

HERMAN FITHRA

PENURUNAN Kinerja Jalan

Editor
Mukhlis, ST., MT

UNIMAL PRESS

Penurunan Kinerja Jalan



universitas
MALIKUSSALEH

HERMAN FITHRA

Penurunan Kinerja Jalan

Editor
Mukhlis, ST., MT

UNIMAL PRESS

Judul: **PENURUNAN KINERJA JALAN**

xiv + 122 hal., 15 cm x 23 cm

Cetakan Pertama: Februari, 2020

Hak Cipta © dilindungi Undang-undang. *All Rights Reserved*

Penulis:

Herman Fithra

Editor

Mukhlis, ST., MT

Perancang Sampul &

Penata Letak: **Eriyanto**

Pracetak dan Produksi: **Unimal Press**

Penerbit:

UNIMAL PRESS

Unimal Press

Jl. Sulawesi No.1-2

Kampus Bukit Indah Lhokseumawe 24351

PO.Box. 141. Telp. 0645-41373. Fax. 0645-44450

Laman: www.unimal.ac.id/unimalpress.

Email: unimalpress@gmail.com

ISBN 978-602-464-094-1

ISBN:

978 – 602 –464- 094-1



Dilarang keras memfotocopy atau memperbanyak sebahagian atau seluruh buku ini tanpa seizin tertulis dari Penerbit

Pengantar Penulis

Alhamdulillah, puji dan syukur kehadirat Allah SWT atas rahmad dan hidayahNya, sehingga penulis mampu menyelesaikan sebuah buku referensi dengan judul "Penurunan Kinerja Jalan". Shalawat dan salam kepada junjungan alam nabi besar Muhammad SAW, 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 2019. Hasil dari penelitian ini sudah dipublikasi sebagian kecil pada jurnal nasional dan jurnal international.

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 beton 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 Edi Anwar selaku Kepala Dinas Pekerjaan Umum dan Penataan Ruang Kabupaten Aceh Utara tahun 2019 dan Bapak Al Chaidar, S.IP., M.Si yang telah bersedia menerbitkan buku ini. Penerbitan buku ini dapat direalisasikan juga berkat bantuan Bapak 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, Joni Afriandy, ST., dan tim 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, Februari 2020

Herman Fithra

Pengantar Editor

Bismillahirrahmanirrahim

Beton Aspal (*Hotmix*) adalah jenis perkerasan jalan yang terdiri dari campuran agregat, dengan atau tanpa bahan tambahan. Material-material pembentuk beton aspal dicampur di instalasi pencampur pada suhu tertentu, kemudian diangkut ke lokasi, dihamparkan, dan dipadatkan. Temperatur pencampuran ditentukan berdasarkan jenis aspal apa yang akan digunakan. Dalam pencampuran aspal harus dipanaskan untuk memperoleh tingkat kecairan yang tinggi agar dapat mendapatkan mutu campuran yang baik dan kemudahan dalam pelaksanaan.

AC-BC adalah salah satu dari tiga macam campuran lapis aspal beton yaitu AC-Base, AC-BC, dan AC-WC. Ketiga jenis Asphalt Concrete tersebut merupakan konsep spesifikasi campuran beraspal yang telah disempurnakan oleh Bina Marga bersama-sama dengan Pusat Litbang Jalan. Dalam perencanaan spesifikasi baru tersebut menggunakan pendekatan kepadatan mutlak. Penggunaan AC-BC yaitu untuk lapis permukaan (paling atas/antara) dalam perkerasan dan mempunyai tekstur yang lebih kasar dibandingkan dengan jenis AC-WC dan lebih halus dari AC-Base.

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

Mukhlis, ST., MT

Daftar Isi

Pengantar Penulis	v
Pengantar Editor	vii
Daftar Isi	ix
Daftar Tabel	xii
Daftar Gambar	xiii

BAB I

PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Tujuan Penelitian	4
1.4 Manfaat penelitian	5
1.5 Batasan Masalah	5

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1 Perencanaan Perkerasan	7
2.2 Faktor Utama Yang Mempengaruhi Rencana Umur Jalan	7
2.2.1 Volume Lalulintas	7
2.2.2 Mutu dan Gradasi Agregat	8
2.2.3 Angka Ekvivalen Kendaraan	8
2.2.4 Pengaruh Lingkungan	9
2.3 Parameter Perencanaan Perkerasan	9
2.4 Jenis dan Fungsi Lapis Perkerasan Jalan	10
2.4.1 Lapis Perkerasan Jalan	12
2.4.2 Jenis Lapis Perkerasan Jalan (<i>Surface Course</i>)	13
2.4.3 Lapisan Pondasi Atas (<i>Base Course</i>)	15
2.4.4 Lapisan Pondasi Bawah (<i>Subbase Course</i>)	17
2.4.5 Lapisan Tanah Dasar (<i>Subgrade</i>)	18
2.5 Beton Aspal	19
1. Stabilitas	19
2. Durabilitas atau keawetan	20
3. Kekesatan/tahanan geser (<i>skid resistance</i>)	21
4. Fleksibilitas atau kelenturan	21
5. Ketahanan terhadap kelelahan (<i>fatigue resistance</i>)	21
6. Kekesatan/tahanan geser (<i>skid resistance</i>)	21
7. Kedap air (<i>impermeabilitas</i>)	22
8. Mudah dilaksanakan (<i>workability</i>)	22
2.6 Aspal	23
2.7 Agregat	24
1. Agregat Kasar	25
2. Agregat Halus	26
2.8 Bahan Pengisi (<i>Filler</i>)	29
2.9 Gradasi Agregat (Susunan Butir)	31
2.10 Karakteristik Campuran Beton Aspal	32

2.11	Pengujian Marshall.....	33
1.	Penentuan kerapatan (<i>density</i>).....	33
2.	Stabilitas (<i>Stability</i>).....	34
3.	Pengujian kelelahan (<i>flow</i>).....	34
4.	Perhitungan Marshall Quotient (MQ).....	34
5.	Perhitungan jenis volume pori dalam beton aspal padat yang meliputi,.....	35
6.	Perhitungan tebal selimut atau film aspal.....	35
2.12	Sifat Volumetrik dari Beton Aspal Campuran Panas.....	37
1.	Berat jenis maksimum beton aspal teorities (G_{mm}).....	38
3.	Volume pori dalam agregat campuran (VMA).....	39
5.	Volume pori antara butir agregat terisi aspal (VFWA).....	41
6.	Kadar aspal terabsorpsi ke dalam pori agregat (bitumen absorpsi, P_{ab}).....	42
7.	Kadar aspal efektif yang menyelimuti agregat (P_{ae}).....	43
2.13	Pembuatan DMF dan JMF.....	43
2.14	Trial Mix.....	44

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN	45
3.1 Tahapan Pelaksanaan Penelitian.....	45
3.2 Pengumpulan Data.....	45
3.2.1 Data Primer.....	46
3.2.2 Data Sekunder.....	46
3.2.3 Analisa dan Pengolahan Data.....	46
3.3 Lokasi Penelitian.....	46
3.4 Bahan Penelitian.....	47
3.5 Peralatan Penelitian.....	48
3.6 Prosedur Pelaksanaan Pengujian.....	49
3.7 Tahap Pengujian Sampel.....	50
3.8 Metode Analisis.....	51
3.9 Bagan Alir Penelitian.....	51

BAB IV

HASIL PENELITIAN	53
4.1 Pengujian Bahan.....	53
4.2 Penentuan Kadar Aspal Optimum.....	54
4.3 Pengujian Job Mix Formula.....	57
4.3.1 Gradasi Job Miox Formula.....	57
4.4 Pengujian Trial Mix.....	58
4.4.1 Gradasi Trial Mix.....	58
4.5 Pengujian Material Campuran Beton Aspal Tahun 2014.....	60
4.5.1 Parameter Marshall dan Sifat Volumetrik.....	61
4.5.2 Gradasi Agregat.....	61
4.5.3 Pelaksanaan Lapangan.....	64
4.6 Pengujian Material Campuran Beton Aspal Tahun 2016.....	68
4.6.1 Parameter Marshall dan Sifat Volumetrik.....	68

4.6.2	Gradasi Agregat	69
4.6.3	Pelaksanaan Lapangan	72
4.7.	Pengujian Material Campuran Beton Aspal Tahun 2019	77
4.7.1	Parameter Marshall dan Sifat Volumetrik	77
4.7.2	Gradasi Agregat	78
4.7.3	Pelaksanaan Lapangan	82
4.8	Pembahasan	86
4.8.1	Pengujian Bahan.....	86
1.	Pengujian aspal.....	86
2.	Pengujian agregat.....	86
4.8.2	Formula Perancangan Campuran.....	86
1.	Pengaruh kadar aspal terhadap kepadatan (<i>density</i>).....	87
2.	Pengaruh kadar aspal terhadap <i>voids in mineral aggregate (VMA)</i>	88
3.	Pengaruh kadar aspal terhadap <i>voids in the mix (VITM)</i>	89
4.	Pengaruh kadar aspal terhadap <i>voids filled with asphalt (VFWA)</i>	90
5.	Pengaruh kadar aspal terhadap stabilitas (<i>stability</i>).....	90
6.	Pengaruh kadar aspal terhadap kelelahan (<i>flow</i>)	91
7.	Pengaruh kadar aspal terhadap <i>Marshall Quotient (MQ)</i>	92
8.	Kadar aspal optimum (KAO).....	93
9.	Job Mix Formula	94
10.	Trial Mix.....	94
4.8.3	Pengujian Material Campuran Beton Aspal Tahun 2014.....	95
1.	Gradasi Agregat	95
2.	Parameter Marshall dan Sifat Volumetrik	97
4.8.4	Pengujian Material Campuran Beton Aspal Tahun 2016.....	100
1.	Gradasi Agregat	101
2.	Parameter Marshall dan Sifat Volumetrik	103
4.8.5	Pengujian Material Campuran Beton Aspal Tahun 2019.....	107
1.	Gradasi Agregat	107
2.	Parameter Marshall dan Sifat Volumetrik	112
 BAB V		
KESIMPULAN DAN SARAN.....		117
5.1	Kesimpulan	117
5.2.	Saran.....	117
Daftar Pustaka.....		119
Riwayat Penulis		121

Daftar Tabel

Tabel 1.1	Data Penelitian Penurunan Kinerja Jalan.....	2
Tabel 2.1	Gradasi Agregat Lapis Pondasi Atas Kelas A	16
Tabel 2.2	Kondisi Kualiatas Untuk Bahan Lapis Bawah	18
Tabel 2.3	Persyaratan Aspal Keras AC 60-70	24
Tabel 2.4	Ketentuan Agregat Kasar	25
Tabel 2.5	Angularitas Agregat Halus	27
Tabel 2.6	Persyaratan Agregat.....	27
Tabel 2.7	Gradasi Agregat Beton Aspal Campuran Panas.....	31
Tabel 2.8	Persyaratan Beton Aspal Campuran Panas.....	32
Tabel 2.9	Faktor Luas Permukaan Agregat	36
Tabel 3.1	Lokasi dan Jumlah Benda Uji Penelitian.....	47
Tabel 4.1	Hasil Pemeriksaan Aspal	53
Tabel 4.2	Hasil Pemeriksaan Agregat	54
Tabel 4.3	Hasil Parameter Marshall dan Sifat Volumetrik	55
Tabel 4.4	Hasil Tebal Lapisan Film Aspal pada Kadar Aspal Optimum ...	56
Tabel 4.5	Gradasi Agregat Beton Aspal Campuran Panas.....	57
Tabel 4.6	Hasil Parameter Marshall dan Sifat Volumetrik	58
Tabel 4.7	Gradasi Agregat Beton Aspal Campuran Panas.....	59
Tabel 4.8	Hasil Parameter Marshall dan Sifat Volumetrik	60
Tabel 4.9	Hasil Parameter Marshall dan Sifat Volumetrik	61
Tabel 4.10	Gradasi Agregat pada Titik Pengamatan 1	62
Tabel 4.11	Gradasi Agregat pada Titik Pengamatan 2	63
Tabel 4.12	Gradasi Agregat pada Titik Pengamatan 3	63
Tabel 4.13	Hasil Parameter Marshall dan Sifat Volumetrik	69
Tabel 4.14	Gradasi Agregat pada Titik Pengamatan 1	70
Tabel 4.15	Gradasi Agregat pada Titik Pengamatan 2	70
Tabel 4.16	Gradasi Agregat pada Titik Pengamatan 3	71
Tabel 4.17	Gradasi Agregat pada Titik Pengamatan 4	72
Tabel 4.18	Hasil Parameter Marshall dan Sifat Volumetrik	78
Tabel 4.19	Gradasi Agregat pada Titik Pengamatan 1	79
Tabel 4.20	Gradasi Agregat pada Titik Pengamatan 2	79
Tabel 4.21	Gradasi Agregat pada Titik Pengamatan 3	80
Tabel 4.22	Gradasi Agregat pada Titik Pengamatan 4	80
Tabel 4.23	Gradasi Agregat pada Titik Pengamatan 5	81
Tabel 4.24	Gradasi Agregat pada Titik Pengamatan 6	81

