plastis. Stabilitas merupakan kemampuan lapis perkerasan untuk menahan beban lalu lintas tanpa mengalami deformasi atau perubahan bentuk permanen (permanent deformation) seperti gelombang (washboarding), alur (rutting) dan bleeding. Nilai stabilitas dipengaruhi oleh bentuk butir, kualitas, tekstur permukaan, dan gradasi agregat yaitu pada gesekan antar butiran agregat (internal friction) dan penguncian antar butir agregat (interlocking), daya lekat, dan kadar aspal dalam campuran. Nilai stabilitas diperoleh langsung dari pembacaan arloji stabilitas pada alat uji Marshall.

$$\text{Nilai stabilitas (kg)} = \text{nilai pembacaan arloji stabilitas} \times \text{kalibrasi proving ring} \times \text{koreksi tebal benda uji} \dots\dots\dots 2.9$$

3. Pengujian kelelahan (flow)

Flow adalah besarnya perubahan bentuk plastis dari beton aspal padat akibat adanya beban sampai batas keruntuhan. Nilai flow dipengaruhi oleh kadar aspal, viskositas aspal, gradasi agregat, dan temperatur pemadatan. Besarnya nilai flow diperoleh dari pembacaan arloji flowmeter saat melakukan pengujian Marshall.

$$\text{Nilai flow} = \text{nilai pembacaan arloji flow pada pengujian Marshall dengan satuannya milimeter (mm)} \dots\dots\dots 2.10$$

4. Perhitungan Marshall Quotient (MQ)

Marshall Quotient adalah perbandingan antara nilai stabilitas dan flow, yang dipakai sebagai pendekatan terhadap tingkat kekakuan campuran. Bila campuran aspal agregat mempunyai angka kelelahan rendah dan stabilitas tinggi menunjukkan sifat kaku dan getas

(brittle), sebaliknya bilai nilai kelelahan tinggi dan stabilitas rendah maka campuran cenderung plastis. Besarnya nilai Marshall Quotient (MQ) dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut.

$$MQ = \frac{\text{Nilai stabilitas (kg)}}{\text{Nilai flow (mm)}} \dots\dots\dots 2.11$$

5. Perhitungan jenis volume pori dalam beton aspal padat yang meliputi,

- a. Volume pori diantara butir agregat didalam beton aspal padat (VMA)
- b. Volume pori beton aspal padat (VITM)
- c. Volume pori beton aspal padat terisi oleh aspal (VFWA)
- d. Berat jenis maksimum teorities (G_{mm})
- e. Berat Jenis Bulk Beton Aspal Padat (G_{mb})
- f. Kadar aspal terabsorsi ke dalam pori agregat (P_{ab})
- g. Kadar aspal efektif yang menyelimuti agregat (P_{ae})

6. Perhitungan tebal selimut atau film aspal

Tebal lapisan film aspal (bitument film thickness) pada suatu campuran beton aspal sangat menentukan durabilitas beton aspal. Semakin tebal lapisan film aspal maka campuran akan lebih tahan terhadap oksidasi. Ketebalan lapisan aspal dipengaruhi oleh besarnya kadar aspal, untuk kepentingan durabilitas dan kemudahan pekerjaan kadar aspal dapat ditambahkan sampai dengan 1% dari kadar aspal optimum (Nicholls, 1998). Tebal lapisan film aspal tidak boleh kurang dari 5 micron untuk beton aspal campuran panas (Whiteoak, 1990).

Banyaknya aspal yang berfungsi menyelimuti permukaan setiap butir agregat dinyatakan dengan kadar aspal efektif. Semakin tinggi kadar aspal efektif semakin tebal selimut atau film aspal pada masing-masing butir agregat. Tebal film aspal sangat ditentukan oleh luas permukaan seluruh butir agregat pembentuk beton aspal. Luas total permukaan agregat campuran ditentukan oleh gradasi dari agregat campuran. Asphalt Institute MS-2 menghitung luas total

permukaan agregat dengan mempergunakan data persentase lolos 1 set saringan dan faktor luas permukaan (FLP). Satu set saringan terdiri dari saringan No. 4, 8, 16, 30, 50, 100, dan 200. FLP merupakan luas permukaan permukaan agregat sesuai ukuran saringan untuk setiap 1 kg agregat. Jadi FLP dinyatakan dalam m²/kg. Nilai FLP untuk satu set ukuran saringan menurut Asphalt Institute berdasarkan tabel berikut.

Tabel 2.5. Faktor Luas Permukaan Agregat

Saringan		Faktor Luas Permukaan (FLP)
No.	Mm	m ² /kg
4	4,75	0,41
8	2,36	0,82
16	1,18	1,64
30	0,60	2,87
50	0,30	6,14
100	0,15	12,29
200	0,075	32,77

Sumber : Asphalt Institute MS-2

Catatan :

- untuk semua ukuran saringan diatas No.4 diperhitungkan sebagai 0,41 m²/kg.

FLP dipakai jika seluruh urutan saringan digunakan.

Tebal selimut aspal dihitung dengan persamaan berikut.

Tebal selimut aspal =

$$(P_{ae}/G_a) \times (1/(LP \times P_s)) \times 1000 \mu m \dots\dots\dots 2.12$$

dimana :

P_{ae} = kadar aspal efektif yang menyelimuti butir-butir agregat, % terhadap berat beton aspal padat.

G_a = berat jenis aspal

LP = kadar agregat, % terhadap berat beton aspal padat

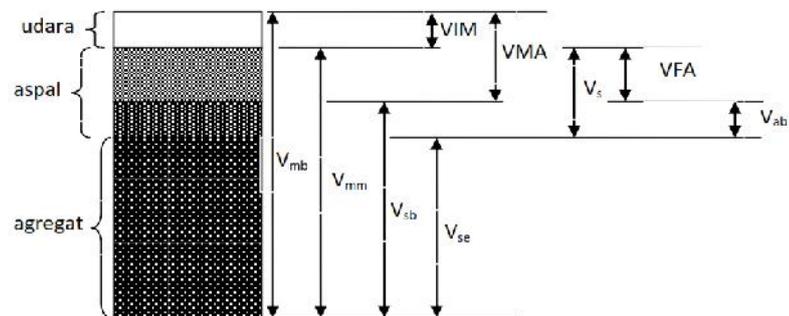
P_s = luas permukaan total dari agregat campuran didalam beton aspal padat

Pengujian kinerja beton aspal padat dilakukan melalui pengujian Marshall. Alat Marshall merupakan alat tekan yang dilengkapi dengan proving ring (cincin penguji) berkapasitas 22,2 KN (5000 lbf) dan flowmeter. Proving ring digunakan untuk mengukur kelelahan plastis atau flow. Benda uji Marshall berbentuk silinder berdiameter 4 inci dan tinggi 2,5 inci.

Keenam butir pengujian yang umum dilakukan untuk menentukan kinerja beton aspal yang menggunakan alat Marshall hanya untuk nilai stabilitas dan flow, sedangkan parameter lainnya ditentukan melalui penimbangan benda uji dan perhitungan. Secara garis besar pengujian Marshall meliputi, persiapan benda uji, penentuan berat jenis bulk dari benda uji, dan pemeriksaan nilai stabilitas, flow dan perhitungan sifat volumetrik benda uji.

2.8 Sifat Volumetrik dari Beton Aspal Campuran Panas

Secara analitis dapat ditentukan sifat volumetrik dari campuran beton aspal padat, baik yang dipadatkan di laboratorium maupun di lapangan. Parameter yang dipakai adalah V_{mb} , V_{mm} , V_{sb} , V_{se} , V_s , V_{ab} , VMA, VITM, dan VFWA. Volume didalam campuran beton aspal padat seperti pada gambar berikut.



Gambar 2.5. Skematis berbagai jenis volume AC

dimana :

V_{mb} = volume bulk dari beton aspal campuran panas

V_{sb} = volume agregat dalam volume bulk dari agregat (volume bagian masif + pori yang ada didalam masing-masing 4 butir agregat)

V_{se} = volume agregat adalah volume efektif dari rongga (volume bagian masif + pori yang tidak berisi aspal didalam masing-masing butir agregat)

VMA = volume pori diantara butir agregat didalam beton aspal padat

VITM = volume pori yang berada dalam beton aspal padat

V_{mm} = volume tanpa pori dari beton aspal padat

V_s = volume aspal dalam beton aspal padat

VFWA = volume pori beton aspal yang terisi oleh aspal

V_{ab} = volume aspal yang terabsorpsi ke dalam agregat dari beton aspal padat

Besarnya parameter-parameter tersebut sangat ditentukan oleh proses perancangan dan pelaksanaan baik di laboratorium maupun di lapangan.

1. Berat jenis maksimum beton aspal teoritis (G_{mm})

Berat jenis maksimum beton aspal teoritis diperoleh melalui perhitungan dengan berdasarkan berat beton aspal campuran panas yang belum dipadatkan sebanyak 100 gram. Beton aspal campuran panas dibuat dari P_a (%) aspal dan P_s (%) agregat terhadap berat beton aspal padat.

$$\text{Jadi : } P_a + P_s = 100\%$$

Aspal mempunyai berat jenis G_a , dan agregat mempunyai berat jenis efektif G_{se} . Jadi di dalam campuran dengan berat total 100 gram tersebut terdapat :

$$\text{Berat aspal} = (P_a/100) \times 100 \text{ gram} = P_a \text{ gram}$$

$$\text{Volume aspal} = (P_a/G_a) \text{ cm}^3$$

Volume aspal sebanyak P_a/G_a (cm^3) ini menunjukkan volume aspal yang menyelimuti agregat ditambah volume aspal yang masuk ke dalam pori masing-masing agregat.

$$\text{Berat aspal} = (P_s/100) \times 100 \text{ gram} = P_s \text{ gram}$$

$$\text{Volume aspal} = (P_s/G_{se}) \text{ cm}^3$$

Volume agregat sebesar P_s/G_{se} ini menunjukkan volume masif agregat ditambah pori yang tidak dapat diresapi oleh aspal. Jika tidak ada pori tersisa didalam beton aspal yang belum dipadatkan ini, maka volume beton aspal adalah :

$$(P_a/G_a) + (P_s/G_{se}) \text{ cm}^3$$

Jadi G_{mm} dihitung dengan menggunakan persamaan berikut.

$$G_{mm} = 100 / (P_s / G_{se}) + (P_a / G_a) \dots\dots\dots 2.13$$

dimana :

G_{mm} = berat jenis maksimum beton aspal teorities, (gr/cm³)

P_s = kadar agregat terhadap berat beton aspal padat, (%)

P_a = kadar aspal terhadap berat beton aspal padat, (%)

G_{se} = berat jenis efektif agregat pembentuk beton aspal padat, (gr/cm³)

G_a = berat jenis aspal, (gr/cm³)

2. Berat jenis bulk beton aspal padat (G_{mb})

Berat jenis bulk dari beton aspal padat (G_{mb}) dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut.

$$G_{mb} = B_k / (B_{ssd} - B_a) \dots\dots\dots 2.14$$

dimana :

G_{mb} = berat jenis bulk dari beton aspal padat, (gr/cm³)

B_k = berat kering beton aspal padat, (gr)

B_{ssd} = berat kering permukaan beton aspal yang telah dipadatkan, (gr)

B_a = berat beton aspal padat di dalam air, (gr)

$B_{ssd} - B_a$ = Volume bulk dari beton aspal padat, B_j air dianggap 1 gr/cm³

3. Volume pori dalam agregat campuran (VMA)

Volume pori dalam agregat campuran (VMA = voids in the mineral aggregate) adalah banyaknya pori diantara butir-butir agregat dalam beton aspal padat atau volume pori dalam beton aspal padat

jika seluruh selimut aspal ditiadakan dinyatakan dalam persentase. VMA diperlukan dalam campuran agregat, VMA akan meningkat jika selimut aspal lebih tebal, atau agregat yang digunakan bergradasi terbuka. Faktor-faktor yang mempengaruhi VMA antara lain struktur/distribusi target gradasi (jumlah fraksi agregat dalam campuran), ukuran diameter butir terbesar, energi pemadat, kadar aspal, tekstur permukaan, bentuk butiran, dan serapan air oleh agregat. VMA dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut.

$$\text{VMA} = 100 - ((G_{mb} \times P_s) / G_{sb}) \% \text{ dari volume bulk beton aspal padat} \dots\dots\dots 2.15$$

dimana :

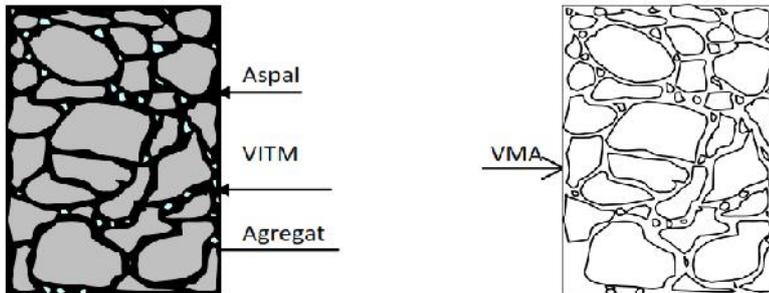
VMA = volume pori antara agregat didalam beton aspal padat

G_{mb} = berat jenis bulk dari beton aspal padat

P_s = kadar agregat, % terhadap berat beton aspal padat

G_{sb} = berat jenis bulk dari agregat pembentuk beton aspal padat

Gambar berikut adalah ilustrasi dari VMA dan VITM.



Gambar 2.6. Ilustrasi Pengertian VMA dan VITM

4. Volume pori dalam beton aspal padat (VITM)

Banyaknya pori yang berada dalam beton aspal padat (VITM = voids in the mix) adalah banyaknya pori diantara butir-butir agregat yang diselimuti aspal. VITM dinyatakan dalam persentase terhadap volume beton aspal padat.

VITM merupakan volume pori yang masih tersisa setelah campuran beton aspal dipadatkan. VITM ini dibutuhkan untuk tempat bergesernya butir-butir agregat, akibat pemadatan tambahan yang terjadi oleh repetisi beban lalu lintas, atau tempat jika aspal menjadi lunak akibat meningkatnya temperatur. VITM yang terlalu besar akan mengakibatkan beton aspal padat berkurang kekedapan airnya (bersifat porous), sehingga air dan udara mudah memasuki rongga-rongga dalam campuran yang menyebabkan mudah teroksidasi dan akan mengurangi keawetannya atau berakibat meningkatnya proses oksidasi aspal yang dapat mempercepat penuaan aspal dan menurunkan sifat durabilitas beton aspal. VITM yang terlalu kecil akan mengakibatkan perkerasan mengalami bleeding jika temperatur meningkat, sehingga nilainya perlu ditetapkan dalam rentang waktu tertentu. VITM dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut.

$$\text{VITM} = \frac{G_{mm} - G_{mb}}{G_{mm}} \times 100\% \quad \text{\% dari volume bulk beton aspal} \quad \dots\dots\dots 2.16$$

dimana :

VITM = volume pori dalam beton aspal padat, % dari volume bulk beton aspal padat

G_{mm} = berat jenis maksimum dari beton aspal yang belum dipadatkan

G_{mb} = berat jenis bulk dari beton aspal padat

5. Volume pori antara butir agregat terisi aspal (VFWA)

Volume pori beton aspal padat (setelah mengalami proses pemadatan) yang terisi oleh aspal atau volume film/selimit aspal (VFWA = voids filled with asphalt). Persentase pori antara butir agregat yang terisi aspal dinamakan VFWA. Maka, VFWA adalah bagian dari VMA terisi oleh aspal, tidak termasuk didalamnya aspal yang terabsorpsi oleh masing-masing butir agregat. Dengan demikian, aspal yang mengisi VFWA adalah aspal yang berfungsi untuk menyelimuti butir-butir agregat didalam beton aspal padat, atau

dengan kata lain VFWA inilah yang merupakan persentase volume beton aspal padat yang menjadi film atau selimut aspal.

Faktor-faktor yang mempengaruhi VFWA yaitu kadar aspal, gradasi agregat, energi pemadat (jumlah tumbukan) dan temperatur pemadatan, serapan air oleh agregat. VFWA yang terlalu besar akan dapat menyebabkan aspal naik kepermukaan pada temperatur yang tinggi, sedangkan untuk VFWA yang terlalu kecil dapat menyebabkan campuran bersifat porous dan mudah teroksidasi. VFWA dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut.

$$\text{VFWA} = 100 (\text{VMA} - \text{VITM}) \% \text{ dari VMA} \quad \dots\dots\dots 2.17$$

dimana :

VFWA = volume pori antara butir agregat yang terisi aspal = % dari VMA

VMA = volume pori antara agregat didalam beton aspal padat, % dari volume bulk beton aspal padat.

VITM = volume pori dalam beton aspal padat, % dari volume bulk beton aspal padat

6. Kadar aspal terabsorpsi ke dalam pori agregat (bitumen absorpsion, P_{ab})

Aspal yang terdapat dalam beton aspal padat berfungsi sebagai penyelimut butir-butir agregat dan pengisi pori didalam masing-masing butir agregat (terabsorpsi ke dalam pori agregat), dengan jumlah aspal dalam beton aspal campuran panas yang sama banyak, maka selimut aspal lebih tipis akan terjadi pada campuran dengan agregat yang memiliki pori-pori lebih banyak dapat mengabsorpsi aspal. Hal ini berdampak pada berkurangnya durabilitas beton aspal. Sebaliknya jika yang terabsorpsi (penyerapan) sedikit maka selimut aspal akan tebal, durabilitas beton aspal lebih baik, tetapi kemungkinan terjadi bleeding akan menjadi besar. Banyaknya aspal yang terabsorpsi kedalam pori butir-butir agregat dinyatakan sebagai persentase dari berat campuran agregat, disebut P_{ab} dan P_{ab} dihitung menggunakan persamaan berikut.

$$P_{ab} = 100 \times ((G_{se} - G_{sb}) / (G_{sb} \times G_{se})) \times G_a$$

% dari berat agregat 2.18

dimana :

P_{ab} = kadar aspal yang terabsorpsi ke dalam pori butir agregat
= % dari berat agregat

G_{sb} = berat jenis bulk dari agregat pembentuk beton aspal padat

G_{se} = berat jenis efektif dari agregat pembentuk beton aspal padat

G_a = berat jenis aspal

7. Kadar aspal efektif yang menyelimuti agregat (P_{ae})

Banyaknya aspal yang berfungsi menyelimuti permukaan setiap butir agregat adalah jumlah aspal yang dimasukkan ke dalam beton aspal campuran panas dikurangi bagian yang terabsorpsi ke dalam pori setiap butir agregat. Kadar aspal ini disebut kadar aspal efektif (P_{ae}), yang dinyatakan sebagai persentase terhadap berat beton aspal padat. P_{ae} dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut.

$$P_{ae} = P_a - (P_{ab}/100) \times P_s$$

% dari berat beton aspal padat 2.19

dimana :

P_{ae} = kadar aspal efektif yang menyelimuti butir-butir agregat,
% terhadap berat beton aspal padat

P_a = kadar aspal terhadap berat beton aspal padat, %

P_s = kadar agregat, % terhadap berat beton aspal padat

P_{ab} = kadar aspal yang terabsorpsi ke dalam pori butir agregat,
% terhadap berat beton aspal padat

2.9 Pembuatan DMF dan JMF

Perancangan dimulai dari pembuatan DMF, JMF dan Trial Mix. Sedangkan pelaksanaan adalah aplikasi dari hasil trial mix di lapangan, yakni mulai dari pencampuran agregat dan aspal di AMP, pengangkutan, penghamparan dan pemadatan. Pengendalian mutu meliputi serangkaian pengujian atas hasil pelaksanaan lapangan serta

membandingkannya dengan indikator/besaran sebagaimana yang dipersyaratkan dalam spesifikasi.

Design Mix Formula atau rumusan campuran rencana adalah uraian tentang komposisi agregat dan aspal yang digunakan untuk menghasilkan campuran aspal secara panas. Adapun spesifikasi teknis yang menjadi rujukan adalah spesifikasi Bina Marga (2002).

Pembuatan Design Mix Formula diawali dengan pemeriksaan material aspal dan agregat serta filler. Dari analisis terhadap rumusan Design Mix Formula ditetapkan jumlah agregat kasar, agregat halus, aspal dan filler. Sedangkan Job Mix Formula adalah rancangan campuran kerja tentang komposisi campuran material yang digunkana berupa agregat dan aspal.