Daftar Gambar

Gambar 2.1	Lapisan Perkerasan Jalan Lentur	12
Gambar 2.3	Ilustrasi Pengertian VMA dan VITM	40
Gambar 3.1	Bagan Alir Penelitian	52
Gambar 4.1	Kadar Aspal Optimum	56
Gambar 4.2	Gradasi Agregat Beton Aspal Campuran Panas	58
Gambar 4.2	Gradasi Agregat Beton Aspal Campuran Panas	60
Gambar 4.4	Survei Kondisi Kerusakan Struktur Jalan	65
Gambar 4.5	Pelaksanaan <i>Core Drill</i> pada Kerusakan Struktur Jalan	65
Gambar 4.6	Pelaksanaan <i>Core Drill</i> pada Struktur Jalan Baik	66
Gambar 4.7	Pengukuran Benda Uji dan Volumetrik.....	66
Gambar 4.8	Pengujian Stabilitas.....	67
Gambar 4.9	Ekstraksi Aspal.....	67
Gambar 4.10	Penyaringan Agregat	68
Gambar 4.11	Survei Kondisi Kerusakan Struktur Jalan	73
Gambar 4.12	Persiapan <i>core drill</i> benda uji	74
Gambar 4.13	Penimbangan Benda Uji	74
Gambar 4.14	Pengujian Marshall.....	75
Gambar 4.15	Persiapan Saringan Agregat	75
Gambar 4.16	Pelaksanaan Pengujian Ekstraksi	76
Gambar 4.17	Penutupan Perkerasan Struktur Jalan	76
Gambar 4.18	<i>Core Drill</i> Sta 0+000	83
Gambar 4.19	<i>Core Drill</i> Sta 0+100	83
Gambar 4.20	<i>Core Drill</i> Sta 0+200	84
Gambar 4.21	<i>Core Drill</i> Sta 0+300	84
Gambar 4.22	<i>Core Drill</i> Sta 0+400	85
Gambar 4.23	<i>Core Drill</i> Sta 0+500	85
Gambar 4.25	Pengaruh kadar aspal terhadap <i>density</i>	87
Gambar 4.26	Pengaruh kadar aspal terhadap VMA.....	88
Gambar 4.27	Pengaruh kadar aspal terhadap VITM	89
Gambar 4.28	Pengaruh kadar aspal terhadap VFWA.....	90
Gambar 4.29	Pengaruh kadar aspal terhadap stabilitas.....	91
Gambar 4.30	Pengaruh kadar aspal terhadap <i>flow</i>	92
Gambar 4.31	Pengaruh kadar aspal terhadap <i>MQ</i>	93
Gambar 4.32	Susunan Butir Agregat 1	95
Gambar 4.33	Susunan Butir Agregat 2	96
Gambar 4.34	Susunan Butir Agregat 3	96
Gambar 4.35	Susunan Butir Agregat 1	101
Gambar 4.36	Susunan Butir Agregat 2	102
Gambar 4.37	Susunan Butir Agregat 3	102
Gambar 4.38	Susunan Butir Agregat 4	103
Gambar 4.39	Susunan Butir Agregat 1	108
Gambar 4.40	Susunan Butir Agregat 2	108
Gambar 4.41	Susunan Butir Agregat 3	109

Gambar 4.42	Susunan Butir Agregat 4	110
Gambar 4.43	Susunan Butir Agregat 5	110
Gambar 4.44	Susunan Butir Agregat 6	111

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

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 (Herman Fithra, 2018).

Kekuatan atau daya tahan lapisan konstruksi *Asphalt Concrete Binder Course* (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. 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 (Herman Fithra, 2018).

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 (Herman Fithra, 2018).

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 (Herman Fithra, 2018).

Berdasarkan pengamatan di sekitar wilayah Kabupaten Aceh Utara, terdapat penurunan kinerja perkerasan jalan pada ruas jalan maupun persimpangan jalan. Penurunan kinerja jalan dapat disebabkan antara lain karena mutu awal produk 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.

Dalam hal ini perlu adanya penelitian lebih lanjut untuk mengetahui secara pasti sebab-sebab penurunan kinerja yang didasari pada usia jalan tahun setiap tahunnya, salah satunya pada ruas jalan Krueng Geukueh – Beureughang, Kecamatan Dewantara, Kabupaten Aceh Utara. Serta bagaimana upaya perbaikannya pada ruas jalan yang menggunakan lapis permukaan AC-BC.

Penulis ingin mengetahui tingkat penurunan kinerja jalan pada ruas jalan Krueng Geukueh – Beureughang kecamatan Dewantara kabupaten Aceh Utara yang sudah berumur enam tahun, sejak dibangun bulan Oktober tahun 2013.

Karena alasan tersebut, maka peneliti tertarik untuk melakukan penelitian dengan judul “Penurunan Kinerja Jalan pada Ruas Jalan Krueng Geukueh - Beureughang”. Penelitian ini diharapkan akan mengetahui penurunan kinerja jalan berdasarkan nilai stabilitas dan kadar aspal yang tersisa sejak dioperasikan.

Penelitian-penelitian terdahulu yang digunakan sebagai referensi penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 1.1.

Tabel 1.1 Data Penelitian Penurunan Kinerja Jalan

No.	Nama Peneliti	Judul Penelitian	Variabel Penelitian	Hasil Penelitian
1.	Herman Fithra. 2015, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Malikussaleh.	Konsistensi DMF, JMF, dan Trial Mix AC-BC Pada Jalan Krueng Geukueh – Beureughang Kabupaten Aceh Utara	Agregar Halus Aggregat Kasar Filler Volumetrik Aspl Marshall Test	Konsistensi dari DMF, JMF, dan Trial Mix AC-BC masih dalam batas yang disyaratkan
2.	Gumonggom Hutauruk, 2015. Magister Manajemen Aset Infrastruktur, Jurusan	Prediction of Road Condition Analysis Using HDM-4 Approach for Road Rehabilitation (Case Study :	Beban Lalu lintas Struktur Perkerasan CBR IRI	Peningkatan beban 31% meningkatkan nilai IRI 0,061 m/km per tahun. Perbedaan nilai SN

	Teknik Sipil, ITS.	National Road BTS. Kota Gresik-Sadang)		menghasilkan kenaikan nilai IRI 0,034 m/km pertahunnya. Perbedaan CBR 38% menaikkan nilai IRI 0,017 m/km pertahun.
3.	Enjelina Kurnia Meylani Emor, Lucia G.J. lalamentik, Joice E, Waani Meylani Emor, 2018. Jurusan Teknik Sipil, Universitas Sam Ratulangi	Pengaruh Beban Gandar Kumulatif Tergadap Penurunan Kinerja Jalan (Studi Kasus : Jalan Menado - Bitung dan Ruas Jalan Bethesda) (RUAS JALAN BETHESDA)	Volume Lalulintas Lendutan Benkelman Beam IRI CESA	Kerusakan jalan tidak hanya oleh beban lalulintas, melaikan juga oleh kualitas struktur perkerasan jalan
4.	Herman Fithra. 2011, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Malikussaleh.	Analysis Pavement Performance Caused by The Overloading Trucks in East Coastal Highway Aceh Province	Kendaraan Berat Overload CESAL IP	Kendaraan Berat 2 as menyumbang kerusakan paling besar
5	Herman Fithra. 2011, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Malikussaleh.	Hubungan Umur Perancangan dengan Beban berlebih pada Truk di Jalan Pesisir Timur Propinsi Aceh	Kendaraan Berat Overload CESAL Biaya Preservasi	Biaya preservasi lebih besar pada truk overload 2 as

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan di atas, dimana penurunan kinerja jalan dapat terjadi diluar umur rencana. Maka dapat dibuat rumusan masalah dari penelitian ini adalah:

1. Bagaimana perbandingan nilai kadar aspal dari *design mix formula*, *job mix formula*, *trial mix* dengan nilai kadar aspal dan parameter Marshall dalam tahun berjalan;
2. Bagaimana perbandingan agregat kasar dari *design mix formula*, *job mix formula*, *trial mix* dengan nilai kadar aspal dan parameter Marshall dalam tahun berjalan;
3. Bagaimana perbandingan agregat halus dari *design mix formula*, *job mix formula*, *trial mix* dengan nilai kadar aspal dan parameter Marshall dalam tahun berjalan;
4. Bagaimana perbandingan filler dari *design mix formula*, *job mix formula*, *trial mix* dengan nilai kadar aspal dan parameter Marshall dalam tahun berjalan;
5. Bagaimana perbandingan nilai volumetrik dari *design mix formula*, *job mix formula*, *trial mix* dalam tahun berjalan;
6. Bagaimana tren penurunan kinerja jalan.

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah yang telah diuraikan diatas, maka tujuan dari penelitian Penurunan Kinerja Jalan pada Ruas Jalan Krueng Geukueh – Beureughang adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui perbandingan nilai kadar aspal dari *design mix formula*, *job mix formula*, *trial mix* dengan nilai kadar aspal dan parameter Marshall dalam tahun berjalan;
2. Mengetahui perbandingan agregat kasar dari *design mix formula*, *job mix formula*, *trial mix* dengan nilai kadar aspal dan parameter Marshall dalam tahun berjalan;
3. Mengetahui perbandingan agregat halus dari *design mix formula*, *job mix formula*, *trial mix* dengan nilai kadar aspal dan parameter Marshall dalam tahun berjalan;

4. Mengetahui perbandingan filler dari *design mix formula*, *job mix formula*, *trial mix* dengan nilai kadar aspal dan parameter Marshall dalam tahun berjalan;
5. Mengetahui perbandingan nilai volumetrik dari *design mix formula*, *job mix formula*, *trial mix* dalam tahun berjalan;
6. Mengetahui tren penurunan kinerja jalan.

1.4 Manfaat penelitian

Adapun manfaat yang diharapkan dapat diambil dari penelitian ini adalah sebagai bahan pertimbangan bagi pemerintah khususnya Pejabat Pelaksana Teknis Kegiatan (PPTK) atau Pejabat Pembuat Komitmen (PPK), pihak konsultan perencana dan pengawas, serta pelaksana lapangan dalam pekerjaan pembangunan jalan, meliputi hal-hal sebagai berikut:

1. Mendapatkan informasi penurunan kinerja jalan yang dianalisis berdasarkan material yang dipakai;
2. Mendapatkan cara menganalisis penurunan kinerja jalan berdasarkan kerusakan atau sisa material yang ada;
3. Mendapatkan cara mengetahui indek kekuatan sisa dari material yang digunakan.