2.10 Trial Mix

Setelah pembuatan design mix formula dan job mix formula selesai, sebelum menggelar pekerjaan di lapangan perlu dilakukan pengujian campuran yang dikenal dengan nama Trial Mix. Trial Mix ini merupakan upaya untuk melaksanakan pekerjaan job mix formula dengan skala penuh, berdasarkan kondisi sebenarnya yang ada dilapangan kemudian dievaluasi. Hal ini untuk melihat apakah ada penyesuai yang tergantung pada hasil job mix formula ini.

Misalnya dengan melihat kondisi dari Asphalt Mixing Plant (AMP), dump truck serta alat berat lainnya. Trial mix ini dilakukan mengingat kondisi penghamparan aspal yang berbeda satu dengan lainnya. Dengan demikian jika terdapat permasalahan akan segera dapat diatasi, karena tidak semua tempat dan peralatan akan sama

Metodologi Penelitian

3.1 Bahan Penelitian

Penelitian "Hubungan antara Konsistensi Perancangan, Pelaksanaan dan Pengendalian Mutu Aspal Beton Terhadap Penurunan Kinerja Jalan" pada Ruas Jalan Krueng Geukueh - Beureughang dilaksanakan pada Laboratorium Teknik Sipil Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Malikussaleh.

1. Agregat

Material agregat kasar, halus dan filler (debu batu) seluruhnya berasal dari daerah Krueng Meuh Kabupaten Bireuen.

2. Aspal

Sebagai bahan pengikat/perekat digunakan aspal keras dengan penetrasi 60/70 atau dengan istilah AC 60/70 produksi PT. Pertamina.

3. Air Perendam

Air yang dipakai sebagai rendaman adalah air murni

3.2 Peralatan Penelitian

Keberhasilan penelitian sangat ditentukan oleh tersediannya peralatan pengujian dalam keadaan baik (memenuhi syarat). Untuk itu digunakan peralatan yang tersedia di Laboratorium Teknik Sipil Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Malikussaleh, yang meliputi :

1. Peralatan pemeriksaan agregat, terdiri dari :

- a. Mesin Los Angeles untuk mengukur keausan/abrasi

-
- b. Satu set saringan untuk menentukan gradasi
 - c. Tabung sand equivalent
 - d. Peralatan ukur berat jenis
 - e. Peralatan ukur keawetan/kekekalan
2. Peralatan pemeriksaan aspal, terdiri dari :
 - a. Peralatan ukur penetrasi (jarum penetrasi)
 - b. Peralatan ukur titik lembek (Ring & ball)
 - c. Peralatan ukur daktilitas
 - d. Peralatan ukur titik nyala (Cleveland open cup)
 - e. Peralatan uji kehilangan berat
 - f. Peralatan ukur kelarutan
 - g. Peralatan ukur berat jenis (piknometer)
 3. Peralatan pembuatan benda uji, terdiri dari :
 - a. Cetakan benda uji berbentuk silinder ukuran diameter 101,6 mm (4") dan tinggi 75 mm (3").
 - b. Marshall Hammer ukuran diameter 98,4 mm ($3\frac{7}{8}$ "), berat 4,5 kg (10 lbs) dengan tinggi jatuh 457 mm (18").
 - c. Timbangan kapasitas 5 kg, ketelitian 1 gr dan kapasitas 2 kg, ketelitian 0,1 gr.
 - d. Ejector untuk melepaskan benda uji setelah dipadatkan.
 - e. Peralatan pendukung untuk membuat benda uji berupa oven, termometer, panci pecampur, sendok pengaduk, pemanas aspal, dan lain-lain.
 4. Peralatan untuk uji parameter Marshall, terdiri dari :
 - a. Mesin tekan (desak) terdiri dari kepala penekan berbentuk lengkung (breaking head), cincing penguji berkapasitas 2500 kg (5500 lbs) yang dilengkapi dengan arloji tekan dengan ketelitian 0,0025 cm (0,0001"). Cincin penguji dilengkapi dengan arloji pengukur kelelahan plastis (flowmeter) dengan ketelitian 0,25 cm (0,01").
 - b. Peralatan penunjang untuk uji Marshall berupa pemadat (berat 4,536 kg) dan tinggi jatuh 45,7 cm, timbangan elektrik, pengukur tinggi benda uji, dan ejector.

-
5. Alat untuk uji potensi durabilitas, terdiri dari :
 - a. Bak perendam
 - b. Thermometer

3.3 Jumlah Benda Uji Penelitian

Penentuan jumlah benda uji berdasarkan kebutuhan untuk melaksanakan penelitian ini. Langkah pertama yang dilakukan untuk membuat perancangan benda uji adalah menentukan kadar aspal tengah (P_b). Kadar aspal tengah diperoleh dengan menggunakan persamaan, $P_b = 0,035 (\%CA) + 0,045 (\%FA) + 0,18 (\% \text{ Filler}) + K$, dengan gradasi agregat seperti tabel 3.2 dan diambil konstanta 0,75, maka diperoleh P_b sebesar 5,5%.

Kadar aspal tengah menjadi nilai patokan membuat benda uji untuk memperoleh nilai kadar aspal optimum (KAO). Kadar aspal optimum beton aspal campuran panas pada lapisan AC-BC dapat dicari dengan penambahan dan pengurangan sebesar 0,5% dan 1% dari kadar aspal tengah, dengan jumlah masing-masing benda uji 2 buah sesuai dengan kadar aspalnya. Penentuan KAO membutuhkan benda uji sebanyak 10 buah.

Tabel 3.1. Jumlah benda uji dalam penelitian

1. Perancangan kadar aspal optimum						
No. Benda uji	Kadar aspal (%)					Jumlah
	Pb-1,0	Pb-0,5	Pb	PB+0,5	Pb+1	
1	2	2	2	2	2	10

3.4 Perancangan Benda Uji Penelitian

Perancangan benda uji penelitian : "Hubungan antara Konsistensi Perancangan, Pelaksanaan dan Pengendalian Mutu Aspal Beton Terhadap Penurunan Kinerja Jalan" pada Ruas Jalan Krueng Geukueh - Beureughang dikelompokkan dalam 3 bagian, yaitu :

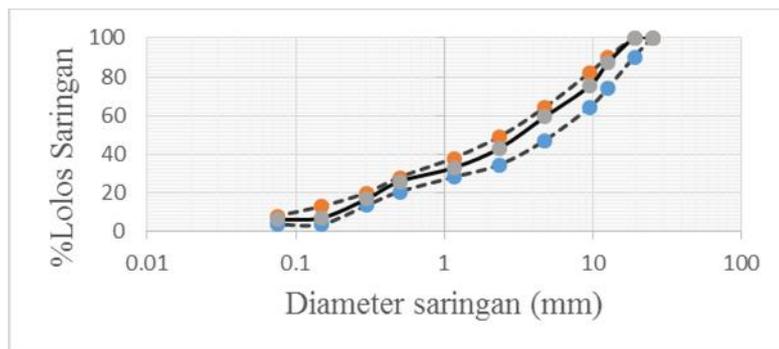
1. Gradasi Target Penelitian

Perancangan benda uji beton aspal campuran panas harus menghasilkan campuran yang baik, untuk itu dipakai gradasi menerus dan rapat seperti disyaratkan dalam spesifikasi Depkimpraswil (2002).

Tabel 3.2. Gradasi Agregat Beton Aspal

Saringan		Spesifikasi (2010)	% Lolos	
Metrik (mm)	ASTM	% lolos	Target gradasi	Terhadap total
		Titik kontrol		
1"	25	100	100,00	64,59
¾"	19	90 – 100	99,86	
½"	12,5	74 – 90	87,86	
3/8"	9,5	64 – 82	76,16	
# 4	4,75	47 – 64	62,61	
# 8	2,36	34,6 – 49	47,71	30,11
# 16	1,19	28,3 – 38	35,41	
# 30	0,60	20,7 – 28	23,08	
# 50	0,30	13,7 – 20	14,05	
# 100	0,149	4 – 13	7,78	
# 200	0,075	4 – 8	5,30	5,30

Sumber : Peneliti



Gambar 3.1. Gradasi agregat beton aspal campuran panas

Agregat kasar yang dipakai adalah yang lolos saringan mulai dari 1", 3/4", 1/2", 3/8", #4, dan #8 sebagai agregat kasar dengan persentase agregat yang lolos sebanyak 64,59% dari total agregat.

Agregat halus mulai dari saringan #16, #30, #50, dan #100 persentase agregat yang lolos sebanyak 30,11% dari total agregat dan sebagai filler yang lolos saringan No. 200 sebanyak 5,30% dari total agregat, seperti pada tabel dan gambar berikut:

2. Variasi benda uji penelitian

Benda uji yang dibuat untuk penelitian ini bervariasi berdasarkan kadar aspal optimum (KAO), nilai KAO menjadi patokan untuk membuat variasi benda uji. Benda uji dibuat sebanyak 2 unit dengan variasi kadar aspal optimum.

Selanjutnya benda uji tersebut akan dilakukan uji Marshall setelah dilakukan perendaman, seperti pada tabel berikut.

Tabel 3.3. Variasi Benda Uji Penelitian

1. Uji Marshall (Design Mix Formula)					
Pb dan KAO					
Pb - 1%	Pb - 0,5%	Pb	Pb + 0,5%	Pb + 1%	Jumlah
2	2	2	2	2	10
2. Uji Marshall (Job Mix Formula)					
Variasi kadar aspal (KAO = 5,5%)					Jumlah
1			1		2
3. Uji Marshall (Trial Mix)					
Kadar Aspal (KAO = 5,5%)					Jumlah
1			1		2

3.5 Pembuatan Benda Uji

Pembuatan benda uji untuk penelitian "Hubungan antara Konsistensi Perancangan, Pelaksanaan dan Pengendalian Mutu Aspal Beton Terhadap Penurunan Kinerja Jalan" pada Ruas Jalan Krueng Geukueh - Beureughang dilakukan dengan cara berikut :

1. Aspal yang digunakan harus memenuhi syarat-syarat yang telah ditentukan, sesuai dengan spesifikasi Depkimpraswil (2002).
2. Agregat sebelum dipakai harus dibersihkan, dikeringkan, memenuhi syarat-syarat yang telah ditentukan, dan sesuai dengan gradasi yang diinginkan
4. Jumlah agregat kasar, agregat halus dan filler adalah 1200 gram untuk setiap benda uji.
5. Campuran agregat kasar, agregat halus dan filler dengan berat yang sesuai dengan rencana campuran dipanaskan hingga temperatur $\pm 160^{\circ}\text{C}$.
6. Aspal dipanaskan sampai pada temperatur pencampuran $\pm 155^{\circ}\text{C}$.
7. Agregat kasar, agregat halus, filler, dan aspal diaduk sampai merata diatas alat pemanas.
8. Setelah merata campurannya, dimasukkan kedalam cetakan yang telah dipanaskan, sebelumnya sambil ditusuk-tusuk dengan spatula sebanyak 15 kali pada bagian tepi dan 10 kali pada bagian tengahnya.
9. Dilakukan pemadatan standar pada temperatur 145°C dengan alat penumbuk sebanyak 2x75 tumbukan untuk setiap sisinya.
10. Benda uji didinginkan, setelah itu dikeluarkan dari cetakan dengan ejector.

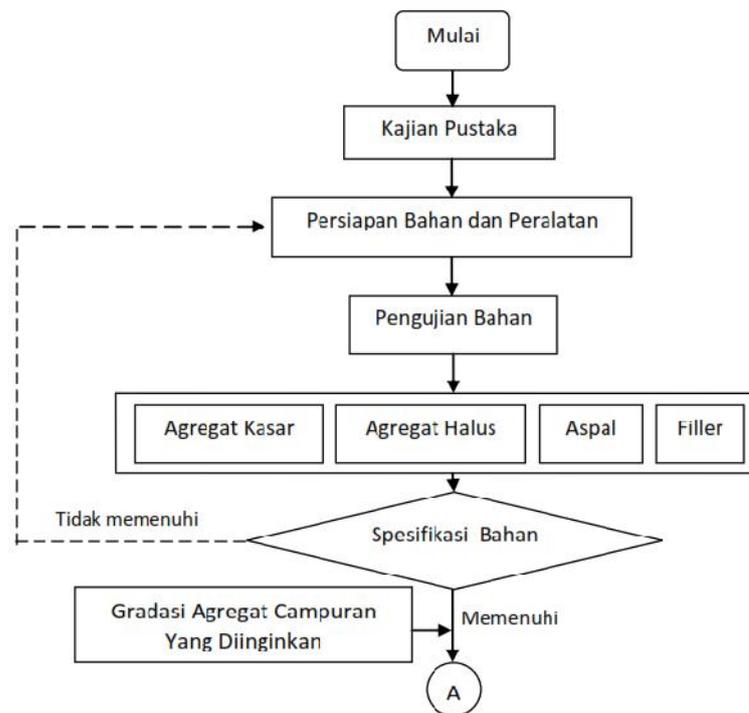
3.6 Pengujian Benda Uji

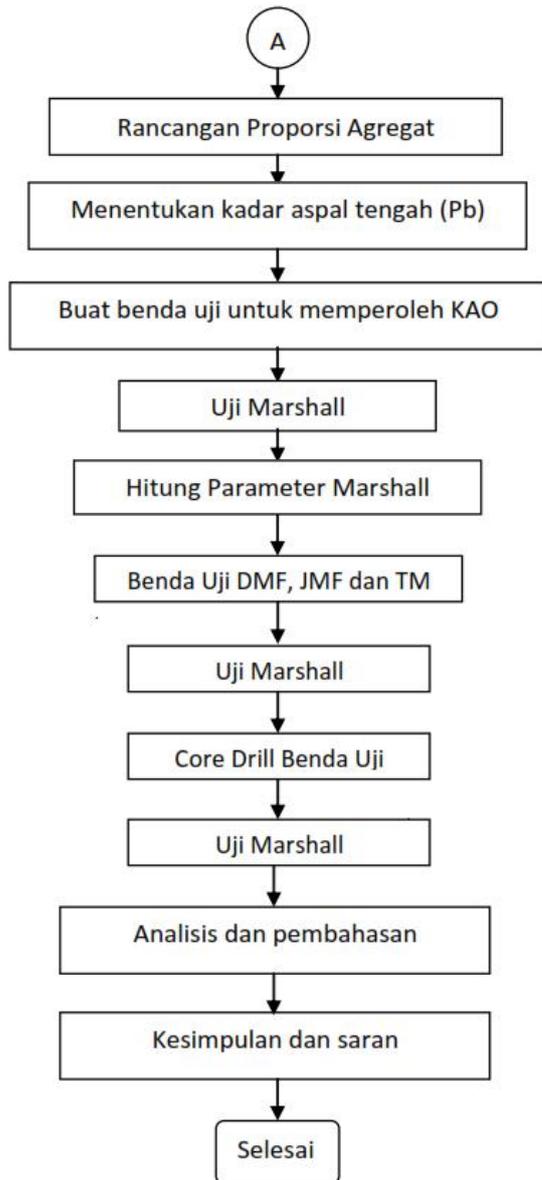
Setelah benda uji selesai dikerjakan dibersihkan dari kotoran yang menempel diberi tanda sebagai pengenal dan diukur tingginya dengan alat kaliper, kemudian timbang beratnya dalam timbangan dengan ketelitian 1 gram.

Pengujian standar Marshall dilakukan dengan merendam benda uji dalam air yang ada pada waterbath selama 30 menit dengan temperatur 60°C, kemudian keringkan permukaannya untuk melakukan pengujian stabilitas dan flow.

3.7 Bagan Alir Penelitian

Penelitian "Hubungan antara Konsistensi Perancangan, Pelaksanaan dan Pengendalian Mutu Aspal Beton Terhadap Penurunan Kinerja Jalan" pada Ruas Jalan Krueng Geukueh - Beureughang" dimulai dengan melakukan kajian pustaka mengenai campuran beton aspal. Setelah itu dilakukan penyiapan peralatan dan bahan, untuk melakukan pengujian bahan yang memenuhi spesifikasi Depkimpraswil (2002), dilanjutkan dengan tahapan-tahapan seperti pada bagan alir berikut ini.





Gambar 3.2. Diagram Alir Penelitian

Hasil Penelitian

4.1 Pengujian Bahan

Bahan atau material yang dipakai untuk beton aspal campuran panas (AC-BC) terdiri dari aspal keras AC 60/70, agregat berupa batu pecah, dan sebagai filler digunakan debu batu yang berasal dari Krueng Meuh kabupaten Bireuen. Aspal yang dipakai adalah aspal keras penetrasi 60/70 produksi PT. Pertamina (Persero). Material tersebut diperiksa agar sesuai dengan spesifikasi teknis yang telah dipersyaratkan dalam aspal campuran panas (AC-BC). Pemeriksaan material sesuai dengan Standar Nasional Indonesia tahun 2002 yang merupakan pengembangan dari AASHTO.

Material yang digunakan untuk beton aspal campuran panas (AC-BC) harus memenuhi spesifikasi, agar menghasilkan beton aspal campuran panas (AC-BC) yang memenuhi spesifikasi teknik, sebagaimana telah ditentukan dalam spesifikasi Depkimpraswil (2002).

1. Pengujian aspal keras AC 60/70

Aspal yang dipakai sebagai bahan pengikat pada beton aspal campuran panas (AC-BC) harus diperiksa, agar sesuai dengan spesifikasi yang telah disyaratkan. Hasil pemeriksaan aspal keras AC 60/70 di Laboratorium Teknik Sipil Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Malikussaleh ditabulasikan pada tabel 4.1 berikut.

Tabel 4.1. Hasil Pemeriksaan Aspal

No.	Sifat aspal	Persyaratan		Hasil	Satuan
		Min	Mak		
1	Penetrasi 25°C (5 detik)	60	79	66,7	0,1 mm
2	Titik lembek (ring & ball)	45	58	48,5	°C
3	Titik nyala (clev. Open cup)	200	-	337	°C
4	Kehilangan berat 163°C (5 jam)	-	0,4	0,087	% berat
5	Kelarutan (CCL ₄)	99	-	99,52	% berat
6	Daktalitas 25°C (5 cm/menit)	100	-	> 100	cm
7	Penetrasi setelah kehilangan berat	75	-	77,66	% semula
8	Berat jenis (25°C)	1	-	1,030	-

Sumber : Hasil pengujian di Laboratorium

2. Pengujian agregat

Agregat yang merupakan bahan utama dari beton aspal campuran panas (AC-BC). Hasil dari pemeriksaan agregat ditabulasikan pada tabel 4.2 dengan hasil yang lebih rinci.

4.2. Hasil Pemeriksaan Agregat

No.	Sifat Agregat	Persyaratan		Hasil	Satuan
		Min	Maks		
Agregat Kasar					
1	Keausan pada 500 putaran	-	40	25,8	%

2	Kelekatan dengan aspal	95	-	98	%
3	Penyerapan air	-	3	1,18 5	%
4	Berat jenis curah (<i>bulk</i>)	2,5	-	2,55 4	-
5	Berat jenis semu	2,5	-	2,63 4	-
Agregat Halus					
1	Penyerapan air	-	3	1,42 0	%
2	Berat jenis curah (<i>bulk</i>)	2,5	-	2,54 5	-
3	Berat jenis semu	2,5	-	2,64 0	-
4	<i>Sand equivalent</i>	40	-	79,6 6	%
Filler					
1	Berat jenis	2,5	-	2,69 7	-

Sumber : Hasil pengujian di Laboratorium

4.2 Penentuan Kadar Aspal Optimum

Aspal merupakan bahan pengikat antara agregat kasar, agregat halus, dan filler. Sebagai bahan pengikat kadar aspal sangat menentukan daya tahan dan stabilitas dari beton aspal campuran panas (AC-BC). Kadar aspal yang terlalu banyak dapat meningkatkan daya tahan campuran, tetapi mengurangi stabilitas campuran dan begitu juga sebaliknya, untuk itu harus diketahui kadar aspal yang paling optimum (kadar aspal optimum).

1. Parameter Marshall dan sifat volumetrik Design Mix Formula

Berdasarkan hasil penimbangan benda uji dan pengujian parameter Marshall dilakukan analisis untuk mengetahui nilai-nilai density, kadar rongga dalam agregat (VMA), rongga terhadap campuran (VITM), rongga yang terisi aspal (VFWA), stabilitas, flow, dan Marshall Quotient. Hasil dari parameter Marshall dan volumetrik dari 3 buah benda uji yang dirata-ratakan ditabulasikan pada tabel berikut, sedangkan hasil yang lebih rinci pada tabel 4.3.