1.5 Batasan Masalah

Penelitian ini hanya dibatasi pada analisis *design mix formula*, *job mix formula*, *trial mix*, *core drill* dan *extraction* yang kemudian dilakukan analisa hasil ekstraksi yang dihasilkan seperti agregat, filler, kadar aspal, stabilitas dan volumetrik.

Mengingat beberapa keterbatasan, maka penelitian ini dibatasi pada:

1. Ruas Jalan Krueng Geukueh – Beureughang yang dilaksanakan pada tahun anggaran 2013 oleh PT. Rekayasa dan hasil *extraction* hasil *core drill* sampai dengan tahun 2019
2. Spesifikasi teknik Bina Marga tahun 2002
3. Gradasi agregat sesuai spesifikasi teknik 2010

4. *Design mix formula* dilakukan oleh PT. Rekayasa melalui Laboratorium Teknik Sipil Universitas Malikussaleh
5. *Job Mix Formula* dilakukan oleh PT. Rekayasa melalui Laboratorium Teknik Sipil Universitas Malikussaleh
6. *Core drill* dilakukan dalam beberapa tahun sampai dengan tahun 2019.
7. Pengujian berdasarkan Marshall Test

∞

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Perencanaan Perkerasan

Perencanaan perkerasan dapat dikelompokkan dalam 2 (dua) bahagian besar, yaitu struktural *pavement design* dan *paving mixture design*. Struktural *pavement design* yaitu menentukan tebal perkerasan dan bagian-bagiannya. Diantaranya, tebal lapisan permukaan, tebal slab dan lain sebagainya. *Paving mixture design* yaitu menentukan jenis dari kualitas bahan yang akan digunakan untuk lapis – lapis perkerasan, diantaranya persyaratan aspal, batu, pasir, kualitas beton aspal dan lain sebagainya (Sukirman, 1993).

Untuk menyiapkan perkerasan jalan yang baik perlu dipertimbangkan hal-hal sebagai berikut ini :

1. Kinerja *Performance* perkerasan, hal ini berkaitan dengan beban lalu lintas, yaitu volume lalu lintas dan beban gandar kendaraan yang dilewatinya. Kondisi lingkungan yaitu temperatur selama konstruksi dan pada saat pelayanan, variasi temperatur lainnya, intensitas dan distribusi hujan dan kondisi diamasi dan bahan material perkerasan.
2. Umur direncanakan perkerasan adalah waktu dalam tahun dihitung sejak perkerasan jalan dibuka untuk lalu lintas sampai saat diperlukan perbaikan-perbaikan berat.
3. Kondisi awal dan kondisi akhir perkerasan yaitu berkaitan dengan kondisi perkerasan (cacat/kerusakan) pada awal umur rencana dan tingkat kerusakan perkerasan yang masih diterima pada akhir umur rencana.

2.2 Faktor Utama Yang Mempengaruhi Rencana Umur Jalan

2.2.1 Volume Lalu lintas

Volume lalu lintas adalah banyaknya kendaraan yang melewati suatu titik atau garis tertentu pada suatu penampang melintang jalan. Data pencacahan volume lalu lintas adalah informasi yang diperlukan untuk fase perencanaan, desain, manajemen sampai pengoperasian jalan (Sukirman 1994).

Volume lalu lintas menunjukkan jumlah kendaraan yang melintasi satu titik pengamatan dalam satu satuan waktu (hari, jam, menit). Sehubungan dengan penentuan jumlah dan lebar jalur, satuan volume lalu lintas yang umum dipergunakan adalah lalu lintas harian rata-rata, volume jam perencanaan dan kapasitas.

2.2.2 Mutu dan Gradasi Agregat

Dalam menentukan kualitas agregat dapat dilakukan dengan dua acara yang umum dilakukan, yaitu :

1. Ukuran nominal maksimum, merupakan ukuran tapis terbesar dimana agregat tertahan tapis tidak lebih dari 10 %;
2. Ukuran maksimum, merupakan ukuran tapis terkecil dimana agregat tersebut lolos 100%.

2.2.3 Angka Ekuivalen Kendaraan

Berat kendaraan dilimpahkan keperkerasaan jalan melalui roda kendaraan yang terletak di ujung-ujung kendaraan. Setiap jenis kendaraan mempunyai konfigurasi sumbu yang berbeda-beda. Sumbu merupakan sumbu tunggal roda tunggal, sumbu belakang dapat merupakan sumbu tunggal ataupun sumbu ganda. Ekuivalen yang digunakan dalam perencanaan adalah ekuivalen berdasarkan berat kendaraan yang diterapkan selama umur rencana.

Angka Ekuivalen Kendaraan tersebut dipengaruhi oleh faktor sebagai berikut:

1. Fungsi Jalan
Kendaraan berat yang melalui jalan arteri umumnya memuat yang lebih berat dari pada jalan lokal.
2. Kendaraan Medan
Jalan yang mendaki mengakibatkan truck tidak mungkin memuat beban yang lebih berat dari pada jalan lokal.
3. Aktifitas ekonomi didaerah yang bersangkutan
Jenis dan berat beban yang diangkut oleh kendaraan berat sangat tergantung dari jenis kegiatan yang ada di daerah tersebut.
4. Perkembangan daerah

Beban yang diangkut oleh kendaraan dapat berkembang sesuai dengan perkembangan daerah di sekitar lokasi.

2.2.4 Pengaruh Lingkungan

1. Mempengaruhi sifat teknis konstruksi perkerasan dan komponen material perkerasan.
2. Pelapukan bahan material
3. Mempengaruhi penurunan tingkat pelayanan dan tingkat penyamanan perkerasan jalan.

2.3 Parameter Perencanaan Perkerasan

Lapisan perkerasan berfungsi untuk menerima dan menyebarkan beban lalu lintas tanpa menimbulkan kerusakan pada konstruksi jalan. Untuk itu dalam perencanaan perlu dipertimbangkan faktor-faktor yang dapat mempengaruhi fungsi pelayanan konstruksi perkerasan jalan seperti:

1. Fungsi Jalan, sebagaimana mana mengacu pada Undang-undang tentang jalan No. 13 tahun 1980 dan peraturan pemerintah No. 26 tahun 1985, sistim jaringan jalan di indonesia dapat dibedakan atas sistim jaringan jalan primer dan sistim jaringan jalan sekunder;
2. Kinerja Perkerasan (*Pavement Performance*), dalam hal ini dapat meliputi tiga hal yaitu: keamanan, wujud perkerasan dan fungsi pelayanan;
3. Umur direncanakan perkerasan adalah waktu dalam tahun dihitung sejak perkerasan jalan dibuka untuk lalu lintas sampai saat diperlukan perbaikan-perbaikan berat;
4. Lalu lintas yang merupakan beban dari perkerasan jalan, memiliki faktor penting yang harus diperhatikan, yaitu :
 - a. Volume lalu Lintas
 - b. Angka Ekivalen Beban
 - c. Angka Ekivalen Kendaraan
 - d. Faktor Pertumbuhan Lalu lintas
 - e. Lintas Ekivalen

5. Kondisi awal dan kondisi akhir perkerasan yaitu berkaitan dengan kondisi perkerasan (cacat/kerusakan) pada awal umur rencana dan tingkat kerusakan perkerasan yang masih diterima pada akhir umur rencana.

2.4 Jenis dan Fungsi Lapis Perkerasan Jalan

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 lalulintas.
 - d. Sebagai lapis aus, yaitu lapisan yang dapat aus yang selanjutnya dapat diganti lagi dengan lapisan yang baru.

Asphalt Institute MS-5 (2001) menyatakan lapisan perkerasan lentur adalah konstruksi yang berada diatas tanah dasar dimana lapisan agregat alam dan bahan pengisi bersama-sama dengan aspal keras menyokong konstruksi sedemikian rupa. Material untuk lapisan perkerasan lentur terdiri dari aspal sebagai perekat, batu pecah, bahan pengisi (*filler*) atau kerikil.

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 berlalu lintas 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

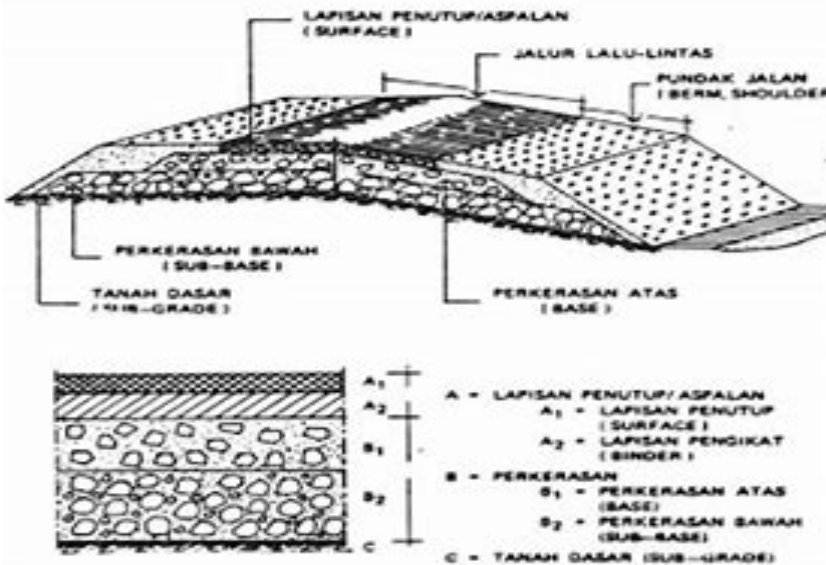
Konstruksi perkerasan jalan dipandang dari segi kemampuan memikul dan menyebarkan beban, haruslah memenuhi syarat-syarat:

- a. Ketebalan yang cukup, sehingga mampu menyebarkan beban lalu lintas ke tanah dasar (*subgrade*).
- b. Kedap terhadap air, sehingga air tidak mudah meresap ke lapisan 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. 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 coarse*). Pada beberapa kasus subbase dan base akan maksimum stabil pada penggunaan material setempat

2.4.1 Lapis Perkerasan Jalan

Lapis perkerasan jalan meliputi lapis permukaan, lapis pondasi atas, lapis pondasi bawah dan tanah dasar atau *sub-grade*. Adapun fungsi dari lapis permukaan adalah secara struktural ikut mendukung dan menyebarkan beban kendaraan yang diterima oleh perkerasan, baik beban yang berupa gaya vertikal maupun gaya horizontal, (Totomiharjo, 1997).



Gambar 2.1 Lapisan Perkerasan Jalan Lentur

Oleh karena sifat penyebaran gaya maka muatan yang diterima oleh masing-masing lapisan berbeda dan semakin ke bawah semakin kecil. Lapisan permukaan harus mampu menerima seluruh jenis gaya yang bekerja, lapis pondasi atas menerima gaya vertikal dan getaran, sedangkan tanah dasar dianggap hanya menerima gaya vertikal saja. Oleh karena itu terdapat perbedaan syarat-syarat yang harus dipenuhi oleh masing-masing lapisan.

Lapisan AC-BC atau lapisan aspal beton adalah suatu lapisan pada konstruksi jalan raya, yang terdiri dari campuran aspal keras dan agregat yang bergradasi menerus, dicampur, dihampar dan dipadatkan pada suhu tertentu.

Laston atau *Asphalt Concrete* digunakan pada jalan - jalan dengan lalu - lintas berat, tanjakan serta pertemuan jalan dengan daerah - daerah lainnya, dimana permukaan menanggung beban roda yang berat. Kadar bitumen lebih tinggi dari pada yang digunakan pada lapisan aspal beton pada negara beriklim dingin, yang bertujuan untuk menjamin peningkatan keawetan dan ketahanan kelelahan.

Adapun konstruksi perkerasan terdiri dari :

1. Lapisan permukaan (*Surface Course*)
2. Lapisan pondasi atas (*Base Course*)
3. Lapisan pondasi bawah (*Subbase Course*)
4. Lapisan tanah dasar (*Subgrade*)

2.4.2 Jenis Lapis Perkerasan Jalan (*Surface Course*)

Lapisan yang terletak paling atas disebut lapisan permukaan, dan berfungsi sebagai berikut :

1. Lapis perkerasan penahan beban roda, lapisan mempunyai stabilitas tinggi untuk menahan beban roda selama masa pelayanan.
2. Lapis kedap air, sehingga air hujan yang jatuh di atasnya tidak meresap ke lapisan di bawahnya dan melemahkan lapisan tersebut.
3. Lapis aus (*Wearing Course*), lapisan yang langsung menderita gesekan akibat rem kendaraan sehingga menjadi mudah aus.

4. Lapis yang menyebabkan beban ke lapis bawah, sehingga dapat dipikul oleh lapisan lain yang mempunyai daya dukung yang lebih jelek.

Untuk dapat memenuhi fungsi tersebut di atas, pada umumnya lapisan permukaan dibuat dengan menggunakan bahan pengikat aspal sehingga menghasilkan lapisan yang kedap air dengan stabilitas yang tinggi dan daya tahan yang lama.

Jenis lapisan permukaan yang umum di Indonesia antara lain :

1. Lapisan bersifat nonstruktural, berfungsi sebagai lapisan aus dan kedap air, antara lain :
 - a. Burtu (Laburan aspal satu lapis) merupakan lapis penutup yang terdiri dari lapisan penutup yang terdiri dari lapisan aspal yang ditaburi dengan satu lapis agregat bergradasi seragam, dengan tebal maksimum 2 cm.
 - b. Burda (Laburan aspal dua lapis), merupakan lapisan penutup yang terdiri dari lapisan aspal yang ditaburi agregat yang dikerjakan dua kali secara berurutan dengan tebal pada maksimum 3,5 cm.
 - c. Latasir (Lapisan tipis aspal pasir), merupakan lapisan penutup yang terdiri dari lapisan aspal dan pasir alam bergradasi menerus dicampur, dihampar dan didapatkan pada suhu tertentu dengan tebal pada 1–2cm.
 - d. Buras (Laburan aspal), merupakan lapis penutup terdiri dari lapisan aspal taburan pasir dengan ukuran butir maksimum 3/8 inch.
 - e. Latasbum (Lapisan tipis asbuton murni), merupakan lapis penutup yang terdiri dari campuran asbuton dan bahan pelunak dengan perbandingan tertentu yang dicampur secara dingin dengan tebal padat maksimum 1 cm.
 - f. Lataston (Lapis tipis aspal beton), dikenal dengan nama *Hot Roll Sheet* (HRS), merupakan lapis penutup yang terdiri dari campuran antara agregat bergradasi timbang, mineral pengisi (*Filler*) dan aspal keras dengan perbandingan

tertentu, yang dicampur dan dipadatkan dalam keadaan panas. Tebal padat antara 2,5 – 3 cm.

Jenis lapisan permukaan tersebut diatas walaupun bersifat nonstruktural, dapat menambah daya tahan perkerasan terhadap penurunan mutu, sehingga secara keseluruhan menambah masa pelayanan dari konstruksi perkerasan. Jenis perkerasan ini terutama digunakan untuk pemeliharaan jalan, dan lapisan penutup.

1. Lapisan bersifat struktural, berfungsi sebagai lapisan yang menahan dan menyebarkan beban roda.
 - a. Penetrasi Macadam (Lapen), merupakan lapis perkerasan yang terdiri dari agregat pokok dan agregat bergradasi terbuka dan seragam yang diikat oleh aspal dengan cara disemprotkan diatasnya dan dipadatkan lapis demi lapis. Di atas lapen ini biasanya diberi laburan asal dengan agregat penutup. Tebal lapisan satu lapis dapat bervariasi dari 4 – 10 cm.
 - b. Lasbutag, merupakan suatu lapisan pada konstruksi jalan yang terdiri dari campuran antara agregat, asbuton dan bahan pelunak yang diaduk, dihampar dan dipadatkan secara dingin. Tebal padat tiap lapisannya antara 3 – 5 cm.
 - c. Laston (Lapisan aspal beton) atau *Asphalt Concrete (AC)*, merupakan suatu lapisan pada konstruksi jalan yang terdiri dari campuran aspal keras dan agregat yang mempunyai gradasi menerus, dicampur, dihampar dan dipadatkan pada suhu tertentu.

2.4.3 Lapisan Pondasi Atas (*Base Course*)

Lapisan perkerasan yang terletak di antara lapis pondasi bawah dan lapis permukaan dinamakan lapis pondasi atas (*base course*). Secara umum *base course* mempunyai fungsi sebagai berikut :

1. Bagian perkerasan yang menahan gaya lintang dari beban roda dan menyebarkannya ke lapisan dibawahnya.
2. Lapisan peresapan untuk lapisan pondasi bawah.
3. Bantalan terhadap lapisan permukaan.

Sebagaimana disebutkan di depan bahwasannya material yang digunakan untuk lapis pondasi atas (*base course*) adalah material yang cukup kuat. Untuk lapis pondasi atas tanpa bahan pengikat umurnya menggunakan material dengan CBR > 50 % Plastisitas Index (PI) < 4 %. Bahan-bahan alam seperti batu pecah, kerikil pecah, stabilitas tanah dengan semen dan kapur dapat digunakan sebagai *base course*.

Jenis lapis pondasi atas yang umum digunakan di Indonesia antara lain :

1. Agregat bergradasi baik, dapat dibagi atas :
 - a. Batu pecah kelas A
 - b. Batu pecah kelas B
 - c. Batu pecah kelas C

Batu pecah kelas A mempunyai gradasi yang lebih kasar dari batu pecah kelas B, dan batu pecah kelas B lebih kasar dari batu pecah kelas C. Lapis pondasi kelas B terdiri dari campuran kerikil dan kerikil pecah atau batu pecah dengan berat jenis yang seragam dengan pasir lanau atau lempung dengan persyaratan di bawah ini :

Tabel 2.1 Gradasi Agregat Lapis Pondasi Atas Kelas A

ASTM Standard Sieve	Persentase Berat Butir Lolos
1,5	100
1	60 – 100
0,75	55 – 85
No.4	35 – 60
No.10	25 – 50
No.40	15 – 30
No.100	8 – 15

2. Pondasi Macadam
3. Pondasi Telford
4. Penetrasi macadam (Lapen)
5. Aspal beton pondasi (Asphalt Concrete Base / Asphalt Treated Base)

6. Stabilitas yang terdiri dari :
 - a. Stabilitas agregat dengan semen (*Cement Treated Base*)
 - b. Stabilitas agregat dengan kapur (*Lime Treated Base*)
 - c. Stabilitas agregat dengan aspal (*Asphalt Treated Base*)

2.4.4 Lapisan Pondasi Bawah (*Subbase Course*)

Lapis perkerasan yang terletak antara lapis pondasi atas dan tanah dasar disebut lapis pondasi bawah (*Subbase Course*) yang berfungsi :

1. Bagian dari konstruksi perkerasan untuk menyebarkan beban roda ke tanah dasar. Lapisan ini harus cukup kuat, mempunyai CBR (20 % dari Plastisitas Indeks (PI) > 10 %)
2. Efisiensi penggunaan material. Material pondasi bawah relatif murah dibandingkan dengan perkerasan di atasnya.
3. Mengurangi tebal lapisan di atasnya yang lebih mahal.
4. Lapisan peresapan, agar air tanah tidak berkumpul di pondasi.
5. Lapisan pertama, agar pekerjaan dapat berjalan lancar. Hal ini sehubungan dengan kondisi lapangan yang memaksa harus segera menutup tanah dasar dari pengaruh cuaca atau lemahnya daya dukung tanah dasar menahan roda-roda alat berat.
6. Lapisan untuk mencagah partikel – partikel halus dari tanah dasar naik ke lapis pondasi atas.

Bahan untuk pekerjaan lapis bawah harus bebas dari debu, zat organik serta bahan-bahan lain yang harus dibuang dan harus memiliki kualitas, sesuai tabel 2.2 berikut :

Tabel 2.2 Kondisi Kualitas Untuk Bahan Lapis Bawah

Uraian	Batas Tes
Batas Cair	Maksimum 35%
Indeks Plastis	45% - 12%
Ekivalen Pasir (Bahan Halus Plastis)	Minimum 25%
CBR Terendam	Minimum 30%
Kehilangan Berat Karena Abrasi (500 Putara)	Maksimum 40%

2.4.5 Lapisan Tanah Dasar (*Subgrade*)

Lapisan tanah setebal 50 – 100 cm dimana di atasnya akan diletakkan lapisan pondasi bawah dinamakan lapisan tanah dasar (*Subgrade*) yang dapat berupa tanah asli yang dipadatkan (jika tanah aslinya baik), tanah yang didatangkan dari tempat lain dan dipadatkan atau tanah yang distabilisasi dengan kapur atau bahan lainnya. Pematatan yang baik akan diperoleh jika dilakukan pada kondisi air optimum dan diusahakan kadar air tersebut konstan selama umur rencana. Hal ini dapat dicapai dengan pelengkapan drainase yang memenuhi syarat. Ditinjau dari muka tanah asli, maka lapisan tanah dasar (*Subgrade*) dapat dibedakan atas :

1. Lapisan tanah dasar, tanah galian
2. Lapisan tanah dasar, tanah timbunan
3. Lapisan tanah dasar, tanah asli

Pada umumnya persoalan yang menyangkut tanah dasar adalah :

1. Perubahan bentuk tetap dari macam tanah tersebut akibat beban lalu lintas. Daya dukung tanah yang ditunjukkan oleh nilai dasar CBR nya dapat merupakan indikasi dari perubahan bentuk yang terjadi.
2. Sifat mengembang dari macam tanah tertentu akibat perubahan kadar airnya. Hal ini dapat dikurangi dengan memadatkan tanah pada kadar air optimum sehingga mencapai kepadatan tertentu.

3. Daya dukung tanah yang tidak merata dan suka ditentukan secara pasti pada daerah dengan macam tanah yang sangat berbeda sifat.
4. Daya dukung yang kurang merata akibat pelaksanaan yang kurang baik.
5. Perbedaan peurunan (*differential settlement*) akibat terdapatnya lapisan – lapisan lunak dibawah tanah dasar akan mengakibatkan terjadinya bentuk tetap tanah.
6. Kondisi geologist dari lokasi jalan perlu dipelajari dengan teliti, jika ada kemungkinan lokasi jalan berada pada patahan, dan lain-lain.

2.5 Beton Aspal

Totomihardjo (2004) menyatakan beton aspal terdiri atas campuran agregat dari berbagai diameter dan aspal. Pencampuran dapat dilaksanakan secara dingin (*cold mix*) maupun secara panas (*hot mix*). Campuran panas, material aspal dipanasi sampai temperatur 155°C, agregat dipanasi sampai temperatur 165°C, dan pencampuran aspal dengan agregat pada temperatur 160°C, selanjutnya bahan digelar di lapangan. Bahan penyusun beton aspal terdiri dari aspal, agregat kasar dan halus serta bahan pengisi (*filler*).

Sukirman (2003) menyatakan meterial-material pembentuk beton aspal dicampur di instalasi pencampuran pada temperatur tertentu, kemudian diangkut ke lokasi, dihamparkan dan dipadatkan. Temperatur pencampuran ditentukan berdasarkan jenis aspal yang digunakan. Jika digunakan semen aspal, maka temperatur pencampuran umumnya diantara 145°-155°C, sehingga disebut beton aspal campuran panas. Beton aspal memiliki tujuh karakteristik campuran berupa stabilitas, durabilitas, fleksibilitas, ketahanan terhadap kelelahan, kekesatan permukaan atau ketahan geser, kedap air, dan kemudahan pelaksanaan.