Tabel 4.3. Hasil Parameter Marshall dan Sifat Volumetrik

Kadar Aspal (%)	Density (gr/cm ³)	VMA (%)	VITM (%)	VFWA (%)	Stabilitas (kg)	Flow (mm)	MQ (kg/mm)
4,5	2,253	15,59	7,49	52,06	1169	5,66	207
5,0	2,280	15,01	5,79	61,64	1338	6,00	226
5,5	2,312	14,20	3,83	73,05	1367	5,40	251
6,0	2,233	17,53	6,54	62,99	1373	5,15	266
6,5	2,299	15,49	3,17	80,05	1671	4,55	374

Sumber : Hasil pengujian di Laboratorium

2. Kadar aspal optimum (KAO)

Kadar aspal optimum diperoleh dengan melakukan pengujian, pertama sekali adalah menentukan kadar aspal tengah berdasarkan persamaan 2.1. dan selanjutnya membuat benda uji dengan kadar aspal tengah sebagai dasar untuk komposisi kadar aspal, kemudian dibuat benda uji dengan kadar aspal kurang dari 0,5% dan 1% serta kadar aspal lebih dari 0,5% dan 1%. Setelah itu setiap benda uji di timbang untuk memperoleh volumetrik dan diuji dengan alat Marshall untuk memperoleh parameter Marshall. Hasilnya diplot dalam sebuah grafik seperti pada gambar 4.1 berikut.

No	Kriteria	Spesifikasi	Kadar Aspal (%)				
			4,5	5,0	5,5	6,0	6,5
1	Density	-	████████████████████				
2	VMA	Min. 14	████████████████████				
3	VITM	3,5 – 5,5	████████	████████	████████	████████	████████
4	VFWA	> 65			████████	████████	████████
5	Stability	800	████████████████████				
6	Flow	3	████████████████████				
7	MQ	250			████████	████████	████████
			5,2%				

Gambar 4.1. Kadar Aspal Optimum

Berdasarkan nilai parameter Marshall diperoleh nilai KAO 5,2% dari berat total agregat, seperti pada gambar 4.1. Nilai density, VMA, stability, dan Flow terpenuhi oleh setiap kadar aspal 4,5% sampai 6,5%, sedangkan VITM, VFWA dan MQ yang paling optimum hanya terpenuhi pada kadar aspal 5,2%, (diambil 5,2% sesuai dengan spesifikasi teknik yang diisyaratkan dalam pekerjaan jalan ini)

3. Tebal lapisan film aspal pada kadar aspal optimum (KAO)

Tebal lapisan film aspal (bitument film thickness) pada suatu beton aspal campuran panas sangat menentukan durabilitas beton aspal. Semakin besar kadar aspal makin besar nilai kelelahan (flow), yang berarti aspal beton campuran panas tidak mudah runtuh. Tebal Whiteoak 1990, mensyaratkan tebal lapisan film aspal tidak boleh kurang dari 5 micron untuk beton aspal campuran panas, dengan kadar aspal optimum (KAO) tebal lapisan film aspal tertera pada tabel 4.4 berikut.

Tabel 4.4. Hasil tebal lapisan film aspal pada kadar aspal optimum

Kadar aspal terhadap total agregat (%)	Berat jenis aspal	FLP x persen lolos (m ² /kg)	Tebal lapisan aspal (micron)
5,2	1,030	5,583	7,60

4.3 Pengujian Job Mix Formula

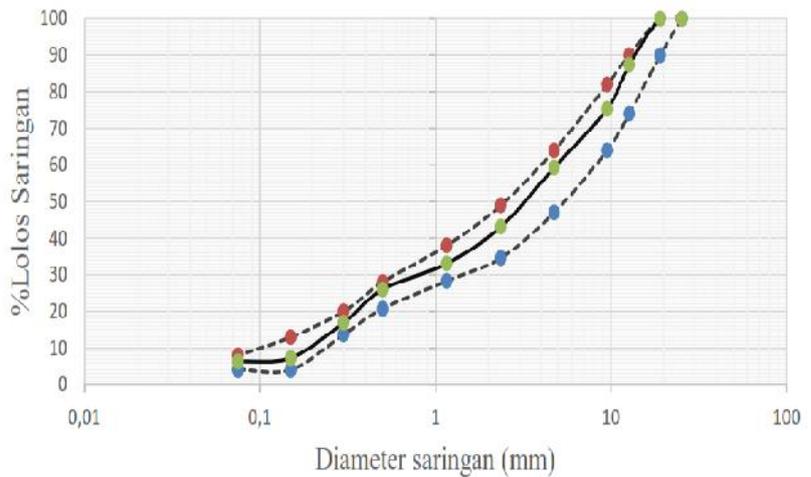
4.3.1 Gradasi Job Mix Formula

Perancangan benda uji beton aspal campuran panas (AC-BC) harus menghasilkan campuran yang baik, untuk itu dipakai gradasi menerus dan rapat seperti disyaratkan dalam spesifikasi Depkimpraswil (2002). Agregat yang dipakai adalah yang lolos saringan mulai dari 1", 3/4", 1/2", 3/8", #4, dan #8 sebagai agregat kasar dengan persentase agregat yang lolos sebanyak 64,59% dari total agregat. Agregat halus mulai dari saringan #16, #30, #50, dan #100 persentase agregat yang lolos sebanyak 30,11% dari total agregat dan sebagai filler yang lolos saringan No. 200 sebanyak 5,30% dari total agregat.

Gradasi agregat ini sangat rapat karena susunan butirnya terdiri agregat kasar mulai dari 1" sebanyak 1,80 gram, 3/4" sebanyak 144 gram, 1/2" sebanyak 140,4 gram, 3/8" sebanyak 162,6 gram, #4 sebanyak 178,8 gram, #8 sebanyak 147,6 gram. Agregat halus mulai dari #16 sebanyak 147,84 gram, #30 sebanyak 108,36 gram, #50 sebanyak 75,24 gram, #100 sebanyak 29,76 gram, dan filer berupa debu batu #200 sebanyak 63,6 gram, seperti pada tabel 4.5 dan gambar 4.1 berikut.

Tabel 4.5. Gradasi agregat beton aspal campuran panas

Saringan		Spesifikasi Depkimpraswil (2010)	% Lolos					
Metrik (mm)	ASTM	% lolos	Target gradasi	Berat DMF	Terhadap Total	Gradasi Realisasi	Berat JMF	Terhada p total
		Titik kontrol						
1"	25	100	100,00	0,15	64,60	100,00	0,00	62,73
¾"	19	90 – 100	99,86	12,00		100,00	14,16	
½"	12,5	74 – 90	87,86	11,70		85,84	9,30	
3/8"	9,5	64 – 82	76,16	13,55		76,53	16,40	
# 4	4,75	47 – 64	62,61	14,90		60,13	12,11	
# 8	2,36	34,6 – 49	47,71	12,30		48,02	10,75	
# 16	1,19	28,3 – 38	35,41	12,32	30,11	37,27	11,78	31,55
# 30	0,60	20,7 – 28	23,08	9,03		25,49	8,37	
# 50	0,30	13,7 – 20	14,05	6,27		17,11	10,38	
# 100	0,149	4 – 13	7,78	2,48		6,73	1,01	
# 200	0,075	4 – 8	5,30	5,30		5,72	5,72	



Gambar 4.1. Gradasi agregat beton aspal campuran panas

4.3.2 Parameter Marshall dan sifat volumetrik Design Mix Formula

Berdasarkan hasil penimbangan benda uji dan pengujian parameter Marshall dilakukan analisis untuk mengetahui nilai-nilai density, kadar rongga dalam agregat (VMA), rongga terhadap campuran (VITM), rongga yang terisi aspal (VFWA), stabilitas, flow, dan Marshall Quotient (MQ). Terdapat perbedaan kecil hasil parameter

Marshal dan volumetrik. Hasil dari parameter Marshall dan volumetrik dari 2 buah benda uji yang dirata-ratakan ditabulasikan pada tabel 4.6 berikut.

Tabel 4.6. Hasil parameter Marshall dan sifat volumetrik

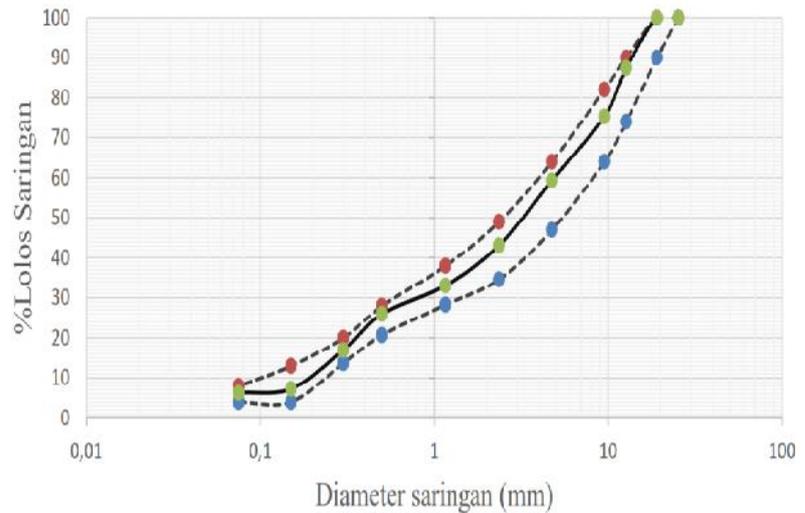
Kadar Aspal (%)	Density (gr/cm ³)	VMA (%)	VITM (%)	VFWA (%)	Stabilitas (kg)	Flow (mm)	MQ (kg/mm)
5,2	2,307	14,41	4,06	71,83	1432	5,50	265

4.4 Pengujian Trial Mix

Perancangan benda uji beton aspal campuran panas harus menghasilkan campuran yang baik, untuk itu dipakai gradasi menerus dan rapat seperti disyaratkan dalam spesifikasi Depkimpraswil (2002). Agregat yang dipakai adalah yang lolos saringan mulai dari 1", 3/4", 1/2", 3/8", #4, dan #8 sebagai agregat kasar dengan persentase agregat yang lolos sebanyak 62,73% dari total agregat. Agregat halus mulai dari saringan #16, #30, #50, dan #100 persentase agregat yang lolos sebanyak 31,55% dari total agregat dan sebagai filler yang lolos saringan No. 200 sebanyak 5,72% dari total agregat, seperti pada tabel 4.7 dan gambar 4.2 berikut.

Tabel 4.7. Gradasi agregat beton aspal campuran panas

Saringan	Spesifikasi Depkimpraswil (2010)	% Lolos					
		% lolos Titik kontrol	Target gradasi	Berat DMF Terhadap Total	Gradasi Realisasi	Berat JMF	Terhadap total
1" 25	100	100,00	0,00	62,73	100	0	66,92
3/4" 19	90 – 100	100,00	14,16		100	12,60	
1/2" 12,5	74 – 90	85,84	9,30		87,40	12,09	
3/8" 9,5	64 – 82	76,53	16,40		75,31	15,99	
# 4 4,75	47 – 64	60,13	12,11		59,32	16,19	
# 8 2,36	34,6 – 49	48,02	10,75	31,55	43,13	10,05	26,84
# 16 1,19	28,3 – 38	37,27	11,78		33,08	7,10	
# 30 0,60	20,7 – 28	25,49	8,37		25,98	9,04	
# 50 0,30	13,7 – 20	17,11	10,38		16,95	9,68	
# 100 0,149	4 – 13	6,73	1,01		7,27	1,03	
# 200 0,075	4 – 8	5,72	5,72	5,72	6,24	6,24	6,24



Gambar 4.2. Gradasi agregat beton aspal campuran panas

4.5 Hasil Core Drill Tahun ke 2 (titik kerusakan)

Pada ruas jalan Krueng Geukueh – Beureughang pada tahun kedua setelah dioperasikan, pada beberapa segmen jalan terjadi kerusakan. Peneliti melakukan core drill pada beberapa segmen jalan yang rusak pada sisi terdekat perkerasan jalan yang masih baik kondisinya.

Benda uji hasil core drill tersebut dibersihkan, kemudian ditimbang dalam kondisi kering, kondisi jenuh air dan ditimbang dalam air. Setelah dilakukan penimbangan dilanjutkan dengan perendaman benda uji dalam waterbath selama 30 menit dengan temperatur 60°C. Selanjutnya dilakukan uji Marshall untuk mengetahui stabilitas dan flow.

Berdasarkan hasil penimbangan benda uji dan pengujian parameter Marshall dilakukan analisis untuk mengetahui nilai-nilai density, kadar rongga dalam agregat (VMA), rongga terhadap campuran (VITM), rongga yang terisi aspal (VFWA), stabilitas, flow, dan Marshall Quotient. Hasil dari parameter Marshall dan volumetrik dari 3 buah benda uji yang dirata-ratakan ditabulasikan pada tabel 4.8.

Tabel 4.8 Hasil Parameter Marshall dan Sifat Volumetrik

Sampel	Kadar Aspal (%)	Density (gr/cm ³)	VMA (%)	VITM (%)	VFWA (%)	Stabilitas (kg)	Flow (mm)	MQ (kg/mm)
1	4,33	2,296	12,39	5,81	52,03	1.233	5,3	234
2	4,95	2,372	13,13	6,18	54,19	1.335	5,8	231
3	4,41	2,216	12,79	5,99	53,01	1.291	5,5	236
Rerata	4,56	2,295	12,77	5,99	53,08	1.286	5,5	234
1	5,82	2,212	20,28	11,97	45,12	1.014	5,5	182
2	5,36	2,211	19,37	11,64	40,48	913	5,1	178
3	4,85	2,001	18,22	10,31	38,49	877	4,6	190
Rerata	5,34	2,141	19,29	11,31	41,36	935	5,1	183
1	4,61	2,451	7,12	4,22	97,62	1.653	4,6	365
2	4,23	2,213	6,97	3,67	96,48	1.584	4,2	386
3	4,72	2,815	7,75	4,63	98,76	1.740	4,8	367
Rerata	4,52	2,493	7,28	4,17	97,62	1659	4,5	373

Sumber : Hasil pengujian di Laboratorium

Kadar aspal optimum 5,2% yang dipakai untuk pengaspalan pada ruas jalan Krueng Geukueh – Beureughang terjadi penurunan kadar aspal berdasarkan hasil core drill pada beberapa segmen jalan yang rusak pada sisi terdekat perkerasan jalan yang masih baik kondisinya.

Selain penurunan kadar aspal juga ditemukan adanya penambahan kadar aspal, yang diperkirakan akibat dari hilangnya agregat dan rongga tersebut terisi aspal dari sekitar segmen jalan yang rusak. Penambahan kadar aspal ini relatif hanya terjadi sedikit pada segmen jalan yang rusak, karena kehilangan aspal adalah lebih dominan. Persentase kehilangan kadar aspal optimum diperlihatkan seperti pada Tabel 4.9 berikut ini.

Tabel 4.9 Nilai Kadar Aspal

Sampel	titik	Kadar Aspal job mix formula (%)	Kadar Aspal Hasil Pengujian (%)	Selisih Kehilangan Kadar Aspal (%)
I	I	5,2	4,33	- 0,87
II			4,95	- 0,25
III			4,41	- 0,79
rata-rata			4,56	- 0,64
I	II		5,82	+ 0,62
II			5,36	+0,16
III			4,85	- 0,35
rata-rata			5,34	+ 0,14
I	III		4,61	- 0,59
II			4,23	- 0,97
III			4,72	- 0,48
rata-rata			4,52	- 0,68

Sumber : Hasil pengujian di Laboratorium

4.6 Hasil Core Drill Tahun ke 3 (titik kerusakan)

Tahun ketiga setelah dioperasikan, beberapa segmen jalan sudah rusak. Peneliti melakukan core drill pada beberapa segmen jalan yang rusak pada sisi terdekat perkerasan jalan yang masih baik kondisinya.

Benda uji hasil core drill tersebut dibersihkan, kemudian ditimbang dalam kondisi kering, kondisi jenuh air dan ditimbang dalam air. Setelah dilakukan penimbangan dilanjutkan dengan perendaman benda uji dalam waterbath selama 30 menit dengan temperatur 60°C. Selanjutnya dilakukan uji Marshall untuk mengetahui stabilitas dan flow.

Berdasarkan hasil penimbangan benda uji dan pengujian parameter Marshall dilakukan analisis untuk mengetahui nilai-nilai density, kadar rongga dalam agregat (VMA), rongga terhadap campuran (VITM), rongga yang terisi aspal (VFWA), stabilitas, flow, dan Marshall Quotient. Hasil dari parameter Marshall dan volumetrik dari 3 buah benda uji yang dirata-ratakan ditabulasikan pada tabel 4.10.

Tabel 4.10 Hasil Parameter Marshall dan Sifat Volumetrik

Sampel	Kadar Aspal (%)	Density (gr/cm ³)	VMA (%)	VITM (%)	VFWA (%)	Stabilitas (kg)	Flow (mm)	MQ (kg/mm)
1	4,53	2,246	14,6	8,06	45,0	1.449	0,9	1.705
2	3,32	2,318	10,8	6,78	37,1	1.192	1,2	1.037
3	3,15	2,043	21,2	18,0	15,0	1.145	1,4	818
Rerata	3,67	2,202	15,5	10,9	32,4	1.262	1,2	1.187
1	3,47	2,232	14,2	10,0	29,4	1.367	0,6	2.170
2	4,29	2,299	12,4	6,20	49,9	1.402	0,9	1.612
3	2,34	1,852	28,0	26,6	5,02	1.402	0,9	1.798
Rerata	3,37	2,128	18,2	14,3	11,5	1.390	0,8	1.860
1	3,07	2,334	9,93	6,5	34,8	1.402	1,0	1.362
2	2,30	2,102	18,2	16,7	8,28	1.402	0,4	3.506
3	2,84	2,259	12,7	10,6	21,8	1.402	0,7	2.002
Rerata	2,74	2,232	13,6	11,3	21,6	1.402	0,7	2.290

Sumber : Hasil pengujian di Laboratorium

Kadar aspal optimum 5,2% pada ruas jalan Krueng Geukueh – Beureughang setelah penggunaan tiga tahun terlihat penurunan kadar aspal lebih dari 0,5% dan hampir mencapai 2,90% dari seharusnya 5,2%. Ini memperlihatkan bahwa kerusakan ini sudah semakin besar, karena kehilangan kadar aspal sudah lebih dari 50% dari kadar aspal optimum yang diperoleh dari core drill pada beberapa segmen jalan

yang rusak pada sisi terdekat perkerasan jalan yang masih baik kondisinya.

Dalam sampel ini tidak ditemukan penambahan kadar aspal, semua sampel memperlihatkan persentase kadar aspal yang hilang sangat banyak. Persentase kehilangan kadar aspal optimum diperlihatkan seperti pada Tabel 4.11 berikut ini.

Tabel 4.11 Nilai Kadar Aspal

Sampel	titik	Kadar Aspal job mix formula (%)	Kadar Aspal Hasil Pengujian (%)	Selisih Kehilangan Kadar Aspal (%)
I	I	5,2	4,53	- 0,67
II			3,32	- 1,88
III			3,15	- 2,05
rata-rata			3,67	- 1,53
I	II		3,47	- 1,73
II			4,29	- 0,91
III			2,34	- 2,86
rata-rata			3,37	- 1,83
I	III		3,07	- 2,13
II			2,30	- 2,90
III			2,84	- 2,36
rata-rata			2,74	- 2,46

Sumber : Hasil pengujian di Laboratorium

4.7 Hasil Core Drill Tahun ke 4 (titik kerusakan)

Pada tahun keempat setelah dioperasikan, pada beberapa segmen jalan terjadi kerusakan. Peneliti melakukan core drill pada beberapa segmen jalan yang rusak pada sisi terdekat perkerasan jalan yang masih baik kondisinya.

Benda uji hasil core drill tersebut dibersihkan, kemudian ditimbang dalam kondisi kering, kondisi jenuh air dan ditimbang dalam air. Setelah dilakukan penimbangan dilanjutkan dengan perendaman benda uji dalam waterbath selama 30 menit dengan temperatur 60°C. Selanjutnya dilakukan uji Marshall untuk mengetahui stabilitas dan flow.

Berdasarkan hasil penimbangan benda uji dan pengujian parameter Marshall dilakukan analisis untuk mengetahui nilai-nilai density, kadar rongga dalam agregat (VMA), rongga terhadap campuran (VITM), rongga yang terisi aspal (VFWA), stabilitas, flow, dan Marshall Quotient. Hasil dari parameter Marshall dan volumetrik dari 3 buah benda uji yang dirata-ratakan ditabulasikan pada tabel 4.12.