1. Stabilitas

Stabilitas adalah kemampuan perkerasan jalan menerima beban lalu lintas tanpa terjadi perubahan bentuk tetap seperti gelombang, alur, dan *bleeding*. Kebutuhan akan stabilitas sebanding dengan fungsi jalan dan beban lalu lintas yang akan dilayani. Jalan

yang melayani volume lalu lintas tinggi dan dominan terdiri dari kendaraan berat, membutuhkan perkerasan jalan dengan stabilitas tinggi. Sebaliknya perkerasan jalan yang diperuntukkan untuk melayani lalu lintas kendaraan ringan tertentu tidak perlu mempunyai nilai stabilitas yang tinggi. Nilai stabilitas beton aspal dipengaruhi oleh:

a. Gesekan internal

Gesekan internal dapat berasal dari kekasaran permukaan dari butir-butir agregat, luas bidang kontak antar butir atau bentuk butir, gradasi agregat, kepadatan campuran, dan tebal film aspal. Stabilitas terbentuk dari kondisi gesekan internal yang terjadi diantara butir-butir agregat, saling mengunci dan mengisinya butir-butir agregat, dan masing-masing butir saling terikat, akibat gesekan antar butir dan adanya aspal. Kepadatan campuran menentukan pula tekanan kontak, dan nilai stabilitas campuran. Pemilihan agregat bergradasi baik atau rapat akan memperkecil rongga antara agregat, sehingga aspal yang dapat ditambahkan dalam campuran menjadi sedikit. Hal ini berakibat film aspal menjadi tipis. Kadar aspal yang optimal akan memberikan nilai stabilitas yang maksimum.

b. Kohesi

Kohesi adalah gaya ikat aspal yang berasal dari daya lekatnya, sehingga mampu memelihara tekanan kontak antar butir agregat. Daya kohesi terutama ditentukan oleh penetrasi aspal, perubahan viskositas akibat temperatur, tingkat pembebanan, komposisi kimiawi aspal, efek dari waktu dan umur aspal. Sifat *rheologi* aspal menentukan kepekaan aspal untuk mengeras dan rapuh, yang akan mengurangi daya kohesinya.

2. Durabilitas atau keawetan

Durabilitas atau keawetan adalah kemampuan beton aspal menerima repetisi beban lalu lintas seperti berat kendaraan dan gesekan antara roda kendaraan dan permukaan jalan, serta menahan keausan akibat pengaruh cuaca dan iklim, seperti udara, air, atau perubahan temperatur.

3. Kekesatan/tahanan geser (*skid resistance*)

Kekesatan/tahanan geser (*skid resistance*) adalah kemampuan permukaan beton aspal terutama pada kondisi basah, memberikan gaya gesek pada roda kendaraan sehingga kendaraan tidak tergelincir, ataupun slip. 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. Dalam hal ini agregat yang digunakan tidak saja harus mempunyai permukaan yang kasar, tetapi juga mempunyai daya tahan untuk permukaannya tidak mudah menjadi licin akibat repetisi kendaraan.

4. Fleksibilitas atau kelenturan

Fleksibilitas atau kelenturan adalah kemampuan beton aspal untuk menyesuaikan diri akibat penurunan (*settlement*) dan pergerakan dari pondasi atau tanah dasar, tanpa terjadi retak. Penurunan terjadi akibat dari repetisi beban lalu lintas, ataupun penurunan akibat berat sendiri tanah timbunan yang dibuat di atas tanah asli. Fleksibilitas dapat ditingkatkan dengan mempergunakan agregat bergradasi terbuka dengan kadar aspal yang tinggi.

5. Ketahanan terhadap kelelahan (*fatigue resistance*)

Ketahanan terhadap kelelahan (*fatigue resistance*) adalah kemampuan beton aspal menerima lendutan berulang akibat repetisi beban lalu lintas, tanpa terjadinya kelelahan berupa alur dan retak. Hal ini dapat tercapai jika mempergunakan kadar aspal yang tinggi.

6. Kekesatan/tahanan geser (*skid resistance*)

Kekesatan/tahanan geser (*skid resistance*) adalah kemampuan permukaan beton aspal terutama pada kondisi basah, memberikan gaya gesek pada roda kendaraan sehingga kendaraan tidak tergelincir, ataupun slip. 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. Dalam hal ini

agregat yang digunakan tidak saja harus mempunyai permukaan yang kasar, tetapi juga mempunyai daya tahan untuk permukaannya tidak mudah menjadi licin akibat repetisi kendaraan.

7. Kedap air (*impermeabilitas*)

Kedap air (*impermeabilitas*) adalah kemampuan beton aspal untuk tidak dapat dimasuki air ataupun udara ke dalam lapisan beton aspal. Air dan udara dapat mengakibatkan percepatan proses penuaan aspal, dan pengupasan film/ selimut aspal dari permukaan agregat. Jumlah pori yang tersisa setelah beton aspal dipadatkan dapat menjadi indikator kedekatan air campuran. Tingkat *impermeabilitas* beton aspal berbanding terbalik dengan tingkat durabilitasnya.

8. Mudah dilaksanakan (*workability*)

Mudah dilaksanakan (*workability*) adalah kemampuan beton aspal campuran panas untuk mudah dihamparkan dan dipadatkan. Faktor yang mempengaruhi tingkat kemudahan dalam proses penghamparan dan pemadatan adalah viskositas aspal, kepekaan aspal terhadap perubahan temperatur, gradasi, dan kondisi agregat. Revisi atau koreksi terhadap rancangan campuran dapat dilakukan jika ditemukan kesukaran dalam pelaksanaannya.

Ketujuh sifat campuran beton aspal ini tidak mungkin dapat dipenuhi sekaligus oleh satu jenis campuran. Sifat-sifat beton aspal mana yang dominan lebih diinginkan, akan menentukan jenis beton aspal yang dipilih. Hal ini sangat perlu diperhatikan ketika merancang tebal perkerasan jalan. Jalan yang melayani lalu lintas ringan, seperti mobil penumpang, sepantasnya lebih memilih jenis beton aspal yang memiliki sifat durabilitas dan fleksibilitas yang tinggi dari pada memilih jenis beton aspal dengan stabilitas tinggi, sedangkan jalan yang melayani lalu lintas berat sepantasnya lebih memilih jenis beton aspal yang memiliki sifat stabilitas tinggi dari pada memilih jenis beton aspal dengan durabilitas dan fleksibilitas yang tinggi.

Menurut Bina Marga (1987) lapis aspal beton (LASTON) adalah merupakan suatu lapisan pada konstruksi jalan yang terdiri dari agregat kasar, agregat halus, *filler* dan aspal keras yang dicampur, dihamparkan, dan dipadatkan dalam keadaan panas pada temperatur tertentu. Pembuatan lapis aspal beton dimaksudkan

untuk mendapatkan suatu lapisan permukaan atau lapis antara pada perkerasan jalan raya yang mampu memberikan sumbangan daya dukung yang terukur serta berfungsi sebagai lapisan kedap air.

2.6 Aspal

Totomihardjo (2004) menyatakan aspal merupakan senyawa hidrogen (H) dan Karbon (C) yang diperoleh dari proses penyulingan minyak bumi, terdiri dari *parafins*, *naptene*, dan *aromatics*. Bahan-bahan tersebut membentuk kelompok-kelompok yang disebut :

1. *Asphaltenese*

Kelompok ini membentuk butiran halus, berdasarkan *aromatic benzene structure* serta mempunyai berat molekul tinggi.

2. *Oils*

Kelompok ini membentuk cairan yang melarutkan *asphaltenese*, tersusun dari *parafins (waxy)*, *cyclo paraffins (wax-free)* dan *aromatic* serta mempunyai berat molekul rendah.

3. *Resins*

Kelompok ini membentuk cairan menyelubungi *asphaltenese* dan memiliki berat molekul sedang. Selanjutnya gabungan *resins* dan *oils* disebut *maltenese*.

Sukirman (2003) menyatakan secara garis besar komposisi kimiawi aspal terdiri dari *asphaltenese*, *oils*, dan *resins*. *Asphaltenese* terutama terdiri dari senyawa hidrokarbon, merupakan material berwarna hitam atau coklat tua yang tidak larut dalam *n-heptane*. *Asphaltenese* menyebar didalam larutan yang disebut *maltenes*. *Maltenes* larut dalam *heptane*, merupakan cairan kental yang terdiri dari *resins* dan *oils*. *Resins* adalah cairan berwarna kuning atau coklat tua yang memberikan sifat adhesi dari aspal, merupakan bagian yang mudah hilang atau berkurang selama masa pelayanan jalan, sedangkan *oils* berwarna lebih muda merupakan media dari *asphaltenese* dan *resins*. *Maltenes* merupakan komponen yang mudah berubah sesuai perubahan temperatur dan umur pelayanan. Durabilitas aspal merupakan fungsi dari ketahanan aspal terhadap perubahan mutu kimiawi selama proses pencampuran dengan

agregat, masa pelayanan, dan proses pengerasan seiring waktu atau umur perkerasan.

Aspal sebagai bahan pengikat campuran pada penelitian ini digunakan jenis aspal keras, dengan penetrasi 60-70 yang lebih dikenal dengan AC 60-70. Aspal yang digunakan disyaratkan tidak mengandung air, busa, soda, dan kotoran lainnya serta bila dipanaskan sampai dengan 175°C tidak berbusa. Persyaratan sifat beton aspal campuran panas sesuai dengan spesifikasi Depkimpraswil (2002) berdasarkan 10 kriteria yang ada, seperti pada tabel 2.3 berikut.

Tabel 2.3 Persyaratan Aspal Keras AC 60-70

No	Jenis pemeriksaan	Satuan	Persyaratan	
			Min	Maks
1	Penetrasi (25°C, 5 detik)	0,1 mm	60	79
2	Titik lembek (<i>ring ball</i>)	°C	48	58
3	Titik nyala (<i>cle. open cup</i>)	°C	200	-
4	Kehilangan berat (163°C, 5 jam)	% berat	-	0,4
5	Kelarutan (CCL ₄ atau CS ₂)	% berat	99	-
6	Daktilitas (25°C, 5 cm/menit)	Cm	100	-
7	Penetrasi setelah kehilangan berat	% semula	75	-
8	Penetrasi aspal hasil ekstraksi benda uji	% semula	55	-
9	Daktilitas aspal hasil ekstraksi benda uji	Cm	40	-
10	Berat jenis (25°C)	-	1	-

Sumber : Depkimpraswil (2002)

2.7 Agregat

Spesifikasi Depkimpraswil (2002) membedakan agregat menjadi agregat kasar dan agregat halus. Setiap agregat pembedaan berdasarkan ukuran butirannya. Untuk jelasnya perbedaan agregat menjadi kasar atau halus dikelompokkan berdasarkan dengan syarat-syarat yang telah ditentukan, sebagai berikut.

1. Agregat Kasar

- a. Agregat kasar yang kotor dan berdebu, yang mempunyai partikel lolos ayakan No. 200 (0,075 mm) lebih besar dari 1% tidak boleh digunakan sebagai bahan campuran.
- b. Agregat kasar harus mempunyai angularitas seperti yang disyaratkan dalam tabel berikut. Angularitas agregat kasar didefinisikan sebagai persen terhadap berat agregat yang lebih besar dari 4,75 mm dengan muka bidang pecah satu atau lebih.
- c. Agregat kasar untuk rancangan campuran panas adalah agregat yang tertahan ayakan No.8 (2,36 mm) dan haruslah bersih, keras, awet dan bebas dari lempung atau bahan yang tidak dikehendaki lainnya dan memenuhi ketentuan yang diberikan dalam tabel 2.4.

Tabel 2.4 Ketentuan Agregat Kasar

Pengujian		Standar	Nilai
Kekekalan bentuk agregat terhadap larutan natrium (Na) dan magnesium sulfat (MgSO ₄).		SNI.03-3407-1994	Maks. 12%
Abrasi dengan mesin Los Angeles		SNI.03-2417-1991	Maks. 40%
Kelekatan agregat terhadap aspal		SNI.03-2439-1991	Min. 95%
Angularitas (ke dalam dari permukaan < 10 cm)	Lalulintas < 1 juta ESA	DOT'S Pennsylvanis Test Method, PTM no.621	85/80
	Lalulintas ≥ 1 juta ESA		95/90
Angularitas (ke dalam dari permukaan ≥ 10 cm)	Lalulintas < 1 juta ESA		60/50
	Lalulintas ≥ 1 juta ESA		80/75
Partikel pipih dan lonjong		ASTM D-4791	Maks. 10%

Sumber : Depkimpraswil (2002)

- d. Fraksi individu agregat kasar harus ditumpuk terpisah dan harus dipasok ke instalasi pencampur aspal dengan menggunakan pemasok penampung dingin sedemikian rupa, sehingga gradasi gabungan agregat dapat dikendalikan dengan baik.

2. Agregat Halus

- a. Agregat halus dari sumber bahan manapun, harus terdiri dari pasir atau pengayakan batu pecah dan terdiri dari bahan lolos ayakan No. 8
- b. Fraksi agregat halus pecah mesin dan pasir harus ditempatkan terpisah dari agregat kasar.
- c. Pasir boleh dapat digunakan dalam campuran aspal. Persentase maksimum yang disarankan untuk lapis aspal beton adalah 15%.
- d. Agregat halus harus merupakan bahan yang bersih, keras, bebas dari lempung, atau bahan yang tidak dikehendaki lainnya. Batu pecah halus harus diperoleh dari batu yang memenuhi ketentuan mutu (kadar aspal cocok, rongga udara, stabilitas, kelenturan, dan keawetan ketebalan) agar mutu tersebut terpenuhi, maka batu pecah halus harus diproduksi dari batu yang bersih. Bahan halus dari pemasok pemecah batu (*crusher stone*) harus diayak dan ditempatkan tersendiri sebagai bahan yang tidak terpakai (kulit batu) sebelum proses pemecahan kedua (*secondary crushing*). Dalam segala hal, pasir yang kotor dan berdebu serta mempunyai partikel lolos ayakan No. 200 (0,075 mm) lebih dari 8% atau pasir yang mempunyai nilai setara pasir (*sand equivalent*) kurang dari 40 % tidak diperkenankan untuk digunakan dalam campuran.
- e. Agregat halus harus mempunyai angularitas seperti yang disyaratkan pada tabel 2.5.

Tabel 2.5 Angularitas Agregat Halus

Pengujian		Standar	Nilai
Angularitas (ke dalam dari permukaan < 10 cm)	Lalulintas < 1 juta ESA	AASHTO TP-33	Min. 40%
	Lalulintas ≥ 1 juta ESA		Min. 45%
Angularitas (ke dalam dari permukaan ≥ 10 cm)	Lalulintas < 1 juta ESA		Min. 40%
	Lalulintas ≥ 1 juta ESA		Min. 40%

Sumber : Depkimpraswil (2002)

- f. Agregat pecah halus dan pasir harus ditumpuk terpisah dan harus dipasok ke instalasi pecampur aspal dengan menggunakan pemasok penampung dingin (*cold bin feeds*) yang terpisah sedemikian rupa sehingga rasio agregat pecah halus dan pasir dapat dikontrol.

Agregat merupakan komponen utama dari lapisan perkerasan mencapai 85% - 95% dari campuran, oleh karena itu keawetan dan mutu perkerasan jalan dipengaruhi juga oleh agregat kasar maupun agregat halus dan hasil campuran agregat dengan material lain.

Untuk menjaga kualitas semua agregat yang digunakan dalam pelaksanaan konstruksi (campuran beton aspal) perkerasan jalan harus bebas dari kotoran, bahan organik, dengan kualitas sesuai tabel berikut (Spesifikasi Depkimpraswil, 2002) yaitu :

Tabel 2.6 Persyaratan Agregat

Jenis pemeriksaan	Satuan	Syarat Minimum		Metode pemeriksaan
		Fraksi agregat kasar	Fraksi agregat halus	
Ukuran butir (5% lolos saringan No.8)	%	0	100	-
Abrasi dengan mesin Los Angeles	%	Maks. 40	-	SNI. 03-2417-1991
Kekekalan bentuk (<i>soundness</i>) terhadap	%	Maks 12	-	SNI. 03-3407-1994

larutan N_3 atau M_gSO_4					
Kelekatan agregat terhadap aspal (<i>stripping</i>)		%	Min 95	-	SNI. 03-2439-1991
Angularitas (kedalaman dari permukaan < 10 cm)	Lalulintas < 10^6 ESA	%	85/80*	Min 40	-
	Lalulintas $\geq 10^6$ ESA	%	95/90*	Min 45	-
Angularitas (kedalaman dari permukaan ≥ 10 cm)	Lalulintas < 10^6 ESA	%	60/50*	Min 40	-
	Lalulintas $\geq 10^6$ ESA	%	80/75*	Min 40	-
Indeks kepipihan agregat		%	Maks 10	-	-
Absorsi air		%	Maks 3	Maks 3	SNI. 03-1969-1990
Berat jenis semu		-	Min 2,5	Min 2,5	SNI. 03-1969-1990
Partikel lolos saringan # 200		%	-	Maks 8	SNI-M-02-1994-03
Nilai sand equivalent		%	-	Maks 40	-

Sumber : Depkimpraswil (2002)

Catatan :

- * 85/80 menunjukkan bahwa 85% agregat kasar mempunyai satu atau lebih muka bidang pecah dan 80% mempunyai dua atau lebih muka bidang pecah.
- ** Berat jenis agregat kasar dan halus tidak boleh berbeda lebih dari 0,2.

Agregat yang terdapat di dalam keadaan tertentu tidak dapat digunakan secara langsung sebagai material sebelum mengalami proses-proses pemeriksaan fisis dan pembersihan. Untuk itu agregat yang digunakan haruslah dilakukan tahapan-tahapan pembersihan dan pemeriksaan. Supaya nantinya dapat digunakan sebagai material yang memenuhi syarat-syarat yang telah ditentukan dalam spesifikasi teknik.

2.8 Bahan Pengisi (*Filler*)

Totomihardjo (2004) menyatakan *filler* adalah suatu bahan berbutir halus yang lewat ayakan No. 30 (595 μ) US *Standard Sieve* dan 65% lewat ayakan No. 200 (75 μ) bahan *filler* dapat berupa debu batu, kapur, *portland cement* atau bahan lainnya. *Filler* memiliki parameter butiran berupa ukuran yang kecil, bentuk butiran *cubical/round*, gradasi terbuka, dan memiliki permukaan yang luas. Efek penggunaan *filler* terhadap karakteristik campuran beton aspal akan mempengaruhi karakteristik beton aspal tersebut. Kadar *filler* dalam campuran beton aspal akan mempengaruhi dalam proses pencampuran, penggelaran, dan pemadatan. Selain itu kadar dan jenis *filler* akan berpengaruh terhadap sifat elastis campuran dan sensitivitas terhadap air.

Hasil penelitian dari pengaruh penggunaan *filler* oleh Totomihardjo, S. (1994) terhadap campuran beton aspal adalah sebagai berikut :

1. *Filler* diperlukan untuk meningkatkan kepadatan, kekuatan, dan karakteristik lain beton aspal.
2. Sifat aspal (*daktalitas, penetrasi, viskositas*) diubah secara draktis oleh *filler*, walaupun kadarnya relatif rendah pada campuran beton aspal. Penambahan *filler* pada aspal akan meningkatkan konsistensi aspal.
3. *Filler* dapat berfungsi ganda dalam campuran beton aspal :
 - a. Sebagai bagian dari agregat, *filler* akan mengisi rongga dan menambah bidang kontak antara butir agregat sehingga akan meningkatkan kekuatan campuran.
 - b. Bila dicampur dengan aspal, *filler* akan membentuk bahan pengikat yang berkonsistensi tinggi sehingga mengikat butiran agregat secara bersama-sama.
4. Pada kadar *filler* yang umum digunakan dalam campuran beton aspal, daktalitas campuran aspal *filler* akan mencapai nol. Sedangkan pada temperatur dan pada kadar *filler* yang sama, nilai penetrasi campuran aspal *filler* akan turun sampai $<1/3$ dari penetrasi semula.

5. Viskositas campuran aspal *filler* pada temperatur tinggi sangat bervariasi pada kisaran yang lebar tergantung pada jenis *filler* dan kadarnya. Perbedaan ini menjadi kecil pada temperatur lebih rendah.
6. Hasil tes menunjukkan terdapat hubungan yang baik antara stabilitas campuran dan kekentalan aspal pada pemadatan campuran bila kadar *void* yang sama.
7. Sensitivitas campuran terhadap air pada tipe dan kadar *filler* yang berbeda menunjukkan variasi yang cukup besar. Hasil tes menunjukkan bahwa sensitivitas terhadap air dapat diturunkan dengan mengurangi kadar *filler* yang sensitif air.
8. Hasil tes menunjukkan bahwa ada hubungan yang baik antara viskositas aspal dan usaha pemadatan campuran. Disarankan temperatur perlu dinaikkan bila memadatkan campuran dengan *filler* - aspal berkonsistensi tinggi.
9. Dari hasil studi yang telah ada perlu ada kontrol terhadap penambahan *filler* alami dengan cara :
 - a. Analisis ukuran partikel dengan *hydrometer method*, yaitu kandungan clay ($\leq 5\%$) perlu dibatasi.
 - b. *Plasticity index*, nilainya juga perlu dibatasi.
 - c. *Immersion-compression test*, berdasarkan pada sensitivitas terhadap air, *filler* dapat ditolak atau kadarnya disesuaikan sampai batas yang diterima.

Depkimpraswil dalam spesifikasi (2002) menyebutkan bahan pengisi (*filler*) untuk campuran aspal adalah :

1. Bahan pengisi yang ditambahkan harus terdiri dari debu batu kapur, *cement portland*, abu terbang, abu tanur semen, atau bahan non plastis lainnya dari sumber manapun. Bahan tersebut harus bebas dari bahan yang tidak dikehendaki.
2. Bahan pengisi yang ditambahkan harus kering dan bebas dari gumpalan-gumpalan dan bila diuji dengan pengayakan secara basah sesuai dengan SK SNI M-02-1994-03 harus mengandung bahan yang lolos ayakan No. 200 (0,075 mm) tidak kurang dari 75% terhadap beratnya.

3. Bilamana kapur tidak terhidrasi atau terhidrasi sebagian, digunakan sebagai bahan pengisi yang ditambahkan maka proporsi maksimum yang diizinkan adalah 1% dari berat total campuran aspal.

Asphalt Institute MS-22 (2001) menyatakan bahwa mineral filler dapat menggunakan debu batu, debu batu kapur, semen PC atau bahan mineral tidak plastis yang bebas dari gumpalan dan minimal 70% lolos saringan No. 200. Rongga udara pada agregat kasar diisi dengan partikel lolos saringan No. 200 yang membuat rongga udara lebih kecil sehingga mampu meningkatkan kerapatan dan stabilitas campuran beton aspal.

2.9 Gradasi Agregat (Susunan Butir)

Gradasi agregat pada beton aspal campuran panas pada lapisan AC-BC sangat menentukan kekuatan perkerasan. Tabel 2.7 berikut menunjukkan gradasi agregat dengan daerah larangan (*restricted zones*) berdasarkan spesifikasi.