Tabel 4.12 Hasil Parameter Marshall dan Sifat Volumetrik

Sampel	Kadar Aspal (%)	Density (gr/cm ³)	VMA (%)	VITM (%)	VFWA (%)	Stabilitas (kg)	Flow (mm)	MQ (kg/mm)
1	4,27	2,213	15,6	9,73	37,7	1.406	2,9	485
2	2,92	2,257	12,8	9,76	23,5	890	6,7	133
3	3,91	2,381	8,87	3,38	61,9	981	4,5	218
Rerata	3,70	2,284	12,4	7,62	41,0	1.091	4,7	279
1	3,70	2,200	15,6	11,0	29,5	2.161	3,8	569
2	1,91	2,227	13,0	12,3	5,62	1.360	5,1	267
3	3,38	2,233	14,1	10,1	28,3	1.330	1,0	1.330
Rerata	2,9	2,220	14,2	11,1	21,1	1.617	3,3	722
1	4,50	2,234	15,1	8,59	42,9	1.155	1,4	825
2	3,81	2,270	13,0	8,01	38,5	1.247	1,7	734
3	4,28	2,289	12,7	6,61	48,1	1.161	0,8	1.451
Rerata	4,19	2,264	13,6	7,74	43,1	1.188	1,3	1.003

Sumber : Hasil pengujian benda uji di Laboratorium

Penurunan kadar aspal pada ruas jalan Krueng Geukueh – Beureughang setelah penggunaan empat tahun sangat bervariasi. Paling sedikit 0,92% dan paling banyak 3,29% dari kadar aspal optimum yang diperoleh dari core drill pada beberapa segmen jalan

yang rusak pada sisi terdekat perkerasan jalan yang masih baik kondisinya.

Dalam sampel ini tidak ditemukan penambahan kadar aspal, semua sampel memperlihatkan persentase kadar aspal yang hilang sangat banyak. Persentase kehilangan kadar aspal optimum diperlihatkan seperti pada Tabel 4.13 berikut ini.

Tabel 4.13 Nilai Kadar Aspal

Sampel	titik	Kadar Aspal job mix formula (%)	Kadar Aspal Hasil Pengujian (%)	Selisih Kehilangan Kadar Aspal (%)
I	I	5,2	4,27	0,93
II			2,92	2,28
III			3,91	1,29
rata-rata			3,7	1,50
I	II		3,7	1,50
II			1,91	3,29
III			3,38	1,82
rata-rata			2,9	2,30
I	III		4,50	0,70
II			3,81	1,93
III			4,28	0,92
rata-rata			4,19	1,01

Sumber : Hasil pengujian di Laboratorium

Pembahasan

5.1 Pengujian Bahan

Sebelum menggunakan material-material untuk beton aspal campuran panas lapisan AC-BC pada perkerasan jalan, harus dilakukan pengujian. Pengujian dilakukan untuk mengetahui spesifikasi dari bahan yang akan dipakai, apakah telah sesuai dengan persyaratan yang ditentukan bila tidak memenuhi kriteria yang disyaratkan, maka bahan-bahan tersebut tidak boleh digunakan untuk beton aspal campuran panas (AC-BC) atau untuk mengetahui layak tidaknya suatu material digunakan berdasarkan suatu spesifikasi atau kriteria teknik. Pengujian bahan dilakukan sesuai dengan tata cara pemeriksaan bahan yang sudah lazim dipakai, sesuai dengan standar yang ada.

1. Pengujian aspal

Pengujian yang dilakukan terhadap aspal AC 60/70 menghasilkan kriteria aspal seperti pada tabel 4.1. yang berarti dapat digunakan sebagai bahan perekat pada beton aspal campuran panas (AC-BC) untuk pengujian "Hubungan antara Konsistensi Perancangan, Pelaksanaan dan Pengendalian Mutu Aspal Beton Terhadap Penurunan Kinerja Jalan" pada Ruas Jalan Krueng Geukueh - Beureughang

2. Pengujian agregat

Hasil pengujian terhadap agregat kasar (batu pecah), agregat halus (batu pecah), dan filler (debu batu) yang berasal dari Krueng Meuh kabupaten Bireuen menghasilkan kriteria seperti yang disyaratkan dalam spesifikasi Depkimpraswil (2002), hasil pengujian agregat seperti pada tabel 4.2.

5.2 Formula Perancangan Campuran

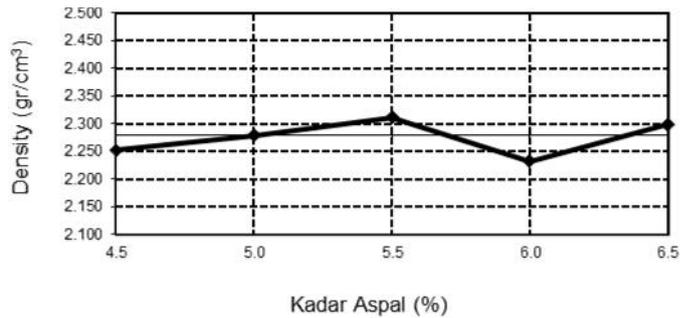
Formula perancangan campuran dibutuhkan untuk menghasilkan suatu campuran beton aspal yang kokoh, kuat, dan tidak mudah berubah bentuk serta ekonomis. Hal tersebut dapat tercapai bila parameter-parameter yang berhubungan dengan formula perancangan campuran memenuhi syarat-syarat yang telah ditetapkan (spesifikasi Depkimpraswil, 2002).

Parameter-parameter yang berhubungan dengan formula perancangan campuran berupa rongga udara dalam campuran yang terdiri dari void ini mineral aggregate (VMA), void in the mix (VITM), void filled with asphalt (VFWA), stabilitas, flow, dan Marshall Qoutient (MQ). Keseluruhan parameter tersebut harus memenuhi syarat yang telah ditetapkan berdasarkan rencana beban lalu lintas dalam beton aspal campuran panas untuk menghasilkan komposisi campuran yang optimal.

Berdasarkan rencana gradasi agregat dan persentase kadar aspal, dari penelitian diperoleh nilai-nilai dari VMA, VITM, VFWA, stabilitas, flow, dan MQ. Berdasarkan nilai-nilai tersebut dicari dan ditetapkan kadar aspal otimum (KAO) sebesar 5,5% berdasarkan persentase berat agregat, dengan kadar aspal 5,5% menghasilkan beton aspal campuran panas yang optimal.

1. Pengaruh kadar aspal terhadap kepadatan (density)

Pengaruh kepadatan campuran sangat ditentukan oleh proses pemadatan, temperatur, gradasi agregat, dan kadar aspal. Penambahan kadar aspal sampai pada jumlah tertentu akan memberikan kepadatan yang optimum hal ini disebabkan aspal sebagai pelumas dalam proses pemadatan, sehingga butir-butir agregat akan mudah dipadatkan. Kepadatan akan turun bila kadar aspal terlalu sedikit karena dalam proses pemadatan akan terjadi gesekan antara permukaan butir-butir agregat, dan bila kadar aspal terlalu banyak maka aspal tidak sebagai pelumas lagi melainkan akan menjadi pengisi rongga-rongga (lapisan film aspal terlalu tebal), sehingga kerapatan campuran menjadi kecil.

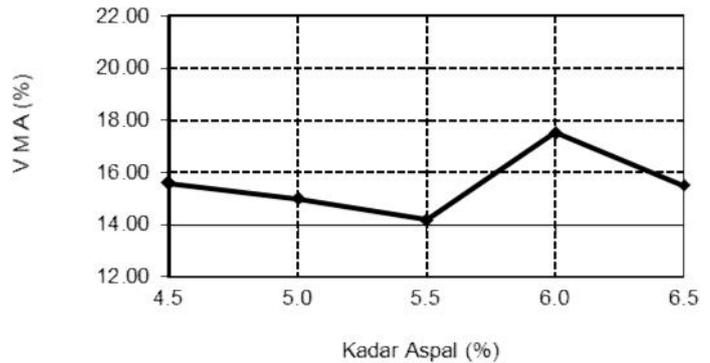


Gambar 5.1 Pengaruh kadar aspal terhadap density

Kadar aspal 4,5% sampai dengan 5,5% dari berat agregat, kepadatan terus naik dan menghasilkan kepadatan yang optimum pada kadar aspal 5,5%. Kepadatan campuran selanjutnya akan turun pada kadar aspal 6% dan naik kembali pada kadar aspal 6,5% dari berat agregat. Hasil penelitian yang dilakukan untuk menghitung kepadatan campuran seperti pada gambar 5.1.

2. Pengaruh kadar aspal terhadap voids in mineral aggregate (VMA)

Agregat bergradasi bergradasi rapat memberikan rongga antara butiran agregat (VMA) yang kecil. VMA yang kecil mengakibatkan aspal yang menyelimuti butir-butir agregat terbatas dan menghasilkan lapisan film aspal yang tipis. Film aspal yang tipis mengakibatkan butir-butir agregat mudah lepas, menjadikan perkerasan mudah rusak. Pemakaian aspal yang banyak mengakibatkan aspal tidak dapat lagi menyelimuti butir-butir agregat dengan baik karena VMA yang kecil dan juga menghasilkan VITM yang kecil, adanya repetisi beban lalu lintas yang menambah pepadatan lapisan yang mengakibatkan lapisan aspal meleleh keluar (bleeding).



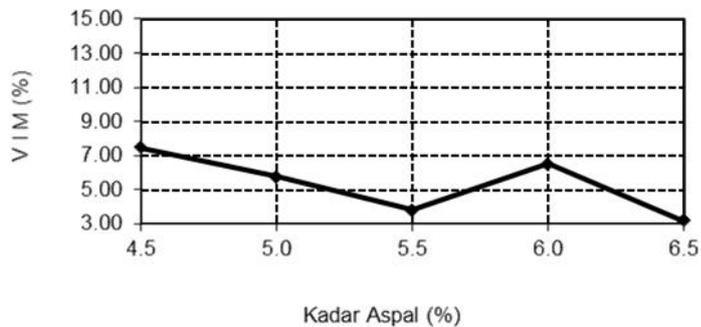
Gambar 5.2. Pengaruh kadar aspal terhadap VMA

Spesifikasi Depkimpraswil (2002) VMA minimum adalah sebesar 14% dari total agregat, ini menunjukkan hasil penelitian memenuhi syarat. Kadar aspal 4,5% sampai 5,5% dari berat agregat menunjukkan nilai VMA terus turun, hal ini disebabkan aspal menjadi pelumas yang memadatkan beton aspal campuran panas (butir-butir agregat saling mengisi dan mengikat). Kadar aspal lebih dari 5,5% dan sampai 6,0% dari berat agregat menunjukkan nilai VMA terus naik, hal ini disebabkan rongga-rongga yang terisi aspal diantara butir-butir agregat sudah sedemikian rapat, sehingga dengan bertambahnya selimut aspal akan memperbesar rongga diantara butir-butir agregat. Besarnya nilai VMA yang diperoleh dari penelitian dan analisis data seperti pada gambar 4.4.

3. Pengaruh kadar aspal terhadap voids in the mix (VITM)

Kadar aspal sangat menentukan besar atau kecilnya rongga udara dalam campuran ditentukan oleh nilai VITM. Kadar aspal yang besar akan menghasilkan nilai VITM yang besar dan bila kadar aspal kecil akan menghasilkan nilai VITM yang kecil pula. Kadar aspal yang besar menghasilkan lapisan film aspal yang tebal, menghasilkan beton aspal campuran panas yang fleksibilitas dan durabilitas tinggi dan mudah untuk dikerjakan, tetapi kemungkinan terjadi bleeding menjadi besar. Kadar aspal yang kecil menghasilkan lapisan film aspal yang tipis, menghasilkan beton aspal campuran panas yang kaku dan

stabilitas tinggi, tetapi cepat terjadi retak. VITM berkaitan dengan ketersediaan rongga yang berfungsi sebagai ruang gerak bagi partikel-partikel yang ada dalam beton aspal campuran panas.



Gambar 5.3. Pengaruh kadar aspal terhadap VITM

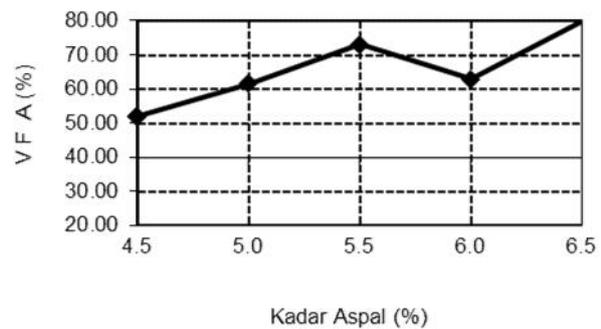
Berdasarkan spesifikasi Depkimpraswil (2002) VITM minimum adalah sebesar 3,5% dan maksimum 5,5% dari total agregat. Kadar aspal 4,5% sampai 5,5% dari berat agregat menunjukkan nilai VITM turun, hal ini disebabkan aspal menjadi pelumas yang memadatkan beton aspal campuran panas (butir-butir agregat saling mengisi dan mengikat). Kadar aspal lebih dari 5,5% dan sampai 6,0% menunjukkan nilai VITM makin turun, hal ini disebabkan rongga-rongga antara butir-butir agregat terus terisi aspal, sehingga rongga-rongga diantara butir-butir agregat menjadi sangat kecil. Kadar aspal 5,5% dan 5,75% dari berat agregat menghasilkan rongga 3,5% - 5,5% (spesifikasi Depkimpraswil, 2002). Nilai VITM yang diperoleh dari penelitian dan analisis data seperti pada gambar 5.4.

4. Pengaruh kadar aspal terhadap voids filled with asphalt (VFWA)

Banyaknya kadar aspal yang mengisi rongga-rongga antara butir-butir agregat pada aspal beton campuran panas ditunjukkan dari nilai VFWA. Semakin besar kadar aspal maka makin banyak mengisi rongga-rongga pada beton aspal campuran panas dan nilai VFWA tinggi. Banyak kadar aspal dalam beton aspal campuran panas berhubungan erat dengan durabilitas, karena lapisan film aspal makin

besar dan sangat mungkin terjadi bleeding. Kadar aspal yang kecil menjadikan beton aspal campuran panas bersifat porous dan mudah teroksidasi. Besarnya nilai VFWA pada suatu campuran sangat ditentukan oleh proses pemadatan, temperatur, gradasi agregat, dan kadar aspal serta dibatasi oleh nilai VITM.

Spesifikasi Depkimpraswil (2002) VFWA minimum adalah sebesar 65%. Kadar aspal 4,5% sampai 6,5% dari berat agregat menunjukkan nilai VFWA terus naik mulai dari 46,70% sampai 71,90%. Kadar aspal 5,0% sampai 6,0% dari berat agregat menghasilkan nilai VFWA yang lebih besar dari 65%, kadar aspal 5,5% menghasilkan VFWA 73,05%. Berdasarkan penelitian dan analisis data diperoleh nilai VFWA seperti pada gambar berikut.



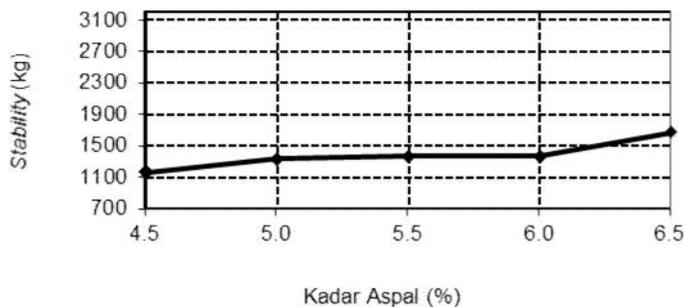
Gambar 5.5. Pengaruh kadar aspal terhadap VFWA

5. Pengaruh kadar aspal terhadap stabilitas (stability)

Stabilitas terjadi dari hasil gesekan antar butir, penguncian antar partikel, daya ikat yang kuat dari aspal dan kemampuan mempertahankan ikatannya (kohesi). Stabilitas yang tinggi dapat diperoleh dengan menggunakan agregat dengan gradasi yang rapat, agregat permukaan yang kasar, aspal dengan penetrasi rendah, dan kadar aspal yang optimum untuk mengikat antara butir-butir agregat. Stabilitas sangat berkaitan dengan jumlah rongga pada agregat dan kadar aspal yang mengisi rongga pada beton aspal campuran panas. Kebutuhan akan stabilitas setingkat dengan jumlah lalulintas dan

beban kendaraan yang akan memakai jalan tersebut. Jalan dengan volume lalu lintas tinggi dan sebagian besar merupakan kendaraan berat menuntut stabilitas yang tinggi, dibandingkan dengan jalan yang hanya terdiri dari kendaraan penumpang saja.

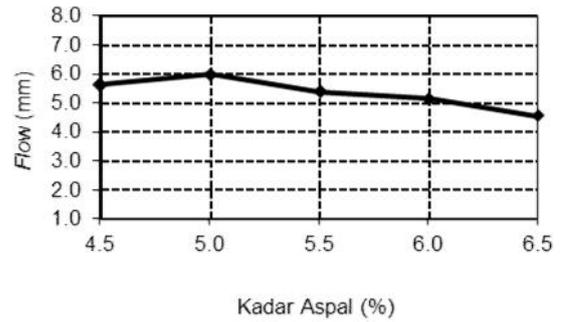
Nilai stabilitas berdasarkan spesifikasi Depkimpraswil (2002) minimum adalah sebesar 800 kg. Kadar aspal 4,5% sampai 6,5% dari berat agregat menunjukkan nilai stabilitas terus naik dan mencapai puncaknya pada kadar aspal 6,5%, hal ini disebabkan aspal menjadi pelumas yang menyelimuti butir-butir agregat secara merata yang menyebabkan bertambahnya sifat kohesi, sehingga bidang kontak antar agregat meningkat pada beton aspal campuran panas. Nilai stabilitas hasil penelitian ditunjukkan pada gambar 5.6 berikut.



Gambar 5.6. Pengaruh kadar aspal terhadap stabilitas

6. Pengaruh kadar aspal terhadap kelelahan (flow)

Besar dan kecilnya nilai kelelahan (flow) dari beton aspal campuran panas sangat ditentukan oleh kadar aspal. Semakin besar kadar aspal pada campuran maka nilai kelelahan akan makin besar, begitu juga sebaliknya. Kadar aspal yang besar membuat aspal menjadi pelicin bagi campuran. Hasil penelitian menunjukkan nilai flow seperti pada gambar 5.7 berikut.

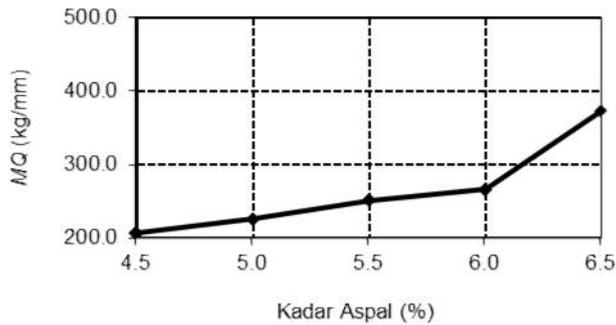


Gambar 5.7. Pengaruh kadar aspal terhadap flow

Nilai flow berdasarkan spesifikasi Depkimpraswil (2002) minimum adalah sebesar 3 mm. Kadar aspal 4,5% sampai dengan 6,5% dari berat agregat menunjukkan nilai flow terus naik dan mencapai puncaknya pada kadar aspal 6,5%, karena lapisan film aspal yang terbentuk akan menjadi lebih tebal dan fungsi aspal menjadi pelicin yang membuat campuran lebih kuat tidak cepat leleh, hal ini menaikkan nilai kelelahan atau flow.

7. Pengaruh kadar aspal terhadap Marshall Quotient (MQ)

Marshall Quotient berupa hasil bagi dari stabilitas dengan nilai kelelahan (flow), yang dapat dipakai sebagai pendekatan terhadap tingkat kekakuan beton aspal campuran panas. Beton aspal campuran panas yang memiliki stabilitas tinggi dan flow rendah menunjukkan sifat beton aspal campuran panas kaku dan getas (brittle), sebaliknya beton aspal campuran panas yang memiliki stabilitas rendah dan flow tinggi menunjukkan sifat beton aspal campuran panas cenderung plastis. Hasil penelitian menunjukkan nilai Marshall Quotient seperti pada gambar berikut.



Gambar 5.8. Pengaruh kadar aspal terhadap MQ

Nilai Marshall Quotient berdasarkan spesifikasi Depkimpraswil (2002) minimum adalah sebesar 200 kg. Kadar aspal 4,5% sampai 6,5% dari berat agregat menunjukkan nilai Marshall Quotient terus naik dan mencapai puncaknya pada kadar aspal 6,5%, hal ini disebabkan nilai stabilitas terus naik secara signifikan dan nilai flow naik secara perlahan.