Tabel 2.7 Gradasi Agregat Beton Aspal Campuran Panas

Ukuran saringan		% Berat lolos
No.	Bukaan (mm)	Spesifikasi Teknik
		AC-BC
1"	25	100
¾"	19	90 – 100
½"	12,5	74 – 90
3/8"	9,5	64 – 82
# 4	4,75	47 – 64
# 8	2,36	34,6 – 49
# 16	1,19	28,3 – 38
# 30	0,60	20,7 – 28
# 50	0,30	13,7 – 20
# 100	0,149	4 – 13
# 200	0,075	4 – 8
Pan	-	-

Sumber : Depkimpraswil (2010)

Agregat dengan gradasi menerus dan rapat mampu meningkatkan kekuatan perkerasan beton aspal, selain cara dan prosedur pelaksanaan konstruksi perkerasan jalan di lapangan.

2.10 Karakteristik Campuran Beton Aspal

Karakteristik dan persyaratan campuran beton aspal (LASTON) berdasarkan tabel 2.8 berikut (Spesifikasi Depkimpraswil, 2002)

Tabel 2.8 Persyaratan Beton Aspal Campuran Panas

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 Qoutient (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 (refusal), %	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 : Depkimpraswil (2002)

Pembuatan campuran benda uji diawali dengan menentukan kadar aspal tengah (P_b), yang dapat dihitung berdasarkan persamaan berikut.

$$P_b = 0,035 (\%CA) + 0,045 (\%FA) + 0,18 (\% \text{ Filler}) + K \dots\dots\dots 2.1$$

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 # 200
- Filler = persen agregat minimal 75% lolos No. 200
- K = konstanta 0,5 - 1 untuk lapis AC (*Asphalt Concrete*).

Kadar aspal tengah merupakan pedoman untuk membuat benda uji agar diperoleh kadar aspal optimum (KAO) pada suatu campuran. Nilai kadar aspal tengah 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 nilai tengahnya.

2.11 Pengujian Marshall

Kinerja dari beton aspal padat dapat 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 $\geq 96\%$. Kerapatan ini dipengaruhi oleh temperatur pemadatan, kadar aspal, kualitas dan jenis fraksi agregat penyusun campuran. Besarnya kerapatannya campuran aspal dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut.

$$Density = \frac{\text{berat kering benda uji (gr)}}{\text{volume benda uji (cm}^3\text{)}} \dots\dots\dots 2.2$$

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.

$$\text{Nilai stabilitas (kg)} = \text{nilai pembacaan arloji stabilitas} \times \text{kalibrasi proving ring} \times \text{koreksi tebal benda uji} \dots\dots\dots 2.3$$

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.

$$\text{Nilai } flow = \text{nilai pembacaan arloji } flow \text{ pada pengujian Marshall dengan satuannya milimeter (mm) } \dots\dots\dots 2.4$$

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.

$$MQ = \frac{\text{Nilai stabilitas (kg)}}{\text{Nilai flow (mm)}} \dots\dots\dots 2.5$$

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/film aspal pada masing-masing butir agregat. Tebal film aspal 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 2.9 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.

$$\text{Tebal selimut aspal} = \frac{P_{ae}}{G_a} \times \frac{1}{LP \times P_s} \times 1000 \mu\text{m} \quad \dots\dots 2.6$$

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

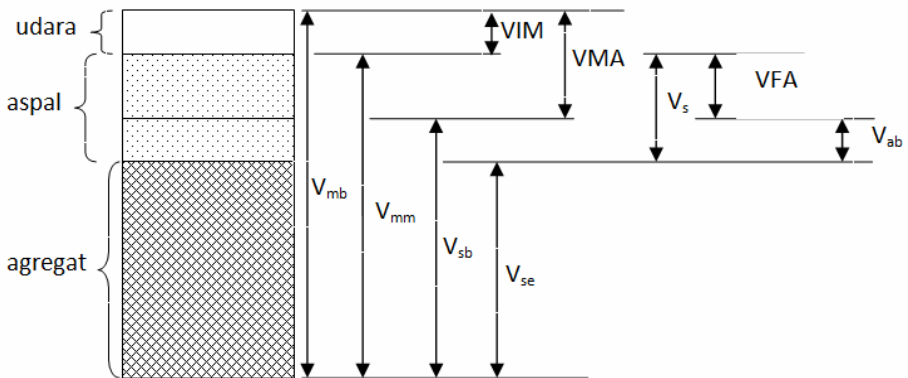
Pengujian kinerja beton aspal padat dilakukan melalui pengujian Marshall. Alat Marshall merupakan alat tekan yang dilengkapi dengan *proving ring* (cincin penguji) berkapasitas 22,2 KN (5000 lbf) dan *flowmeter*. *Proving ring* digunakan untuk mengukur

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.

2.12 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 2.2 Skematis Berbagai Jenis Volume Beton Aspal

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 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 teorities (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.

$$G_{mm} = \frac{100}{(P_s / G_{se}) + (P_a / G_a)} \dots\dots\dots 2.7$$

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.

$$G_{mb} = \frac{B_k}{(B_{ssd} - B_a)} \dots\dots\dots 2.8$$

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 pematat, kadar

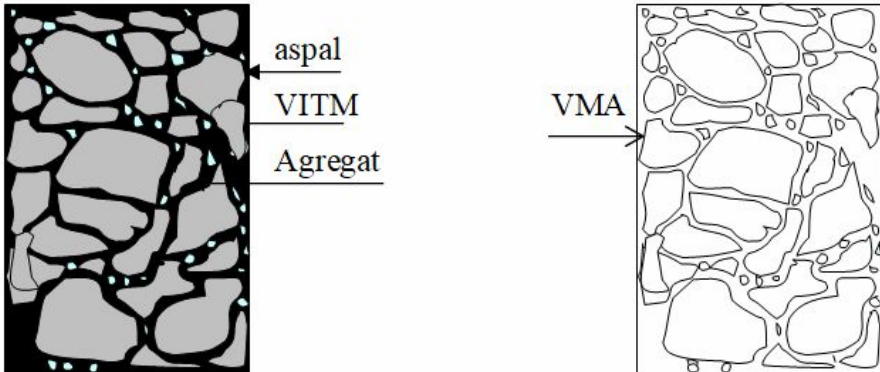
aspal, tekstur permukaan, bentuk butiran, dan serapan air oleh agregat. VMA dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut.

$$VMA = \left\{ 100 - \frac{G_{mb} \times P_s}{G_{sb}} \right\} \% \text{ dari volume } \textit{bulk} \text{ beton aspal pada .. 2.9}$$

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 menunjukkan ilustrasi dari VMA dan VITM.



Gambar 2.3 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 kedapatan airnya (bersifat *porous*), sehingga air dan udara muda 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.

$$\text{VITM} = 100 \times \frac{G_{mm} - G_{mb}}{G_{mm}} \quad \% \text{ dari volume } \textit{bulk} \text{ beton aspal padat .. 2.10}$$

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/selimut 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 pematat (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.

$$VFWA = \frac{100 (VMA - VITM)}{VMA} \text{ \% dari VMA} \dots\dots\dots 2.11$$

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

6. Kadar aspal terabsorpsi ke dalam pori agregat (bitumen absorption, 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.

$$P_{ab} = 100 \frac{(G_{se} - G_{sb})}{(G_{sb} \times G_{se})} G_a \text{ \% dari berat agregat} \dots\dots\dots 2.12$$

dimana :

P_{ab} = kadar aspal yang terabsorpsi kedalam 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 sebagai berikut.

$$P_{ae} = P_a - \frac{P_{ab}}{100} P_s \text{ \% dari berat beton aspal padat} \quad \dots\dots\dots 2.13$$

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

2.13 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.

2.14 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.

∞

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Tahapan Pelaksanaan Penelitian

Penelitian ini meliputi persiapan, pengadaan peralatan, pengadahaan material, pelaksanaan dan analisis data. Pada tahaan persiapan, penelitian ini dimulai dengan survei awal, meliputi : kunjungan ke lokasi ruas jalan untuk melihat secara visual, kunjungan ke Dinas Bina Marga Kabupaten Aceh Utara untuk meminta izin melakukan penelitian pada ruas jalan Beureunghang – Krueng geukueh, kunjungan untuk berkoordinasi dengan kecamatan dan desa pada lokasi ruas jalan tersebut.

Langkah selanjutnya adalah studi literatur untuk memahami dan mengetahui penelitian lainnya yang terkait penurunan kinerja jalan. Baik penelitian tentang lapisan perkerasan aspal, beban berlebih maupun tentang struktur analitik perkerasan.

Persiapan dan pengadaan material untuk melakukan survei kerusakan jalan sepanjang ruas jalan Beureughang - Krueng Geukueh di Kecamatan Dewantara Kabupaten Aceh Utara. Acuan penelitian berdasarkan spesifikasi yang telah ditentukan oleh Bina Marga dan melakukan *core drill* untuk mendapatkan perkerasan yang selanjutnya di ekstraksi dan diakhiri dengan analisis data.

3.2 Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan untuk mengetahui kondisi real sebelum dilakukan penelitian lanjutan ini. Pengumpulan data berupa hasil-hasil penelitian sebelumnya pada ruas ini yang sudah dimulai sejak tahun 2013. Khususnya tentang umur rencana jalan, *Design Mix Formula*, *Job Mix Formula*, *Trial Mix*, Penurunan kinerja jalan tahun pertama, penurunan jalan tahun ke dua serta penurunan di tahun keenam.

Data-data dari penelitian sebelumnya menjadi referensi dan pembanding untuk melakukan penelitian di tahun 2019 ini. Data saat perencanaan diperoleh dari Dinas Bina Marga kabupaten Aceh Utara dan pihak pelaksana pekerjaan PT. Rekayasa.

3.2.1 Data Primer

Data primer dalam penelitian ini berupa data-data yang diperoleh secara langsung dari lapangan. Data tersebut berupa pengamatan kerusakan jalan di lapangan, kondisi visual permukaan perkerasan aspal dan semua data hasil *core drill*.

Hasil *core drill* di lapangan selanjutnya dilakukan ekstraksi di laboratorium jurusan Teknik Sipil Universitas Malikussaleh yang selanjutnya dilakukan analisis data tersebut.

3.2.2 Data Sekunder

Data sekunder adalah data yang telah tersedia sebelumnya dari semua kajian literatur dari penelitian sebelumnya yang dipublikasi pada jurnal, prosiding, buku literatur, buku referensi atau majalah ilmiah lainnya secara nasional maupun internasional.

Data sebelumnya yang dimiliki meliputi *Design Mix Formula*, *Job Mix Formula*, *Trial Mix*, Penurunan kinerja jalan tahun pertama, penurunan jalan tahun ke dua. Data lainnya berupa sfesifikasi aspal, agregat, filer dan campuran aspal diperoleh dari kontrak antara Dinas Bina Marga Kabupaten Aceh Utara dengan PT. ReKayasa.

3.2.3 Analisa dan Pengolahan Data

Analisis data dalam penelitian ini dimulai dengan persiapan peralatan yang akan dipergunakan dalam penelitian ini. Semua peralatan yang digunakan adalah milik Laboratorim Jurusan Teknik Sipil Universitas Malikussaleh.

Untuk pengadaan material diperoleh dari hasil *core drill* di lapangan. Pada pemeriksaan benda uji dilakukan pengujian terhadap kualitas agregat dan aspal, sehingga dapat diketahui material yang digunakan tersebut memenuhi syarat sesuai dengan bahan pembuatan beton aspal, yang berdasarkan kontrak kerja antara Dinas Bina Marga Kabupaten Aceh Utara dengan PT. ReKayasa.

3.3 Lokasi Penelitian

Sebelum membuat pengujian, maka terlebih dahulu dipersiapkan bahan-bahan yang akan digunakan dalam proses penelitian. Untuk bahan lapisan perkerasan jalan diambil dari titik-titik yang mengalami kerusakan lapisan pada ruas dan simpang jalan

yang menggunakan AC-BC yaitu pada ruas jalan Krueng Geukueh – Beureughang, Kecamatan Dewantara, Kabupaten Aceh Utara dengan jumlah benda uji 8 buah sampel pada 8 titik yang berbeda. Dan pengujian dilaksanakan di Laboratorium Teknik Sipil, Universitas Malikussaleh.