8. Kadar aspal optimum (KAO)

Tingkat keberhasilan suatu aspal beton campuran panas (AC-BC) dipengaruhi oleh banyak faktor, salah satunya adalah kadar aspal dalam campuran. Aspal yang terlalu sedikit mengakibatkan ikatan antara masing-masing agregat menjadi kecil (lemah), sedangkan bila terlalu banyak mengakibatkan terjadi bleeding, selain itu kekurangan dan kelebihan kadar aspal menyebabkan beberapa kerusakan aspal beton campuran panas (AC-BC) sehingga diperlukan kadar aspal yang optimum (KAO).

Berdasarkan parameter-parameter yang ditinjau pada gambar 4.1. dapat dilihat rentang nilai kadar aspal yang memenuhi syarat, dengan metode Narrow range yang didasarkan pada Asphalt Institute MS-2 (1997) nilai kadar aspal untuk setiap parameter diplotkan dalam grafik. Dalam penelitian ini digunakan kadar aspal optimum (KAO)

sebesar 5,5% dari berat agregat, karena memiliki nilai stabilitas (1367 kg) yang merupakan salah satu karakteristik perkerasan beton aspal untuk dapat mendukung beban yang besar, memiliki rongga antara butiran agregat (VMA) mendekati batas minimum sebesar 14,20%, sehingga akan lebih tahan terhadap densifikasi akibat repetisi beban lalu lintas yang berulang-ulang, dan memiliki rongga dalam campuran (VITM) mendekati batas maksimum sebesar 3,83% yang bertujuan untuk menyediakan rongga yang cukup bila terjadi densifikasi akibat repetisi beban lalu lintas dan pemuatan aspal akibat temperatur, sehingga tidak terjadi flushing, bleeding, dan kehilangan stabilitas.

5.3 Job Mix Formula

Berdasarkan pengujian Design Mix Formula (DMF) dan Job Mix Formula (JMF) hasil gradasi agregat tidak terlihat penyimpangan yang berarti. Persentase lolos saringan agregat kasar perbedaannya hanya 1,82% lebih banyak DMF dibandingkan JMF. Sedangkan agregat halus lebih banyak JMF 1,44% dibandingkan DMF dan filler lebih banyak pada JMF 0,42% dibandingkan dengan DMF.

Parameter Marshall dan sifat volumetrik juga tidak menunjukkan perbedaan yang berarti, dimana density 2,312 gr/cm³ berbanding 2,307 gr/cm³, VMA 14,20% berbanding 14,41%, VIM 3,827% berbanding 4,06%, VFA 73,05% berbanding 71,826%, stability 1367 kg berbanding 1431 kg, flow 5,4 mm berbanding 5,5 mm dan MQ 252 kg/mm berbanding 260 kg/mm.

Hasil tersebut menunjukkan bahwa agregat kasar dan halus dalam DMF dan JMF tidaklah ada perbedaan yang berarti, sehingga komposisi agregat kasar dan halus sudah memenuhi spesifikasi. Komposisi agregat memberi ruang/pori yang cukup untuk pemuatan aspal dan pemadatan campuran nantinya.

5.4 Trial Mix

Berdasarkan pengujian Job Mix Formula (JMF) dan Trial Mix (TM) hasil gradasi agregat tidak terlihat penyimpangan yang berarti. Persentase lolos saringan agregat kasar perbedaannya hanya 4,19% lebih banyak TM dibandingkan JMF. Sedangkan agregat halus lebih

banyak JMF 4,71% dibandingkan TM dan filler lebih banyak pada JMF 0,52% dibandingkan dengan TMF.

Parameter Marshall dan sifat volumetrik juga tidak menunjukkan perbedaan yang berarti, dimana density 2,307 gr/cm³ berbanding 2,317 gr/cm³, VMA 14,41% berbanding 14,034%, VIM 4,06% berbanding 3,642%, VFA 71,826% berbanding 74,053%, stability 1431kg berbanding 1451 kg, flow 5,5 mm berbanding 5,25 mm dan MQ 260 kg/mm berbanding 276 kg/mm.

Trial mix yang dilakukan menunjukkan volumetrik dan parameter Marshall sudah sesuai dengan spesifikasi teknik yang disyaratkan. Sehingga dapat digunakan untuk campuran aspal beton AC-BC.

5.5 Hasil Core Drill Tahun ke 2 (titik kerusakan)

Hasil core drill benda uji pada tahun kedua dilakukan pemeriksaan volumetrik dan Marshall, untuk mengetahui komposisi dan karakteristik aspal beton AC-BC. Hasil tersebut diuraikan sebagai berikut.

a. Pengaruh kadar aspal terhadap kepadatan (density)

Pengaruh pemadatan campuran aspal AC-BC pasca pelayanan jalan sangat ditentukan oleh beban kendaraan, temperatur, gradasi agregat, dan kadar aspal yang masih ada. Kadar aspal yang masih ada akan membantu proses pemadatan aspal selama masa pelayanan jalan. Aspal sebagai pelumas dalam proses pemadatan selama masa pelayanan dan sebagai pengikat butiran agregat selama masa pelayanan jalan. Pemadatan selama umur pelayanan tidak akan terjadi, bila kadar aspal turun berkurang dengan sangat cepat. Hal disebabkan dalam proses pemadatan akan terjadi gesekan antara permukaan butir-butir agregat, dan bila kadar aspal tersisa sangat sedikit tidak mampu mempertahankan ikatan antar agregat. Sehingga kepadatan campuran menjadi kecil.

Kadar aspal 4,2% sampai dengan 5,3% dari berat agregat, mampu mempertahankan kepadatan dalam kondisi yang baik dalam rentang 2,001 gr/cm³ sampai dengan 2,815 gr/cm³. Pada keadaan

kepadatan ini campuran aspal AC-BC masih dalam kondisi relatif baik untuk digunakan melayani beban kendaraan.

b. Pengaruh kadar aspal terhadap voids in mineral aggregate (VMA)

Nilai VMA yang ditunjukkan dari hasil core drill benda uji bervariasi. Pada kadar aspal yang masih 5% lebih dari campuran menunjukkan bahwa VMA masih memenuhi spesifikasi teknik, sedangkan dengan kadar aspal lebih kecil dari 5% nilai VMA sudah tidak memenuhi spesifikasi.

Kadar aspal yang tersisa dikisaran 4% dari berat agregat menunjukkan nilai VMA terus turun, hal ini disebabkan aspal menjadi pelumas yang memadatkan beton aspal campuran panas (butir-butir agregat saling mengisi dan mengikat). Kadar aspal lebih dari 5% dari berat agregat menunjukkan nilai VMA masih memenuhi spesifikasi, hal ini disebabkan rongga-rongga yang terisi aspal diantara butir-butir agregat sudah sedemikian rapat, sehingga dengan bertambahnya selimut aspal akan memperbesar rongga diantara butir-butir agregat.

c. Pengaruh kadar aspal terhadap voids in the mix (VITM)

Terlihat perbedaan yang nyata dari nilai VITM dan VMA dari hasil core drill benda uji. Pada kadar aspal yang masih 5% lebih dari campuran menunjukkan bahwa VITM tidak memenuhi spesifikasi teknik, sedangkan dengan kadar aspal yang tersisa 4% nilai VITM masih memenuhi spesifikasi.

Berdasarkan spesifikasi Depkimpraswil (2002) VITM minimum adalah sebesar 3,5% dan maksimum 5,5% dari total agregat. Pada kadar aspal yang tersisa 5% dari berat agregat menunjukkan nilai VITM tidak memenuhi spesifikasi, hal ini disebabkan aspal keluar dari rongga yang terisi aspal sebelumnya dan berada pada permukaan jalan.

Kadar aspal lebih dari kecil dari 4% menunjukkan nilai VITM masih memenuhi spesifikasi, hal ini disebabkan rongga-rongga antara butir-butir agregat masih terisi aspal dengan baik, sehingga rongga—rongga diantara butir-butir agregat menjadi sangat kecil.

d. Pengaruh kadar aspal terhadap voids filled with asphalt (VFWA)

Dari hasil core drill benda uji tidak dapat ditentukan satu hasil yang pasti karena nilai VFWA sangat bervariasi tanpa dipengaruhi oleh kadar aspal yang tersisa. Nilai VFWA dengan kadar 5% tidak sampai 65%, tetapi pada kadar aspal, 4,3% nilai VFWA lebih dari 65%. Hal ini diperkirakan karena pada kadar aspal 5%, aspal berada pada permukaan jalan sehingga rongga dalam campuran tidak terisi dengan optimum.

Sedangkan pada kadar aspal 4% pada benda uji No.3 VFWA terpenuhi, diperkirakan karena aspal yang tersisa mampu mengisi rongga dalam campuran secara optimum.

e. Pengaruh kadar aspal terhadap stabilitas (stability)

Stabilitas hasil core drill benda uji relatif masih tinggi dan memenuhi spesifikasi teknik. Stabilitas yang tinggi ini diperoleh karena campuran menggunakan agregat dengan gradasi yang rapat, agregat permukaan yang kasar, aspal dengan penetrasi rendah, dan kadar aspal yang optimum untuk mengikat antara butir-butir agregat.

Stabilitas yang tinggi ini disebabkan oleh aspal yang menjadi pelumas untuk menyelimuti butir-butir agregat secara merata. Aspal yang merata menyelimuti agregat dapat meningkatkan sifat kohesi, sehingga bidang kontak antar agregat meningkat pada beton aspal AC-BC.

f. Pengaruh kadar aspal terhadap kelelahan (flow)

Kadar aspal yang berkisar antara 4%-5% dari benda uji hasil core drill sangat menentukan nilai kelelahan (flow) dari beton aspal AC-BC. Kadar aspal sisa yang masih besar pada campuran menyebabkan nilai kelelahan masih tinggi.

Nilai flow berdasarkan spesifikasi minimum adalah sebesar 3 mm, dengan kadar aspal sisa minimal 4% menunjukkan nilai flow diatas 3 mm. Kadar aspal sisa menyebabkan lapisan film aspal yang terbentuk menjadi tebal dan aspal menjadi pelicin yang membuat campuran lebih kuat tidak cepat lelah, hal ini menaikkan nilai kelelahan atau flow.

g. Pengaruh kadar aspal terhadap Marshall Quotient (MQ)

Tingkat kekakuan aspal beton AC-BC terhadap benda uji hasil core drill memperlihatkan hasil yang baik pada kadar aspal 4%, sedangkan kekakuan aspal beton AC-BC pada kadar aspal 5% sudah sangat rendah.

Pada kadar aspal 5% aspal beton AC-BC terlihat sudah lebih plastis, sedangkan pada kadar aspal 4% aspal beton AC-BC menunjukkan sifat beton aspal AC-BC kaku dan getas (brittle).

5.6 Hasil Core Drill Tahun ke 3 (titik kerusakan)

Hasil core drill benda uji pada tahun kedua dilakukan pemeriksaan volumetrik dan Marshall, untuk mengetahui komposisi dan karakteristik aspal beton AC-BC. Hasil tersebut diuraikan sebagai berikut.

a. Pengaruh kadar aspal terhadap kepadatan (density)

Pengaruh pemadatan campuran aspal AC-BC pasca pelayanan jalan sangat ditentukan oleh beban kendaraan, temperatur, gradasi agregat, dan kadar aspal yang masih ada. Kadar aspal yang masih ada akan membantu proses pemadatan aspal selama masa pelayanan jalan. Aspal sebagai pelumas dalam proses pemadatan selama masa pelayanan dan sebagai pengikat butiran agregat selama masa pelayanan jalan. Pemadatan selama umur pelayanan tidak akan terjadi, bila kadar aspal turun berkurang dengan sangat cepat. Hal disebabkan dalam proses pemadatan akan terjadi gesekan antara permukaan butir-butir agregat, dan bila kadar aspal tersisa sangat sedikit tidak mampu mempertahankan ikatan antar agregat. Sehingga kerapatan campuran menjadi kecil.

Kadar aspal 2,30% memperlihatkan kerapatan campuran sangat kecil hanya $1,852 \text{ gr/cm}^3$ ini disebabkan karena kehilangan aspal pada aspal beton yang seharusnya berfungsi sebagai pelumas. Kadar aspal 4,53% dari berat agregat, aspal beton AC-BC mampu mempertahankan kepadatan dalam kondisi yang baik dalam rentang $2,102 \text{ gr/cm}^3$. Pada keadaan kepadatan ini campuran aspal AC-BC

masih dalam kondisi relatif baik untuk digunakan melayani beban kendaraan.

b. Pengaruh kadar aspal terhadap voids in mineral aggregate (VMA)

Nilai VMA yang ditunjukkan dari hasil core drill benda uji bervariasi. Pada kadar aspal 3,67% dan 3,37% secara rata-rata dari campuran menunjukkan bahwa VMA masih memenuhi spesifikasi teknik, sedangkan dengan kadar aspal 2,74% nilai VMA sudah tidak memenuhi spesifikasi.

Kadar aspal yang tersisa dikisaran diatas 2,74% dari berat agregat menunjukkan nilai VMA tidak dapat digunakan, hal ini disebabkan hal ini disebabkan rongga-rongga yang terisi aspal diantara butir-butir agregat sudah sedemikian rapat, sehingga dengan bertambahnya selimut aspal akan memperbesar rongga diantara butir-butir agregat. Kadar aspal 2,74% dari berat agregat menunjukkan nilai VMA tidak memenuhi spesifikasi, aspal menjadi pelumas yang memadatkan beton aspal campuran panas (butir-butir agregat saling mengisi dan mengikat).

c. Pengaruh kadar aspal terhadap voids in the mix (VITM)

Kadar aspal sangat menentukan besar atau kecilnya rongga udara dalam campuran yang dikenal dengan VITM. Kadar aspal yang besar akan menghasilkan nilai VITM yang besar dan bila kadar aspal kecil akan menghasilkan nilai VITM yang kecil pula. VITM berkaitan dengan ketersediaan rongga yang berfungsi sebagai ruang gerak bagi partikel-partikel yang ada dalam beton aspal campuran panas.

Hasil core drill benda uji yang sudah digunakan sampai empat tahun, nilai VITM benda uji sudah tidak memenuhi spesifikasi lagi. Hal ini disebabkan rongga dalam campuran sudah sangat besar, yang terjadi akibat berkurangnya kadar aspal.

d. Pengaruh kadar aspal terhadap voids filled with asphalt (VFWA)

Banyaknya kadar aspal yang mengisi rongga-rongga antara butir-butir agregat pada aspal beton campuran panas ditunjukkan dari

nilai VFWA. Semakin besar kadar aspal maka makin banyak mengisi rongga-rongga pada beton aspal campuran panas dan nilai VFWA tinggi.

Dari benda uji yang diperoleh dari core drill menunjukkan bahwa nilai VITM berhubungan erat dengan nilai VFWA. Diatas telah diketahui bahwa nilai VITM untuk campuran aspal AC-BC yang telah dipakai empat tahun tidak memenuhi spesifikasi, dengan demikian VFWA juga tidak memenuhi spesifikasi. Dimana VFWA sudah dibawah 65%.

Kadar aspal dibawah 4,5% mengakibatkan rongga dalam campuran yang sebelumnya terisi aspal sudah hilang akibat proses oksidasi. Sehingga film aspal yang menyelimuti butir-butir agregat menjadi tipis dan habis, ini mengakibatkan rongga terisi aspal telah hilang dan mengurangi kekuatan ikatan antara agregat dengan agregat.

e. Pengaruh kadar aspal terhadap stabilitas (stability)

Stabilitas hasil core drill benda uji relatif masih tinggi dan memenuhi spesifikasi teknik. Stabilitas yang tinggi ini diperoleh karena campuran menggunakan agregat dengan gradasi yang rapat, agregat permukaan yang kasar, aspal dengan penetrasi rendah, dan kadar aspal yang optimum untuk mengikat antara butir-butir agregat.

Meskipun kadar aspal sisa sudah sangat kecil, tetapi nilai stabilitasnya masih relatif tinggi. Ini disebabkan agregat yang digunakan memiliki permukaan yang kasar dan ikatan antar agregat masih sangat kuat.

f. Pengaruh kadar aspal terhadap kelelahan (flow)

Kadar aspal yang berkisar antara 2%-4% dari benda uji hasil core drill sangat menentukan nilai kelelahan (flow) dari beton aspal AC-BC. Kadar aspal sisa yang kecil pada campuran menyebabkan nilai kelelahan tidak lagi memenuhi spesifikasi.

Nilai flow yang tidak memenuhi spesifikasi ini, disebabkan lapisan film aspal yang menyelimuti agregat sangat tipis dan tak mampu menjadi pelicin pada campuran aspal beton AC-BC. Akibatnya benda uji tersebut menjadi rapuh.

g. Pengaruh kadar aspal terhadap Marshall Quotient (MQ)
Beton aspal AC-BC yang memiliki stabilitas tinggi dan flow rendah menunjukkan sifat beton aspal campuran panas kaku dan getas (brittle), seperti pada hasil core drill benda uji ini.

Pemeriksaan benda uji hasil core drill menunjukkan bahwa beton aspal AC-BC menunjukkan sifat beton aspal AC-BC yang kaku dan getas (brittle). Dimana memiliki nilai stabilitas yang tinggi dan flow yang rendah.

5.7 Hasil Core Drill Tahun ke 4 (titik kerusakan)

Hasil core drill benda uji pada tahun kedua dilakukan pemeriksaan volumetrik dan Marshall, untuk mengetahui komposisi dan karakteristik aspal beton AC-BC. Hasil tersebut diuraikan sebagai berikut.

a. Pengaruh kadar aspal terhadap kepadatan (density)

Pengaruh pemadatan campuran aspal AC-BC pasca pelayanan jalan sangat ditentukan oleh beban kendaraan, temperatur, gradasi agregat, dan kadar aspal yang masih ada. Kadar aspal yang masih ada akan membantu proses pemadatan aspal selama masa pelayanan jalan. Aspal sebagai pelumas dalam proses pemadatan selama masa pelayanan dan sebagai pengikat butiran agregat selama masa pelayanan jalan. Pemadatan selama umur pelayanan tidak akan terjadi, bila kadar aspal turun berkurang dengan sangat cepat. Hal disebabkan dalam proses pemadatan akan terjadi gesekan antara permukaan butir-butir agregat, dan bila kadar aspal tersisa sangat sedikit tidak mampu mempertahankan ikatan antar agregat. Sehingga kerapatan campuran menjadi kecil.

Kadar aspal 1,90% sampai dengan 4,50% dari berat agregat, mampu mempertahankan kepadatan dalam kondisi yang baik dalam rentang $2,200 \text{ gr/cm}^3$ sampai dengan $2,289 \text{ gr/cm}^3$. Pada keadaan kepadatan ini campuran aspal AC-BC masih dalam kondisi relatif baik untuk digunakan melayani beban kendaraan.

b. Pengaruh kadar aspal terhadap voids in mineral aggregate (VMA)

Nilai VMA yang ditunjukkan dari hasil core drill benda uji bervariasi. Pada kadar aspal 2,90% secara rata-rata dari campuran menunjukkan bahwa VMA masih memenuhi spesifikasi teknik, sedangkan dengan kadar aspal lebih kecil dari 3,70% dan 4,19% nilai VMA sudah tidak memenuhi spesifikasi.

Kadar aspal yang tersisa dikisaran diatas 2,90% dari berat agregat menunjukkan nilai VMA terus turun, hal ini disebabkan aspal menjadi pelumas yang memadatkan beton aspal campuran panas (butir-butir agregat saling mengisi dan mengikat). Kadar aspal 2,90% dari berat agregat menunjukkan nilai VMA masih memenuhi spesifikasi, hal ini disebabkan rongga-rongga yang terisi aspal diantara butir-butir agregat sudah sedemikian rapat, sehingga dengan bertambahnya selimut aspal akan memperbesar rongga diantara butir-butir agregat.

c. Pengaruh kadar aspal terhadap voids in the mix (VITM)

Hasil core drill benda uji yang sudah digunakan sampai empat tahun, nilai VITM benda uji sudah tidak memenuhi spesifikasi lagi. Hal ini disebabkan rongga dalam campuran sudah sangat besar, yang terjadi akibat berkurangnya kadar aspal.

Kadar aspal sangat menentukan besar atau kecilnya rongga udara dalam campuran, semakin banyak kadar aspal maka akan semakin kecil rongga dalam campuran dan semakin sedikit kadar aspal, maka semakin besar nilai VITM.

d. Pengaruh kadar aspal terhadap voids filled with asphalt (VFWA)

Banyaknya kadar aspal yang mengisi rongga-rongga antara butir-butir agregat pada aspal beton campuran panas ditunjukkan dari nilai VFWA. Semakin besar kadar aspal maka makin banyak mengisi rongga-rongga pada beton aspal campuran panas dan nilai VFWA tinggi.

Dari benda uji yang diperoleh dari core drill menunjukkan bahwa nilai VITM berhubungan erat dengan nilai VFWA. Diatas telah

diketahui bahwa nilai VITM untuk campuran aspal AC-BC yang telah dipakai empat tahun tidak memenuhi spesifikasi, dengan demikian VFWA juga tidak memenuhi spesifikasi. Dimana VFWA sudah dibawah 65%.

Kadar aspal dibawah 4,5% mengakibatkan rongga dalam campuran yang sebelumnya terisi aspal sudah hilang akibat proses oksidasi. Sehingga film aspal yang menyelimuti butir-butir agregat menjadi tipis dan habis, ini mengakibatkan rongga terisi aspal telah hilang dan mengurangi kekuatan ikatan antara agregat dengan agregat.

e. Pengaruh kadar aspal terhadap stabilitas (stability)

Stabilitas hasil core drill benda uji relatif masih tinggi dan memenuhi spesifikasi teknik. Stabilitas yang tinggi ini diperoleh karena campuran menggunakan agregat dengan gradasi yang rapat, agregat permukaan yang kasar, aspal dengan penetrasi rendah, dan kadar aspal yang optimum untuk mengikat antara butir-butir agregat.

Meskipun kadar aspal sisa sudah sangat kecil, tetapi nilai stabilitasnya masih relatif tinggi. Ini disebabkan agregat yang digunakan memiliki permukaan yang kasar dan ikatan antar agregat masih sangat kuat.

f. Pengaruh kadar aspal terhadap kelelahan (flow)

Kadar aspal yang berkisar antara 3%-4% dari benda uji hasil core drill sangat menentukan nilai kelelahan (flow) dari beton aspal AC-BC. Kadar aspal sisa yang kecil pada campuran menyebabkan nilai kelelahan masih memenuhi syarat, kecuali pada benda uji ketiga nilai flow sudah tidak memenuhi spesifikasi.

Nilai flow yang memenuhi spesifikasi ini disebabkan lapisan film aspal yang terbentuk menjadi tebal dan aspal menjadi pelicin yang membuat campuran lebih kuat tidak cepat lelah, hal ini menaikkan nilai kelelahan atau flow.

Pada benda uji ketiga nilai flow yang tidak memenuhi spesifikasi, disebabkan lapisan film aspal yang menyelimuti agregat sangat tipis dan tak mampu menjadi pelicin pada campuran aspal beton AC-BC.

g. Pengaruh kadar aspal terhadap Marshall Quotient (MQ)
Beton aspal AC-BC yang memiliki stabilitas tinggi dan flow rendah menunjukkan sifat beton aspal campuran panas kaku dan getas (brittle), seperti pada hasil core drill benda uji ini.

Pemeriksaan benda uji hasil core drill menunjukkan bahwa beton aspal AC-BC menunjukkan sifat beton aspal AC-BC yang kaku dan getas (brittle). Dimana memiliki nilai stabilitas yang tinggi dan flow yang rendah.

Kesimpulan dan Saran

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian, pembahasan, dan teori-teori yang ada dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Kadar aspal optimum ditetapkan sebesar 5,2% dari berat agregat untuk DMF dan JMF, begitu juga pada TM adalah 5,2%.
2. Pada kadar aspal 5,2% sampai dengan 5,5% nilai parameter Marshall dan volumetrik mempunyai nilai yang optimum.
3. Tidak terlihat perbedaan yang signifikan mulai dari DMF, JMF dan TM pada proyek peningkatan jalan kabupaten Aceh Utara pada ruas jalan Krueng Geukueh – Beureughang Kabupaten Aceh Utara
4. Perbedaan gradasi butiran agregat masih dalam batasan minimum dan maksimum berdasarkan spesifikasi teknik 2002.
5. Kadar aspal optimum 5,2% sampai dengan 5,5% meningkatkan tebal lapisan film aspal yang menyebabkan turunnya stabilitas dan naiknya durabilitas benda uji, ini disebabkan aspal yang menyelimuti agregat bertambah banyak, menyebabkan rongga pada campuran kecil dan aspal yang seharusnya sebagai pelumas untuk mengisi rongga-rongga dan mengikat aspal berubah fungsi menjadi pelicin.
6. Pemakai kadar aspal harus tetap memperhatikan nilai VMA, VITM, FVWA, stabilitas, dan flow, tidak hanya untuk durabilitas, sehingga penggunaan kadar aspal yang paling baik adalah kadar aspal optimum untuk menghasilkan campuran yang paling maksimal.
7. Pada tahun ke dua setelah pelayanan struktur jalan yang sudah turun kinerjanya nilai VITM, VFVA, stability, flow dan MQ masih memenuhi syarat, kecuali VMA.

-
8. Pada tahun ke tiga setelah pelayanan pelayanan struktur jalan yang sudah turun kinerjanya nilai stability, flow dan MQ masih memenuhi syarat, sementara VMA, VITM dan VFWA tidak memenuhi syarat.
 9. Pada tahun ke empat setelah pelayanan setelah pelayanan pelayanan struktur jalan yang sudah turun kinerjanya nilai stability, flow dan MQ masih memenuhi syarat, sementara VMA, VITM dan VFWA tidak memenuhi syarat.

5.2. Saran

Periode penelitian "Hubungan antara Konsistensi Perancangan, Pelaksanaan dan Pengendalian Mutu Aspal Beton Terhadap Penurunan Kinerja Jalan" pada Ruas Jalan Krueng Geukueh - Beureughang ini sangat terbatas hanya pada parameter Marshall dan sifat volumetrik, untuk itu perlu kiranya dilakukan penelitian lebih lanjut berupa :

1. Perlu kiranya dilakukan penelitian tentang daya tahan campuran beton AC-BC berdasarkan beban lintasan yang lebih;
2. Penambahan kadar aspal optimum pada Trial Mix akan membawa perubahan-perubahan pada parameter Marshall dan sifat volumetrik, sehingga perlu ada kajian lebih mendalam;
3. Pemeriksaan lebih lanjut terhadap kehilangan kadar aspal pada campuran selama masa pelayanan jalan.

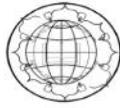
DAFTAR KEPUSTAKAAN

- AASHTO, 1986, Guide for Design of Pavement Structures, 444n. Capital Street, N.W., Suite 225, Washington, D. C. 20001
- Anonim, 1990, Kumpulan SNI Bidang Pekerjaan Umum Mengenai Perkerasan Jalan, Departemen Pekerjaan Umum.
- Anonim, Spesifikasi Campuran Beraspal Panas, 2002, Badan Penelitian dan Pengembangan Pemukiman dan Prasarana Wilayah, Pusat Penelitian dan Pengembangan Prasarana Transportasi, Depkimpraswil
- Asphalt Institute, 2001, Construction of Hot Mix Asphalt Pavement, Manual Series No.22 (MS-22), Second Edition, Lexington, Kentucky, USA.
- Asphalt Institute, 1997, Mix Desig Methodes For Asphalt Concrete and Other Hot-Mix Types, Manual Series No.2 (MS-2), Sixth Edition, Lexington, Kentucky, USA.
- Asphalt Institute, 2001, Introduction to Asphalt, Manual Series No.5, Eighth Edition,USA.
- Bina Marga, 1987, Petunjuk Pelaksanaan Lapis Aspal Beton (LASTON) untuk Jalan Raya, Yayasan Penerbit PU.
- Bina Marga, 2004, Tata Cara Perencanaan Geometri Jalan Perkotaan, Yayasan Penerbit PU.
- Bina Marga, 2006, Perencanaan Sistem Drainase Jalan (Pd.T- 02-2006-B, Yayasan Penerbit PU.
- Daintith, J., 1990, Kamus Lengkap Kimia, Edisi Baru, Penerbit Erlangga, Jakarta.

-
- Effendi, H., 2004, Tinjauan Tahan Lama Terhadap Air Sungai Berlumpur Pada Campuran Beton Aspal, Tesis MSTT, UGM Yogyakarta.
- Fithra, 2011, Karakteristik Penggunaan Serbuk Ban Bekas Pada Campuran Panas Asphalt Concrete Binder Course (AC-BC), Jurnal Teras Vol.1 Nomor 2, halaman 145-154 ISSN 2088-0561, Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Malikussaleh.
- Fithra, 2010, Pengaruh Penggunaan Serbuk Ban Karet sebagai Pengganti Agregat halus pada Campuran Aspal (HRS-WC), Jurnal Teras Vol.8 Nomor 1, halaman 1693-4105 ISSN 2088-0561, Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Malikussaleh.
- Fithra, 2009, Pengaruh Perbedaan Spesifikasi dan Gradasi Terhadap Durabilitas Perkerasan Campuran Panas AC-WC dan HRS-WC, Proceedings of The 3th International Conference on Development of Aceh (ICDA-3), pp.188 - 207, Universitas Malikussaleh, Aceh Utara, Aceh.
- Fithra, 2008, Pengaruh Rendaman Air laut Terhadap Durabilitas Beton Aspal Campuran Panas, Jurnal Samudra Vol.2 Nomor 1, Mei 2008, LPPM, Universitas Malikussaleh.
- Hendarsin, S.L., 2000, Perencanaan Teknik Jalan Raya, Politeknik Negeri Bandung.
- Kosasih, D., Perancangan Perkerasan dan Bahan, Catatan Kuliah, Penerbit ITB, Penerbit ITB, Jl. Ganesa 10, Bandung.
- Kramadibrata, S., 2002, Perencanaan Pelabuhan, Penerbit ITB, Jl. Ganesa 10, Bandung.
- Laitinen, J.T., 1998, Asphalt Concrete (and Macadam) Surface Course, in Asphalt Surfacing, Editor : Nicholls, J.C.E., and Spon T.N., London

-
- Oktorizal, B., 1999, Pengaruh Air Asin Terhadap Durabilitas Campuran Beton Aspal, Simposium II, FSTPT, ITS, Surabaya.
- Sukirman, S., 2003, Beton Aspal Campuran Panas, Edisi pertama, Granit, Jakarta.
- Sukirman, S., 1992, Perkerasan Lentur Jalan Raya, Penerbit Nova, Bandung.
- Suparma, L. B., 2001, The Use of Recyled Waste Plastic in Bituminous Composite, PhD, Thesis, Unpublished, The University of Leeds, United Kingdom.
- Suparma, L. B., 2005, Bahan Konstruksi, Catatan Kuliah MSTT, Penerbit MSTT, UGM, Yogyakarta.
- Totomihardjo, S., 2004, Bahan dan Struktur Jalan Raya, Biro Penerbit KMTS FT UGM, Yogyakarta.
- Rustomo, 2004, Daya Tahan Lama Terhadap Air Hujan pada Campuran Beton Aspal. Tesis MSTT, UGM, Yogyakarta.
- Triatmodjo, B., 1999, Teknik Pantai, Penerbit Beta Offset, Yogyakarta
- Whiteoak, D., 1990, The Shell Bitumen Handbook, Shell Bitumen UK, East Molesey, Surrey.
- Wibowo, S. S., Frazila, R., B., dan Kusumawati, A., 2000, Pengantar Rekayasa Jalan, Sub Jurusan Rekayasa Transportasi, Jurusan Teknik Sipil, ITB, Bandung.

Daftar Lampiran



UNIVERSITAS MALIKUSSALEH
FAKULTAS TEKNIK – JURUSAN TEKNIK SIPIL
LABORATORIUM TEKNIK SIPIL
Jl. Batam Kampus Bukit Indah – Blang Pulo Lhokseumawe

LAMPIRAN 1 - 1

RESUME HASIL PEMERIKSAAN BAHAN

1. SIFAT ASPAL AC 60/70 PERTAMINA

No.	Jenis Pemeriksaan	Spesifikasi	Hasil	Satuan
1	Penetrasi 25°C	60 - 79	66,7	0,1 mm
2	Titik Lembek	48 - 58	48,5	°C
3	Titik Nyala	Min. 200	337,0	°C
4	Daktalitas 25°C	Min. 100	> 100	cm
5	Kehilangan berat 163°C, 5 jam	Maks. 0,4	0,087	%
6	Kelarutan dalam CCL ₄	Min. 99	99,52	%
7	Penetrasi Setelah Kehilangan Berat	Min. 75	77,66	% semula
8	Berat Jenis	Min. 1	1,030	-



HASIL PEMERIKSAAN PENETRASI ASPAL KERAS
AASHTO T-49 – 68 / PA. 0301 – 76

Persiapan Benda Uji	Contoh dipanaskan	15 menit	Pembacaan suhu oven $\pm 135^{\circ}\text{C}$
Mendinginkan Benda Uji	Didiamkan pada temperatur ruangan	60 menit	
Perendaman Benda Uji	Direndam dalam <i>water bath</i> pada temperatur 25°C	60 menit	Pembacaan temperatur <i>water bath</i> $\pm 25^{\circ}\text{C}$
Pemeriksaan	Penetrasi pada 25°C , 100gram, 5 detik	30 menit	Pembacaan temperatur alat $\pm 25^{\circ}\text{C}$

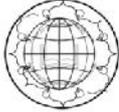
Penetrasi pada 25°C , 100 gr, 5 detik	I	II
Pengamatan : 1	69	68
2	66	67
3	68	68
4	65	65
5	65	66
Rata - rata I & II	66,6	66,8
Rata - rata (I + II)	66,7	



HASIL PEMERIKSAAN TITIK LEMBEK
 (SOFTENING POINT, RING & BALL)
 AASHTO T – 53 – 74 / PA. 0302– 76

		Pembacaan Waktu (jam)		
		Mulai	Selesai	
Pembukaan contoh	Contoh dipanaskan			Pembacaan temperatur oven :°C
Mendinginkan contoh	Didiamkan pada temperatur ruang			
Mencapai temperatur pemeriksaan	Direndam pada temperatur 5°C			Pembacaan temperatur lemari es : ± 5°C
Pemeriksaan	Titik lembek			

No.	Temperatur yang diamati (°C)	Waktu (dtk)		Titik Lembek (°C)		
		I	II	I	II	Rata-rata
1	5	0	0	48	49	48,5
2	10	54	54			
3	15	57	57			
4	20	57	57			
5	25	59	59			
6	30	60	60			
7	35	61	61			
8	40	63	63			
9	45	63	63			
10	50					
11	55					



HASIL PEMERIKSAAN TITIK NYALA
(FLASH POINT)
AASITO T – 48 – 74 / PA. 0303– 76

		Pembacaan waktu (jam)		
		Mulai	Selesai	
Pembukaan contoh	Contoh dipanaskan			Pembacaan suhu oven : °C
Mendinginkan contoh	Didiamkan pada temperatur ruang			
Menentukan titik nyala contoh				
Kenaikan temperatur 2 contoh	Sampai 56°C dibawah titik nyala			15°C / menit 5°C s/d 6°C / menit
	Antara 56°C s/d 28°C dibawah titik nyala			

	Titik Nyala (°C)
Pengamatan I	337
Pengamatan II	-
Rata – rata	337

Titik bakar : 350°C



HASIL PEMERIKSAAN DAKTILITAS (*DUCTILITY*)

AASHTO T – 51 – 74 / PA. 0306– 76

Persiapan Benda Uji	Contoh Dipanaskan	15 menit	Pembacaan Temperatur Oven $\pm 135^{\circ}\text{C}$
Mendinginkan benda uji	Didiamkan pada temperatur ruang	60 menit	
Perendaman benda uji	Direndam dalam water bath pada temperatur 25°C	60 menit	Pembacaan temperatur <i>water bath</i> $\pm 25^{\circ}\text{C}$
Pemeriksaan	Daktalitas pada 25°C , 5 cm/menit	20 menit	Pembacaan temperatur alat $\pm 25^{\circ}\text{C}$

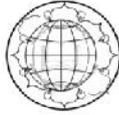
Daktalitas pada 25°C , 5 cm/menit	Pembacaan Pengukur pada Alat
Pengamatan I	> 100 cm
Pengamatan II	> 100 cm
Rata – rata (I + II)	> 100 cm



HASIL PEMERIKSAAN KEHILANGAN BERAT
(LOSS ON HEATING)
AASHTO T – 96 – 74 / PA. 0304– 76

Persiapan Benda Uji	Contoh dipanaskan	15 menit	Pembacaan Temperatur Oven $\pm 135^{\circ}\text{C}$
Mendinginkan benda uji	Didiamkan pada temperatur ruang	30 menit	
Pemeriksaan	Kehilangan berat pada 163°C	5 jam	Pembacaan temperatur oven $\pm 163^{\circ}\text{C}$ Pembacaan termometer dalam contoh 163°C

Cawan + Aspal Keras	= 55,610 gram
Cawan Kosong	= 9,650 gram
Berat Aspal Keras	= 45,960 gram
Berat Sebelum Dipanaskan	= 55,610 gram
Berat Sesudah Dipanaskan	= 55,570 gram
Kehilangan Berat	= 0,040 gram
LOSS ON HEATING (%)	= 0,087%
Rata – rata = 0,087%	



HASIL PEMERIKSAAN KELARUTAN DALAM CCL₄ (SOLUBILITY)
AASHTO T – 44 – 74 / PA. 0305 – 76

	Pembacaan waktu		
	Mulai jam		
Pembukaan Contoh - Dipanaskan	Selesai jam		
Pemeriksaan - Penimbangan	Mulai jam		
- Pelarutan	Mulai jam		
- Penyaringan	Mulai jam		
	Selesai jam		
- Dioven	Mulai jam		
- Penimbangan	Selesai jam		

1. Berat botol Erlenmeyer kosong : 123,150 gram
2. Berat Erlenmeyer + aspal : 125,210 gram
3. Berat aspal (2 – 1) : 2,060 gram
4. Berat kertas saring bersih : 22,500 gram
5. Berat kertas saring + endapan : 22,510 gram
6. Berat endapan saja (5 – 4) : 0,010 gram
7. Persentase endapan $(6 : 3) \times 100\%$: 0,485 %
8. Bitumen yang larut $(100\% - 7)$: 99,515 %



HASIL PEMERIKSAAN BERAT JENIS ASPAL KERAS
AASHTO T – 228 – 68 / PA. 0307 – 76

		Pembacaan waktu (jam)		
		Mulai	Selesai	
Pembukaan contoh	Contoh dipanaskan			Pembacaan temperatur Oven :°C
Mendinginkan contoh	Didiamkan pada suhu ruang			
Mencapai temperatur pemeriksaan	Direndam pada temperatur 25°C			Pembacaan temperatur water bath :°C
Pemeriksaan	Berat jenis			

1. Berat piknometer kosong : 32,890 gram
2. Berat piknometer + aquadest penuh : 81,690 gram
3. Berat air (2 – 1) : 48,800 gram
4. Berat piknometer + contoh aspal : 34,590 gram
5. Berat contoh (4 – 1) : 1,700 gram
6. Berat piknometer + contoh + aquadest penuh : 81,740 gram
7. Berat air saja (6 - 4) : 47,150 gram
8. Berat isi contoh/air yang dipindahkan (3 – 7) : 1,650 gram
9. Berat jenis aspal (5 : 8) : 1,030 gram



HASIL PEMERIKSAAN PENETRASI SETELAH KEHILANGAN BERAT
AASHTO – 96 – 74 / PA. 0301 – 76

		Pembacaan Waktu (jam)		
		Mulai	Selesai	
Mencapai Temperatur Pemeriksaan	Direndam pada temperatur 25°C			Pembacaan temperatur <i>water bath</i> ± 25°C
Pemeriksaan	Direndam pada temperatur 25°C			Pembacaan temperatur penetrometer ± 25°C

Penetrasi pada temperatur 25°C, 110 gr, 5 detik	I
Pengamatan : 1	51
2	51
3	52
4	52
5	53
Rata – rata	51,8
% semula : $(51,8 / 66,7) \times 100\%$	= 77,66%



KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
 UNIVERSITAS MALIKUSSALEH
 FAKULTAS TEKNIK
 LABORATORIUM TEKNIK SIPIL
 Jl. Batam No. 02 Kampus Bukit Indah Blangpulo Kota Lhokseumawe

LAMPIRAN 2.1

DESIGN MIX FORMULA LASTON AC - BC

No.	Jenis Pemeriksaan	Hasil	Spec	Keterangan	
1	Berat jenis Bulk	CA	2,598		
		MA	2,554		
		Pasir	2,475		
2	Komp. Campuran Terhadap total agregat	CA	20,00		
		MA	68,00		
		Pasir	10,00		
		Filler	2,00	1 - 2	Semen
		Aditif	0,3	0.2 - 0.3	
		kadar aspal terhadap agregat, %	5,5		
		kadar aspal terhadap campuran, %	5,21		
3	Persentase Saringan	1"	100,00	100	Gradasi Halus
		3/4"	100,00	90 - 100	
		1/2"	87,40	74 - 90	
		3/8"	75,31	64 - 82	
		No. 4	59,32	47 - 64	
		No. 8	43,13	34,6 - 49	
		No. 16	33,08	28,3 - 38	
		No. 30	25,98	20,7 - 28	
		No. 50	16,95	13,7 - 20	
		No. 100	7,27	4 - 13	
4	Marshall Test	% Rongga dalam Campuran	3,8	3,5 - 5,0	VIM
		% Rongga dalam Campuran	2,9	Min 2,5	VIM Refusal
		% Rongga dalam Agregat	14,2	Min 14	VMA
		% Rongga Terisi Aspal	73,1	Min 63	VFA
		Stabilitas (kg)	1367,3	Min 800	n
		Flow (mm)	6,0	Min 3	o
		Marshall Quotient	228,5	Min 250	MQ
		Density (gr/cc)	2,31		
5	Abrasi	25,80%	< 30 %		



KEMENTERIAN PENDIDIKAN NASIONAL
UNIVERSITAS MALIKUSSALEH
FAKULTAS TEKNIK
LABORATORIUM TEKNIK SIPIL

Jl. Tgk. Chik Ditiro No. 26 Telp. (0645) 41373 - 40915 Fax 44450 PO. Box 141

LAMPIRAN 2.2

BERAT ISI AGREGAT
(SNI. 03 - 4808 - 1998)

3. Agregat Halus (Dust)

No.	Uraian		Gembur		Padat	
			I	II	I	II
1	Berat Tempat + Agregat	Gram	8257	8001	8925	9020
2	Berat Tempat	Gram	4137	4137	4137	4137
3	Berat Agregat	Gram	4120	3864	4788	4883
4	Isi tempat	cm ³	3050	3050	3050	3050
5	Berat Isi	gram/cm ³	1,351	1,267	1,570	1,601
Berat isi rata-rata		gram/cm³	1,309		1,585	

4. Agregat Halus (pasir)

No.	Uraian		Gembur		Padat	
			I	II	I	II
1	Berat Tempat + Agregat	Gram	8135	8055	8294	8394
2	Berat Tempat	Gram	4137	4137	4137	4137
3	Berat Agregat	Gram	3998	3918	4157	4257
4	Isi tempat	cm ³	3050	3050	3050	3050
5	Berat Isi	gram/cm ³	1,311	1,285	1,363	1,396
Berat isi rata-rata		gram/cm³	1,298		1,379	



**KEMENTERIAN PENDIDIKAN NASIONAL
UNIVERSITAS MALIKUSSALEH
FAKULTAS TEKNIK
LABORATORIUM TEKNIK SIPIL**

Jl. Tgk. Chik Ditiro No. 26 Telp. (0645) 41373 - 40915 Fax 44450 PO. Box 141

LAMPIRAN 2.3

BERAT ISI AGREGAT
(SNI. 03 - 4808 - 1998)

1. Agregat Kasar (1 1/2")

No.	Uraian		Gembur		Padat	
			I	II	I	II
1	Berat Tempat + Agregat	Gram	8404	8425	8982	8920
2	Berat Tempat	Gram	4137	4137	4137	4137
3	Berat Agregat	Gram	4267	4288	4845	4783
4	Isi tempat	cm ³	3050	3050	3050	3050
5	Berat Isi	gram/cm ³	1,399	1,406	1,589	1,568
Berat isi rata-rata		gram/cm³	1,402		1,578	

2. Agregat Kasar (MA 3/4")

No.	Uraian		Gembur		Padat	
			I	II	I	II
1	Berat Tempat + Agregat	Gram	8457	8458	8824	8845
2	Berat Tempat	Gram	4137	4137	4137	4137
3	Berat Agregat	Gram	4320	4321	4687	4708
4	Isi tempat	cm ³	3050	3050	3050	3050
5	Berat Isi	gram/cm ³	1,416	1,417	1,537	1,544
Berat isi rata-rata		gram/cm³	1,417		1,540	



LAMPIRAN 2.4

ANALISA VOLUMETRIK CAMPURAN PERKERASAN BERASPAL LASTON AC-BC

No.	Uraian	Berat Jeis bulk		Kode	Komposisi Campuran % Berat Total Campuran			
					Nomor Campuran			
					1	2	3	4
1	CA 3/4"	G1	2,598	P1	20,00			
2	MA 3/8"	G2	2,554	P2	68,00			
3	Pasir	G4	2,475	P4	10,00			
4	Filler	G5	3,150	P5	2,00			
5	Total Agregat	Gs		Ps				
6	Aspal	Gb	1,027	Pb				

8	$Pb = 0.035(\%CA) + 0.045(\%FA) + 0.18(\%Filler) + k$			Pb	5,1			
9	Penambahan Zat Aditif Terhadap Berat Aspal Sebanyak 0.3 %							
10	Berat jenis bulk total agregat			Gsb	2,554			
11	Berat Jenis Maksimum Campuran Beraspal			Gmm	2,433			
12	Berat Jenis Efektif Agregat Total			Gse	2,637			
13	Penyerapan Aspal Terhadap Total Agregat			Pba	1,258765			

PENGUJIAN GMM

No.	Uraian	1	2	3	4	5	6
1	Berat Picnometer kosong	1418					
2	berat Picnometer + contoh	2878					
3	Berat Picnometer + contoh + air	4526					
4	Berat Contoh	1460					
5	Berat Picnometer + air	3072					
6	Volume	600					
7	Gmm	2,433					



KEMENTERIAN PENDIDIKAN NASIONAL
 UNIVERSITAS MALIKUSSALEH
 FAKULTAS TEKNIK
 LABORATORIUM TEKNIK SIPIL
 Jl. Tgk. Chik Ditiro No. 26 Telp. (0645) 41373 - 40915 Fax 44450 PO. Box 141

LAMPIRAN 2.5

BERAT JENIS AGREGAT KASAR
 (SNI. 1969 : 2008)

Fraksi Kasar (3/4")				Berat Agregat Kering = 1507 gram			
Ayakan No	Ukuran (mm)	berat saringan	berat saringan + tanah	Berat tertahan		Persen	Persen
				(Gram)	%	Kumulatif (%)	Lolos (%)
1"	25,4	524	524	0,00	0,00	0,00	100,00
3/4"	19,10	516,5	527	10,50	0,70	0,70	99,30
1/2"	12,70	442	1346	904,00	59,99	60,68	39,32
3/8"	9,52	432,5	927	494,50	32,81	93,50	6,50
No. 4	4,75	402	490	88,00	5,84	99,34	0,66
No. 8	2,36	392	392	0,00	0,00	99,34	0,66
No. 16	1,16	368,5	368,5	0,00	0,00	99,34	0,66
No. 30	0,50	359,5	359,5	0,00	0,00	99,34	0,66
No. 50	0,30	351,5	351,5	0,00	0,00	99,34	0,66
No.100	0,15	348,5	348,5	0,00	0,00	99,34	0,66
No. 200	0,075	355,5	355,5	0,00	0,00	99,34	0,66
jumlah				1507,00			

Fraksi Sedang				Berat Agregat Kering = 1554 gram			
Ayakan No	Ukuran (mm)	berat saringan	berat saringan + tanah	Berat tertahan		Persen	Persen
				(Gram)	%	Kumulatif (%)	Lolos (%)
1"	25,40	524	524	0,00	0,00	0,00	100,00
3/4"	19,10	516,5	516,5	0,00	0,00	0,00	100,00
1/2"	12,70	442	442	0,00	0,00	0,00	100,00
3/8"	9,52	432,5	550	117,50	7,56	7,56	92,44
No. 4	4,75	402	681	279,00	17,95	25,51	74,49
No. 8	2,36	392	722	330,00	21,24	46,75	53,25
No. 16	1,16	368,5	622,5	254,00	16,34	63,10	36,90
No. 30	0,50	359,5	562,5	203,00	13,06	76,16	23,84
No. 50	0,30	351,5	475,5	124,00	7,98	84,14	15,86
No.100	0,15	348,5	468	119,50	7,69	91,83	8,17
No. 200	0,075	355,5	411,5	56,00	3,60	95,43	4,57
jumlah				1554,00			



**KEMENTERIAN PENDIDIKAN NASIONAL
UNIVERSITAS MALIKUSSALEH
FAKULTAS TEKNIK
LABORATORIUM TEKNIK SIPIL**

Jl. Tgk. Chik Ditiro No. 26 Telp. (0645) 41373 - 40915 Fax 44450 PO. Box 141

BERAT JENIS AGREGAT Kasar

(SNI. 1969 : 2008)

Fraksi Halus (Pasir)				Berat Agregat Kering = 513 gram			
Ayakan No	Ukuran (mm)	berat saringan	berat saringan + tanah	Berat tertahan		Persen	
				(Gram)	%	Kumulatif (%)	Lolos (%)
1"	25,4	524	524	0,00	0,00	0,00	100,00
3/4"	19,10	516,5	516,5	0,00	0,00	0,00	100,00
1/2"	12,70	442	442	0,00	0,00	0,00	100,00
3/8"	9,52	432,5	432,5	0,00	0,00	0,00	100,00
No. 4	4,75	402	411	9,00	1,75	1,75	98,25
No .8	2,36	392	415,5	23,50	4,58	6,34	93,66
No. 16	1,16	368,5	429,5	61,00	11,89	18,23	81,77
No. 30	0,50	359,5	536	176,50	34,41	52,63	47,37
No. 50	0,30	351,5	536,5	185,00	36,06	88,69	11,31
No.100	0,15	348,5	402	53,50	10,43	99,12	0,88
No. 200	0,075	355,5	357	1,50	0,29	99,42	0,58
jumlah				513,00			

Fraksi Filler				Berat Agregat Kering = 200 gram			
Ayakan No	Ukuran (mm)	berat saringan	berat saringan + tanah	Berat tertahan		Persen	
				(Gram)	%	Kumulatif (%)	Lolos (%)
1"	25,4	524	524	0,00	0,00	0,00	100,00
3/4"	19,10	516,5	516,5	0,00	0,00	0,00	100,00
1/2"	12,70	442	442	0,00	0,00	0,00	100,00
3/8"	9,52	432,5	432,5	0,00	0,00	0,00	100,00
No. 4	4,75	402	402	0,00	0,00	0,00	100,00
No .8	2,36	392	392	0,00	0,00	0,00	100,00
No. 16	1,16	368,5	368,5	0,00	0,00	0,00	100,00
No. 30	0,50	359,5	359,5	0,00	0,00	0,00	100,00
No. 50	0,30	351,5	351,5	0,00	0,00	0,00	100,00
No.100	0,15	348,5	348,5	0,00	0,00	0,00	100,00
No. 200	0,075	355,5	355,5	0,00	0,00	0,00	100,00
jumlah				200,00			



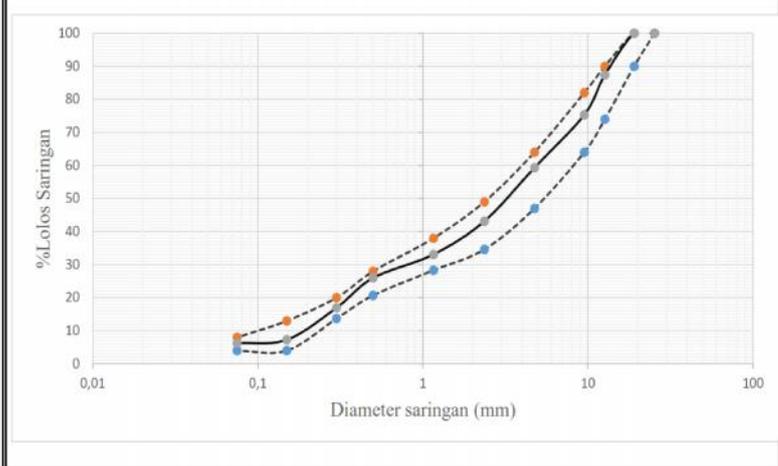
KEMENTERIAN PENDIDIKAN NASIONAL
 UNIVERSITAS MALIKUSSALEH
 FAKULTAS TEKNIK
 LABORATORIUM TEKNIK SIPIL

Jl. Tgk. Chik Ditiro No. 26 Telp. (0645) 41373 - 40915 Fax 44450 PO. Box 141

LAMPIRAN 2.6

KOMPOSISI CAMPURAN AGREGAT ASPHALT CONCRETE (AC-BC)

Ayakan	Ukuran (mm)	% Lolos				% Mix Design				Total mix	spec	
		CA (3/4")	MA	Pasir	filler	CA 20,00	MA 68,00	Pasir 10,00	filler 2,00		Min	Max
1"	25,4	100,00	100,00	100,00	100,00	20,00	68,00	10,00	2,00	100,00	100	100
3/4"	19,1	99,30	100,00	100,00	100,00	19,86	68,00	10,00	2,00	100,00	90	100
1/2"	12,7	39,32	100,00	100,00	100,00	7,86	68,00	10,00	2,00	87,40	74	90
3/8"	9,52	6,50	92,44	100,00	100,00	1,30	62,86	10,00	2,00	75,31	64	82
No. 4	4,75	0,66	74,49	98,25	100,00	0,13	50,65	9,82	2,00	59,32	47	64
No. 8	2,36	0,66	53,25	93,66	100,00	0,13	36,21	9,37	2,00	43,13	34,6	49
No. 16	1,16	0,66	36,90	81,77	100,00	0,13	25,10	8,18	2,00	33,08	28,3	38
No. 30	0,5	0,66	23,84	47,37	100,00	0,13	16,21	4,74	2,00	25,98	20,7	28
No. 50	0,3	0,66	15,86	11,31	100,00	0,13	10,79	1,13	2,00	16,95	13,7	20
No.100	0,15	0,66	8,17	0,88	100,00	0,13	5,56	0,09	2,00	7,27	4	13
No. 200	0,075	0,66	4,57	0,58	100,00	0,13	3,11	0,06	2,00	6,24	4	8

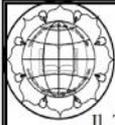


	KEMENTERIAN PENDIDIKAN NASIONAL UNIVERSITAS MALIKUSSALEH FAKULTAS TEKNIK LABORATORIUM TEKNIK SIPIL Jl. Tgk. Chik Ditiro No. 26 Telp. (0645) 41373 - 40915 Fax 44450 PO. Box 141
	LAMPIRAN 2.7
<u>BERAT JENIS AGREGAT HALUS</u> (SNL 1970 : 2008)	

Pasir

No.	Uraian		I	II	III
1	Berat Benda Uji Kering Jenuh	(SSD)	500	500	
2	Berat Benda Uji Kering Oven	Bk	491,5	492	
3	Berat Piknometer + air	B	1381	1516	
4	Berat Piknometer + benda uji + air	Bt	1684,5	1815	

No.	Uraian		I	II	rata-rata
1	Berat Jenis Bulk	$\frac{Bk}{B+500-}$	2,501	2,448	2,475
2	Berat Jenis Kering Permukaan Jenuh	$\frac{500}{B+500-}$	2,545	2,488	2,516
3	Berat Jenis Semu (Apparent)	$\frac{Bk}{B + Bk-}$	2,614	2,549	2,582
4	Penyerapan Air (absorpsi) (%)	$\frac{500-Bk}{Bk} \times 100\%$	1,729%	1,626%	1,678%



KEMENTERIAN PENDIDIKAN NASIONAL
UNIVERSITAS MALIKUSSALEH
FAKULTAS TEKNIK
LABORATORIUM TEKNIK SIPIL

Jl. Tgk. Chik Ditiro No. 26 Telp. (0645) 41373 - 40915 Fax 44450 PO. Box 141

BERAT JENIS AGREGAT HALUS

(SNL 1970 : 2008)

Dust

No.	Uraian		I	II	III
1	Berat Benda Uji Kering Jenuh	(SSD)	500	500	
2	Berat Benda Uji Kering Oven	Bk	492	494	
3	Berat Piknometer + air	B	1374	1505	
4	Berat Piknometer + benda uji + air	Bt	1678,5	1813	

No.	Uraian		I	II	rata-rata
1	Berat Jenis Bulk	$\frac{Bk}{B+500}$	2,517	2,573	2,545
2	Berat Jenis Kering Permukaan Jenuh	$\frac{500}{B+500}$	2,558	2,604	2,581
3	Berat Jenis Semu (Apparent)	$\frac{Bk}{B + Bk}$	2,624	2,656	2,640
4	Penyerapan Air (absorpsi) (%)	$\frac{500-Bk}{Bk} \times 100\%$	1,626%	1,215%	1,420%

	KEMENTERIAN PENDIDIKAN NASIONAL UNIVERSITAS MALIKUSSALEH FAKULTAS TEKNIK LABORATORIUM TEKNIK SIPIL Jl. Tgk. Chik Ditiro No. 26 Telp. (0645) 41373 - 40915 Fax 44450 PO. Box 141
	BERAT JENIS AGREGAT Kasar (SNI. 1969 : 2008)

MA (3/8")

No.	Uraian		I	II	III
1	Berat Benda Uji Kering Jenuh	Bj	1006	1000,5	
2	Berat Benda Uji Kering Oven	Bk	992	991	
3	Berat Benda Uji Dalam Air	Ba	618	612	

No.	Uraian		I	II	rata-rata
1	Berat Jenis Bulk	$\frac{Bk}{Bj-Ba}$	2,557	2,551	2,554
2	Berat Jenis Kering Permukaan Jenuh	$\frac{Bj}{Bj-Ba}$	2,593	2,575	2,584
3	Berat Jenis Semu (Apparent)	$\frac{Bk}{Bk-Ba}$	2,652	2,615	2,634
4	Penyerapan Air (absorpsi) (%)	$\frac{Bj-Bk}{Bk} \times 100\%$	1,411%	0,959%	1,185%



**KEMENTERIAN PENDIDIKAN NASIONAL
UNIVERSITAS MALIKUSSALEH
FAKULTAS TEKNIK
LABORATORIUM TEKNIK SIPIL**

Jl. Tgk. Chik Ditiro No. 26 Telp. (0645) 41373 - 40915 Fax 44450 PO. Box 141

LAMPIRAN 2.8

PEMERIKSAAN KEAUSAN AGREGAT DENGAN MESIN ABRASI LOS ANGELES
(SNI. 2417 : 2008)

Gradasi Pemeriksaan		Type B		II	
Saringan		Berat Sebelum (gr)	Berat Sebelum (gr)	Berat Sebelum (gr)	Berat Sebelum (gr)
Lewat	Tertahan				
76.20 mm (3")	63.50 mm (2 1/2")				
63.50 mm (2 1/2")	50.80 mm (2")				
50.80 mm (2")	36.10 mm (1 1/2")				
36.10 mm (1 1/2")	25.40 mm (1")				
25.40 mm (1")	19.10 mm (3/4")				
19.10 mm (3/4")	12.70 mm (1/2")	2500			
12.70 mm (1/2")	9.52 mm (3/8")	2500			
9.52 mm (3/8")	6.30 mm (1/4")				
6.30 mm (1/4")	4.75 mm (No. 4)				
4.75 mm (No. 4)	2.36 mm (No. 8)				
Jumlah Berat		5000			
Berat Tertahan Saringan No. 12		3710			

I

$$a = 5000 \text{ gram}$$

$$b = \frac{3710 \text{ gram}}{}$$

$$a-b = 1290 \text{ gram}$$

Keausan $I = \frac{a-b}{a} \times 100\% = 25,800\%$

HASIL PEMERIKSAAN ASPAL
(QUALITY CONTROL)

EXTRACTION TEST RECORT								
PENINGKATAN JALAN KRUENG GEUKUEH-BEUREUGHANG (LANJUTAN)						Type Asphalt : AC - BC		
ACEH UTARA						No. Sampel : 01		
PEMOHON : PT. REKAYASA						Sampel lapangan		
URAIAN	SATUAN		BERAT	KETERANGAN				
Berat Agregat Sebelum Test	gr	A	1189					
Berat Kertas Filter Sebelum Test	gr	B	17,5					
Berat Kertas Filter Sesudah Test	gr	C	19,3					
Berat Filler	gr	D	1,8	C-B				
Berat Agregat Sesudah Test	gr	E	1125					
Jumlah Berat Agregat	gr	F	1126,8	E+D				
Berat Aspal	gr	G	62,2	A-F				
Persen Aspal Terhadap Agregat	%	H	5,52	G/F x 100				
Persen Aspal Terhadap Campuran	%	I	5,23	G/A x 100				
NO	No. Saringan	Berat Saringan	Berat Saringan + Agregat (gr)	Berat Tertahan	% tertahan	% tertinggal kumulatif	% lolos kumulatif	SPEC
1	1"	489,9	489,9	0,00	0,00	0,00	100,00	100
2	3/4"	516,8	516,8	0,00	0,00	0,00	100,00	90 - 100
3	1/2"	441,8	584,2	142,40	12,60	12,60	87,40	74 - 90
4	3/8"	415,2	551,8	136,60	12,09	24,69	75,31	64 - 82
5	No. 4	422,8	603,5	180,70	15,99	40,68	59,32	47 - 64
6	No. 8	392,1	575	182,90	16,19	56,87	43,13	34,6 - 49
7	No. 16	366,7	480,3	113,60	10,05	66,92	33,08	28,3 - 38
8	No. 30	376,2	456,4	80,20	7,10	74,02	25,98	20,7 - 28
9	No. 50	370,2	472,3	102,10	9,04	83,05	16,95	13,7 - 20
10	No. 100	345,5	454,9	109,40	9,68	92,73	7,27	4 - 13
11	No. 200	337,7	349,3	11,60	1,03	93,76	6,24	4 - 8
12	Pan	328	398,5	70,50	6,24	100,00	0,00	
Berat Total				1130,00				
SIVE ANALYSSIS GRAPH OF AC-BC								

HASIL PEMERIKSAAN ASPAL
(QUALITY CONTROL)

EXTRACTION TEST RECOR								
PENINGKATAN JALAN KRUENG GEUKUEH-BEUREUGHANG (LANJUTAN)				Type Asphalt : AC - BC				
ACEH UTARA				No. Sampel : 02				
PEMOHON : PT. REKAYASA				Sampel lapangan				
URAIAN	SATUAN		BERAT	KETERANGAN				
Berat Agregat Sebelum Test	gr	A	1200					
Berat Kertas Filter Sebelum Test	gr	B	17					
Berat Kertas Filter Sesudah Test	gr	C	18,5					
Berat Filler	gr	D	1,5	C-B				
Berat Agregat Sesudah Test	gr	E	1136					
Jumlah Berat Agregat	gr	F	1137,5	E+D				
Berat Aspal	gr	G	62,5	A-F				
Persen Aspal Terhadap Agregat	%	H	5,49	G/F x 100				
Persen Aspal Terhadap Campuran	%	I	5,21	G/A x 100				

NO	No. Saringan	Berat Saringan	Berat Saringan + Agregat (gr)	Berat Tertahan	% tertahan	% tertinggal komulatif	% lolos komulatif	SPEC
1	1"	489,9	489,9	0,00	0,00	0,00	100,00	100
2	3/4"	516,8	516,8	0,00	0,00	0,00	100,00	90 - 100
3	1/2"	441,8	572	130,20	11,46	11,40	88,54	74 - 90
4	3/8"	415,2	540	124,80	10,99	22,45	77,55	64 - 82
5	No. 4	422,8	635	212,20	18,68	41,13	58,87	47 - 64
6	No. 8	392,1	525,8	133,70	11,77	52,90	47,10	34,6 - 49
7	No. 16	366,7	492,6	125,90	11,08	63,98	36,02	28,3 - 38
8	No. 30	376,2	492,2	116,00	10,21	74,19	25,81	20,7 - 28
9	No. 50	370,2	470,5	100,30	8,83	83,02	16,98	13,7 - 20
10	No. 100	345,5	440	94,50	8,32	91,34	8,66	4 - 13
11	No. 200	337,7	378,4	40,70	3,58	94,92	5,08	4 - 8
12	Pan	328	385,7	57,70	5,08	100,00	0,00	
Berat Total				1136,00				

SIEVE ANALYSIS GRAPH OF AC BC

Sieve Size	Spec Min (%)	Spec Max (%)	Hasil (%)
12	0	0	0
11	0	0	0
10	0	0	0
9	0	0	0
8	0	0	0
7	0	0	0
6	0	0	0
5	0	0	0
4	0	0	0
3	0	0	0
2	0	0	0
1	0	0	0

HASIL PEMERIKSAAN ASPAL
(QUALITY CONTROL)

EXTRACTION TEST RECOR							
PENINGKATAN JALAN KRUENG GEUKUEH-BEUREUGHANG (LANJUTAN) ACEH UTARA PEMOHON : PT. REKAYASA					Type Asphalt : AC - BC No. Sampel : 01 Sampel AMP		
URAIAN	SATUAN		BERAT	KETERANGAN			
Berat Agregat Sebelum Test	gr	A	1285				
Berat Kertas Filter Sebelum Test	gr	B	17				
Berat Kertas Filter Sesudah Test	gr	C	19				
Berat Filler	gr	D	2	C-B			
Berat Agregat Sesudah Test	gr	E	1215				
Jumlah Berat Agregat	gr	F	1217	E+D			
Berat Aspal	gr	G	68	A-F			
Persen Aspal Terhadap Agregat	%	H	5,59	G/F x 100			
Persen Aspal Terhadap Campuran	%	I	5,29	G/A x 100			

NO	No. Saringan	Berat Saringan	Berat Saringan + Agregat (gr)	Berat Tertahan	% tertahan	% tertinggal kumulatif	% lolos kumulatif	SPEC
1	1"	489,9	489,9	0,00	0,00	0,00	100,00	100
2	3/4"	516,8	516,8	0,00	0,00	0,00	100,00	90 - 100
3	1/2"	441,8	615	173,20	14,16	14,16	85,84	74 - 90
4	3/8"	415,2	529	113,80	9,30	23,47	76,53	64 - 82
5	No. 4	422,8	623,4	200,60	16,40	39,87	60,13	47 - 64
6	No. 8	392,1	540,2	148,10	12,11	51,98	48,02	34,6 - 49
7	No. 16	366,7	498,2	131,50	10,75	62,73	37,27	28,3 - 38
8	No. 30	376,2	520,3	144,10	11,78	74,51	25,49	20,7 - 28
9	No. 50	370,2	472,6	102,40	8,37	82,89	17,11	13,7 - 20
10	No. 100	345,5	472,5	127,00	10,38	93,27	6,73	4 - 13
11	No. 200	337,7	350	12,30	1,01	94,28	5,72	4 - 8
12	Pan	328	398	70,00	5,72	100,00	0,00	
Berat Total				1223,00				

SIVE ANALYSIS GRAPH OF AC-BC

Sieve Size (mm)	Hasse (%)	Spec Max (%)	Spec Min (%)
12	0	0	0
11	1	1	1
10	2	2	2
9	3	3	3
8	4	4	4
7	5	5	5
6	6	6	6
5	10	10	10
4	23	23	23
3	39	39	39
2	60	60	60
1	100	100	100

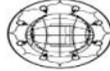
HASIL PEMERIKSAAN ASPAL
(QUALITY CONTROL)

EXTRACTION TEST RECOR								
PENINGKATAN JALAN KRUENG GEUKUEH-BEUREUGHANG (LANJUTAN)				Type Asphalt : AC - BC				
ACEH UTARA				03-Jul-13				
PEMOHON : PT. REKAYASA				No. Sampel : 02				
				Sampel AMP				
URAIAN	SATUAN		BERAT	KETERANGAN				
Berat Agregat Sebelum Test	gr	A	1004					
Berat Kertas Filter Sebelum Test	gr	B	27,8					
Berat Kertas Filter Sesudah Test	gr	C	29,6					
Berat Filler	gr	D	1,8	C-B				
Berat Agregat Sesudah Test	gr	E	949,4					
Jumlah Berat Agregat	gr	F	951,2	E+D				
Berat Aspal	gr	G	52,8	A-F				
Persen Aspal Terhadap Agregat	%	H	5,55	G/F x 100				
Persen Aspal Terhadap Campuran	%	I	5,26	G/A x 100				

NO	No. Saringan	Berat Saringan	Berat Saringan + Agregat (gr)	Berat Tertahan	% tertahan	% tertinggal kumulatif	% lolos kumulatif	SPEC
1	1"	489,9	489,9	0,00	0,00	0,00	100,00	100
2	3/4"	516,8	516,8	0,00	0,00	0,00	100,00	90 - 100
3	1/2"	441,8	554,2	112,40	11,88	11,88	88,12	74 - 90
4	3/8"	415,2	501,8	86,60	9,15	21,03	78,97	64 - 82
5	No. 4	422,8	603,5	180,70	19,10	40,12	59,88	47 - 64
6	No. 8	392,1	545	152,90	16,14	56,28	43,72	34,6 - 49
7	No. 16	366,7	440,3	73,60	7,78	64,06	35,94	28,3 - 38
8	No. 30	376,2	476,4	100,20	10,59	74,65	25,35	20,7 - 28
9	No. 50	370,2	452,3	82,10	8,68	83,32	16,68	13,7 - 20
10	No. 100	345,5	464,9	119,40	12,82	95,94	4,06	4 - 13
11	No. 200	337,7	335,6	-2,10	-0,22	95,72	4,28	4 - 8
12	Pen	328	368,5	40,50	4,28	100,00	0,00	
Berat Total			946,30					

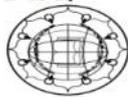
SIEVE ANALYSIS GRAPH OF AC-BC

Sieve Size (mm)	Spec Min (%)	Spec Max (%)	Hasil (%)
12	0	0	0
11	0	0	0
10	0	0	0
9	0	0	0
8	0	0	0
7	0	0	0
6	0	0	0
5	0	0	0
4	0	0	0
3	0	0	0
2	0	0	0
1	0	0	0



PENENTIAN KADAR ASPAL OPTIMUM
 PENGUJIAN MARSHALL AC-BC UNTUK DESIG MIX FORMULA

No	t	a	b	c	d	e	f	g	h	i	ja	jb	jc	k	l	m	n	o	p	q	r	s = (q-r)
	(mm)	(%)	(gr)	(gr)	(gr)	(gr)	(gr/cm ³)	(gr/cm ³)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(VFA)	(VFA)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
I	69	4.5	4.31	1222	1237	699	538.0	2.267	2.44	9.51	83.59	84.94	15.06	6.51	54.94	83	1264	0.26	1067	5.20	209	205
II	69	4.31	4.218	1235	691	544.0	2.239	2.44	9.29	82.55	83.88	16.12	6.26	49.97	107	1454	0.26	1250	4.10	205	205	
I	69	5	4.76	1224.5	1246.5	713	536.5	2.301	2.42	10.07	84.43	85.80	14.20	4.90	65.51	108	1468	0.26	1282	5.10	247	207.001
II	70	4.76	4.253.5	1274	718	560.0	2.259	2.42	10.47	82.88	84.20	15.86	6.87	57.77	121	1644	0.26	1414	4.90	205	205	
I	71	5.5	5.21	1226.5	1250	715	535.0	2.309	2.40	11.72	84.34	85.70	14.30	3.94	72.44	89	1345	0.26	1157	4.90	236	236
II	68	5.21	4.253.5	1268.5	725	541.5	2.215	2.40	11.75	84.54	85.90	14.10	3.71	73.66	135	1635	0.26	1576	5.90	267	267	
I	67	6	5.66	1223.5	1226.5	697.5	550.0	2.205	2.39	12.15	80.14	81.43	16.57	7.71	56.48	102	1336	0.26	1224	4.70	262	262
II	67	5.66	4.243.5	1254	704	550.0	2.261	2.39	12.48	82.18	83.50	16.50	5.56	67.49	135	1699	0.26	1512	5.60	270	270	
I	67.5	6.5	6.10	1248.0	1261	716.5	536.0	2.330	2.37	13.85	84.30	85.66	14.34	1.85	87.07	141	1516	0.26	1705	4.00	426	426
II	69	6.10	4.266.5	1276.5	718	556.5	2.268	2.37	13.48	82.74	83.36	16.64	4.49	73.03	140	1622	0.26	1636	5.10	321	321	
Keterangan																						
t	= tebal benda uji (b.u.) mm																					
a	= kadar aspal kering agregat, %																					
b	= kadar aspal kering campuran, %																					
c	= berat kering b.u. (sebelum diendapkan), gr																					
d	= berat kering b.u. keasaman SSD, gr																					
e	= berat b.u. di dalam air, gr																					
f	= volume b.u. = c - e, gr																					
g	= berat volume b.u. = c / g _{rum}																					
h	= B.L. maksimum teoritis (g _{rum})																					
$s = 100 \cdot \left[\frac{\% \text{ Agg}}{\% \text{ Aspal}} + \frac{\text{B.L. Agg}}{\text{B.L. Aspal}} \right]$																						
i	= volume aspal terpadu = (b.u. x g) / B.L. Aspal, %																					
ja	= vol. ag. terpadu b.u. = [(100 - i) x g] / B.L. ag. ef, %																					
jb	= vol. ag. terpadu b.u. = [(100 - i) x g] / B.L. ag. curah, %																					
k	= kadar minyak dalam agregat (VMA) = 100 - (i + ja), %																					
l	= rongga berhadap campuran (VTV) = 100 - (i + g) / h, %																					
m	= rongga yang terisi aspal (VFA) = 100 x (i + g) / (VMA - VTV) / (VMA), %																					
n	= nilai pemampatan after stabilitas																					
o	= n kalibrasi prooving ring																					
p	= nilai korosi benda uji																					
q	= stabilitas = o / 2 kg																					
r	= kehilangan pasiran (flow), mm																					
s	= marshall quotient, kg/mm																					
Temp. percampuran	: ± 160°C																					
Temp. pemadaman	: ± 140°C																					
Temp. water bath	: ± 80°C																					
Berat jenis aspal	: 1.027																					
Berat jenis agregat curah	: 2.554																					
Berat jenis agregat semua	: 2.637																					
Berat jenis agregat efektif	: 2.596																					
Kalibrasi prooving ring	: 13.569 Kg																					
Konksi stabilitas berdasarkan tinggi benda uji																						



PENGUJIAN MARSHALL AC-BC UNTUK JOB MIX FORMULA

No	t (mm)	a (%)	b (%)	c (gr)	d (gr)	e (gr)	f = (d-e) (cm ³)	g = (c-f) density (gr/cm ³)	h (gr/cm ³)	i % _{air}	j % _{air}	k % _{air}	l (VMA) (%)	m (VFA) (%)	n (lines)	o (kg)	p (kg)	q stability (kg)	r flow (mm)	s = (q-r) MQ (kg/mm)	
I	69	5.5	5.21	1237.7	1252.2	715	537.2	2.304	2.40	11.70	84.14	85.50	14.50	4.17	71.26	109	1481	0.87	1289	5.40	239
II	67		5.21	1255.9	1288.9	725	543.9	2.309	2.40	11.72	84.32	85.69	14.31	3.95	72.37	138	1875	0.64	1575	5.60	281
							2,307						14,407	4,060	71,826				1431,933	5,300	250,964

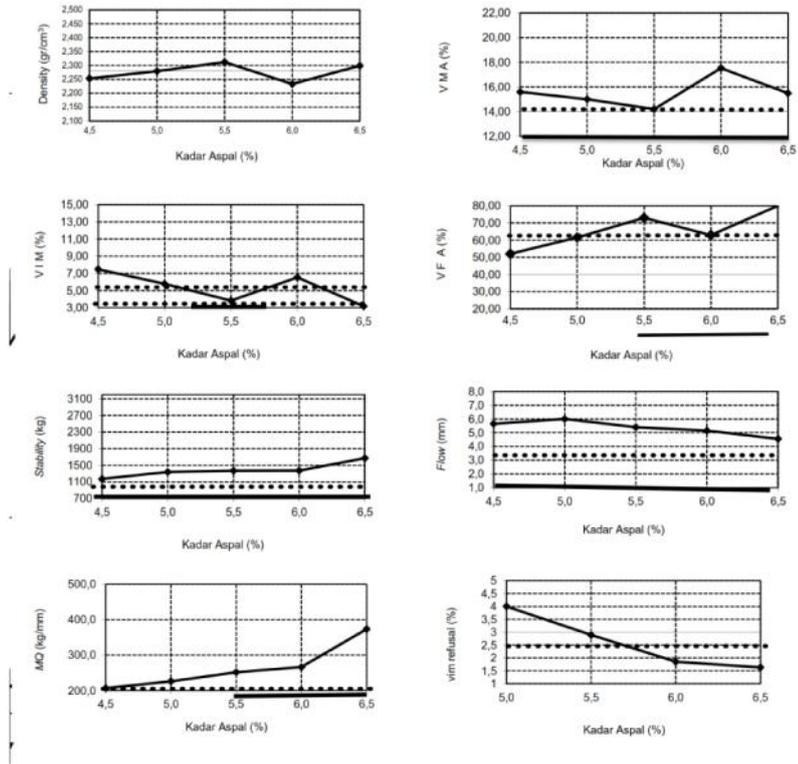
Keterangan

- t = tebal benda uji (b.u.) mm
- a = kadar aspal terhadap agregat, %
- b = kadar aspal terhadap campuran, %
- c = berat kering b.u. (sebelum ditrendain), gr
- d = berat kering b.u. keadaan SSD, gr
- e = berat b.u. didalam air, gr
- f = volume b.u. = d - e, gr
- g = berat volume b.u. = c / f, gr/cm³
- h = BJ, maksimum teoritis, gr/cm³
- i = $\left\{ \frac{\% \text{ Agr}}{\text{BJ Agr. eff}} + \frac{\% \text{ aspal}}{\text{BJ Aspal}} \right\}$
- j = volume aspal (tdp. b.u. = (b x g) / BJ Aspal, %
- k = vol. agr. tdp. b.u. = ((100 - b) x g) / BJ agr. eff, %
- l = vol. agr. tdp. b.u. = ((100 - b) x g) / BJ agr. curah, %
- m = kadar rongga dalam agregat (VMA) = (100 - j - l), %
- n = rongga terhadap campuran (VTM) = (100 x (h - g) / h), %
- o = berat kering yang terisi aspal (VFMA) = (100 x (VMA - VTM) / VMA), %
- p = nilai pembacaan anjoi stabilitas
- q = n x kalibrasi proving ring
- r = tebal koreksi benda uji
- s = stabilitas = o x p, kg
- t = kelebihan plastis (flow), mm
- s = marshall quotient, kg/mm

- Temperatur pencampuran : ± 160°C
- Temperatur pemadatan : ± 140°C
- Temperatur water bath : ± 60°C
- Berat jenis aspal : 1.027
- Berat jenis agregat curah : 2.554
- Berat jenis agregat semu : 2.637
- Berat jenis agregat efektif : 2.586
- Kalibrasi proving ring : 13.589 Kg
- Koreksi stabilitas berdasarkan tinggi benda uji

GRAFIK MARSHALL TEST DAN REFUSAL DENSITY (AC - BC)

PEKERJAAN PENINGKATAN JALAN KRUENG GEUKUEH-BEUREUGHANG
 TAHUN 2013



TENTANG PENULIS



Wujud dari pelaksanaan tri dharma perguruan tinggi selaku seorang dosen adalah menulis buku referensi. Penulis saat ini adalah dosen dalam bidang transportasi pada Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik UNIMAL yang lahir di Lhokseumawe, 7 Nopember 1972. Mata kuliah yang diampu meliputi Rakayasa Transportasi, Rekayasa Jalan, Bahan dan Perkerasan Jalan, Rekayasa Lalulintas serta Statistik dan Probabilitas.

Memulai Pendidikan Sarjana Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Sumatera Utara pada tahun 1995 dan selesai tahun 1998. Penulis mulai menjadi dosen tahun 2002 sampai sekarang. Melanjutkan Program Pascasarjana Magister Sistem dan Teknik Transportasi di UGM dan selesai pada tahun 2005. Saat ini sedang melanjutkan pendidikan pada Program Doktorat Perencanaan Wilayah di USU dengan topik penelitian Model Konektivitas Jaringan Jalan pada Transportasi Barang Dalam Pengembangan Wilayah di Aceh. Penulis aktif melaksanakan penelitian dan pengabdian masyarakat serta menulis pada beberapa jurnal yang terbit secara nasional dan prosiding international.

Dalam menjalankan profesi dosen di Program Studi Teknik Sipil, penulis mendapat kepercayaan pada tahun 2008 – 2010 sebagai Sekretaris Program Studi Teknik Sipil dan pada tahun 2010 – 2012 sebagai Kepala Laboratorium Teknik Sipil. Pada Tahun 2012-2016 sebagai Pembantu Dekan Bidang Akademik Fakultas Teknik. Saat ini dipercaya sebagai Dekan Fakultas Teknik Universitas Malikussaleh.