Tabel 3.1 Lokasi dan Jumlah Benda Uji Penelitian

No	Lokasi	Jenis Lapisan Permukaan	Jumlah Benda Uji	Keterangan Kerusakan Secara Visual
1	Ruas Jalan Krueng Geukueh – Beureughang	AC - BC	12 buah sampel pada 6 titik	Lapis permukaan terjadi retak – retak / pecah - pecah

Sumber : Hasil Penelitian Lapangan (2019)

3.4 Bahan Penelitian

Penelitian Penurunan Kinerja Jalan (Studi Kasus Lapisan AC-BC 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
4. Premium
Sebagai bahan pelepasan burir-butur agregat dan aspal

3.5 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. Pengujian *Core Drill*
 - Alat *core drill*
 - Penjepit
 - Air
2. Pengujian Marshall Test
 - Cetakan benda uji berbentuk silinder, diameter 10 cm, tinggi 7,5 cm lengkap dengan plat alas dan leher sambung
 - Penumbuk elektrik berbentuk silinder dengan berat 4,536 kg (10 pound) dan tinggi jatuh bebas 45,7 cm (18")
 - Kepala penekan yang berbentuk lengkung (*Breaking Head*)
 - Cincin penguji yang berkapasitas 2500 kg (pound) dengan ketelitian 12,5 kg (25 pound) dilengkapi arloji tekan dengan angka ketelitian 0,0025 cm
 - Arloji penunjuk kelelahan dengan pengatur suhu untuk memanasi sampai (200 – 300) °C
3. Pengujian Ekstraksi
 - Alat ekstraksi dilengkapi dengan bould dan tutupnya.
 - Kertas filter diameter 25 cm dengan lubang ditengah.
 - Timbangan kapasitas 2610 gram dengan ketelitian 0.1 gram.
 - Pan aluminium diameter 25 cm.
 - Oven dilengkapi pengatur suhu $105^{\circ} \pm 110^{\circ} C$.
 - Bahan pelarut (bensin atau *trichloroethylene*)
 - Sekop kecil, kuas cat, kain pembersih.
4. Perlengkapan peralatan lain untuk benda uji terdiri dari :
 - Bak perendam (*water batch*) dilengkapi dengan pengatur suhu
 - Termometer

- Spatula dan timbangan dengan ketelitian 0,10 gram

3.6 Prosedur Pelaksanaan Pengujian

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. Pengujian *Core Drill*
 - a. Alat diletakkan pada lapisan perkerasan aspal yang akan di uji dengan posisi dasar;
 - b. Sediakan air dengan alat yang memiliki sistem pompa;
 - c. Air dimasukkan ke alat *core drill* dengan selang kecil pada tempat yang telah disediakan pada alat tersebut, sehingga alat tidak mengalami kerusakan terutama pada mata bor tang berbentuk silinder;
 - d. Alat dihidupkan dengan menggunakan tali yang dililitkan pada starter alat dan ditarik;
 - e. Setelah alat hidup, mata bor diturunkan secara perlahan pada kedalaman yang ditentukan;
 - f. Kemudian alat dimatikan dan mata bor dinaikkan;
 - g. Hasil dari pengeboran tersebut diambil dengan menggunakan penjepit, kemudian diukur tebal dan dimensinya dan diamati sampel tersebut apakah perkerasan tersebut layak pakai atau tidak.
2. Pengujian Ekstraksi
 - a. Timbang benda-benda uji tersebut dengan teliti;
 - b. Keringkan dulu benda uji dengan memasukkan dalam oven $110^{\circ} \pm 105^{\circ}$ selama 1 sampai 1,5 jam;
 - c. Ambil benda uji sebesar yang ditentukan kemudian masukkan dalam bould dan ditimbang;
 - d. Bould dan benda uji dimasukkan ke dalam alat ekstraksi, kemudian tuangkan bahan pelarutnya 1 liter, tutup dengan kertas filter yang sudah ditimbang;

- e. Diamkan selama 10 menit, kemudian putar alat selama 1 menit;
- f. Tuangkan lagi bahan pelarut (bensin) sampai penuh 1 liter dan diamkan pengendapan selama 5 menit;
- g. Putar alat selama 1 menit;
- h. Ulangi pekerjaan tersebut diatas sampai ± 5 kali, sehingga bahan pelarut yang keluar jernih;
- i. Keluarkan benda uji, bould dan kertas filter, kemudian angin-anginkan sebentar kemudian masukkan dalam oven, hingga berat tetap kemudian di timbang;
- j. Begitu juga hasil pelarutan yang pertama yang mengandung endapan ditiriskan/diangin-anginkan setelah kering udara ditimbang.

3.7 Tahap Pengujian Sampel

Tahapan pengujian sampel dilakukan berdasarkan pelaksanaan di lapangan dan laboratorium, dengan langkah-langkah sebagai berikut:

1. Core Drill

Metode *core drill* adalah suatu metode pengambilan sampel pada suatu struktur perkerasan jalan. Sampel yang diambil berbentuk selinder yang selanjutnya dibawa ke laboratorium untuk di lakukan pengujian. Pengambilan sampel diambil dengan alat bor yang mata bornya berupa pipa dari intan, sehingga diperoleh sampel berbentuk selinder. Pengambilan sampel ini dimaksudkan untuk mengetahui tebal perkerasan dan karakteristik campuran perkerasan.

2. Marshall Test

Prinsip dasar Marshall Test adalah pemeriksaan stabilitas dan kelelahan (*flow*), serta analisa kepadatan dan pori dari campuran padat (aspal) yang terbentuk. Secara garis besar pengujian, Marshall Test meliputi persiapan benda uji, penentuan berat jenis bulk dari benda uji, pemeriksaan nilai stabilitas dan flow dan perhitungan sifat volumestic benda uji.

3. Ekstrasi

Ekstrasi adalah suatu proses penguraian kembali dari suatu campuran menjadi bahan-bahan pembentuknya melalui proses kimiawi, yaitu kondensasi. Perlunya pengujian ini adalah untuk membandingkan beton aspal yang telah dibuat di lapangan apakah telah sesuai dengan hasil yang dilakukan di Laboratorium uji bahan. Pada pengujian ini, peneliti menggunakan metode Sentrifugal, yaitu menggunakan bahan Bensin sebagai cairan pengurai.

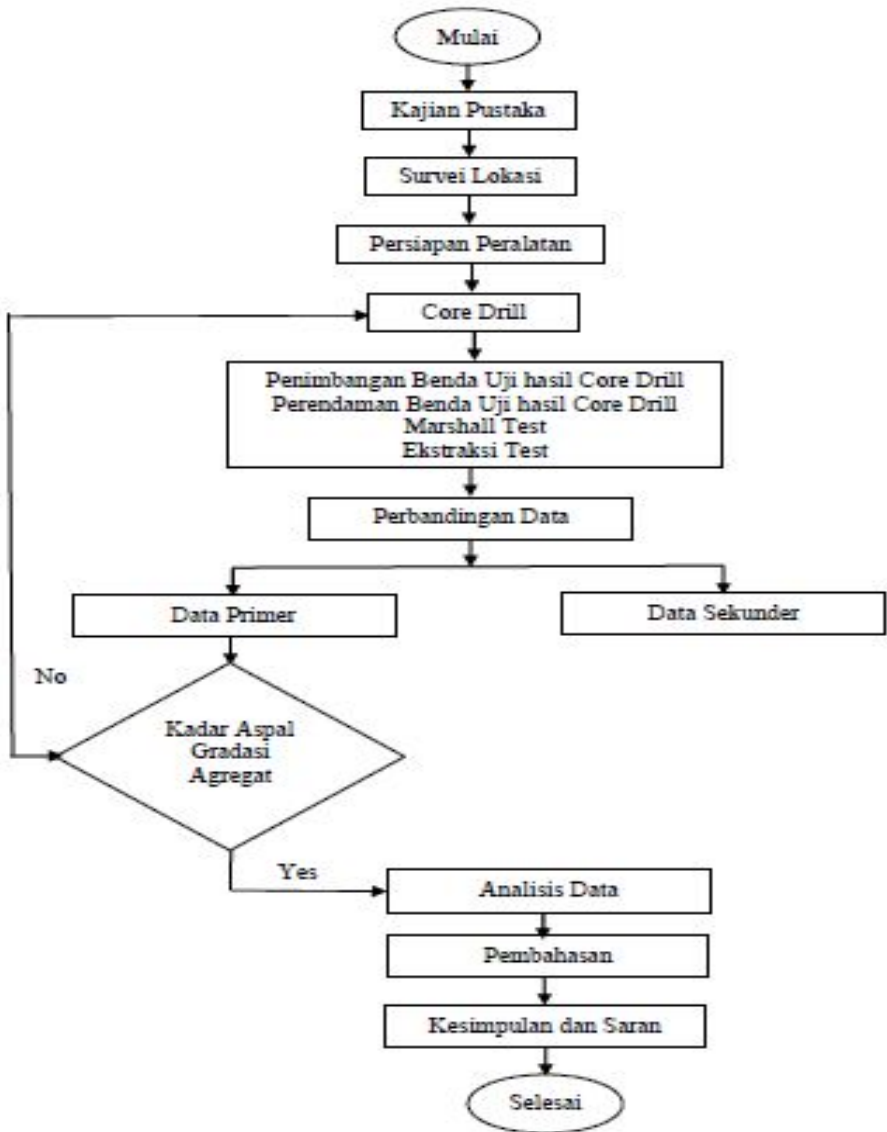
3.8 Metode Analisis

Data-data yang diperoleh dari hasil *core drill* benda uji di lapangan berupa, berat benda uji sebelum direndam air, berat benda uji dalam air, berat benda uji dalam keadaan jenuh air, tebal benda uji, stabilitas dan flow.

Agar didapatkan nilai-nilai berupa kepadatan, VITM, VFWA, berat jenis aspal, berat jenis agregat, diperoleh dengan melakukan analisis dari berat benda uji.

3.9 Bagan Alir Penelitian

Penelitian “Tinjauan Penurunan Kinerja Jalan (Studi Kasus Lapisan AC-BC pada Ruas Jalan Krueng Geukueh - Beureughang)” dimulai dengan melakukan kajian pustaka mengenai campuran beton aspal dan penurunan kinerja jalan. Setelah itu dilakukan penyiapan peralatan dan material, untuk melakukan *core drill* di lapangan dan pengujian material yang memenuhi spesifikasi serta dilanjutkan dengan tahapan-tahapan seperti pada bagan alir berikut ini.



Gambar 3.1 Bagan Alir Penelitian

∞

BAB IV

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.

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 (<i>ring & ball</i>)	45	58	48,5	°C
3	Titik nyala (<i>cle. Open cup</i>)	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	-

2. Pengujian agregat

Agregat yang merupakan bahan utama dari beton aspal campuran panas(AC-BC) yang berasal dari Krueng Meuh kabupaten Bireuen. Agregat kasar, agregat halus, dan *filler* yang dipakai harus memenuhi spesifikasi Depkimpraswil (2002). Hasil dari pemeriksaan agregat ditabulasikan pada tabel 4.2 berikut.

Tabel 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	1,185	%
4	Berat jenis curah (<i>bulk</i>)	2,5	-	2,554	-
5	Berat jenis semu	2,5	-	2,634	-
Agregat Halus					
1	Penyerapan air	-	3	1,420	%
2	Berat jenis curah (<i>bulk</i>)	2,5	-	2,545	-
3	Berat jenis semu	2,5	-	2,640	-
4	<i>Sand equivalent</i>	40	-	79,66	%
Filler					
1	Berat jenis	2,5	-	2,697	-

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 Optimum (KAO) diperoleh dengan terlebih dahulu menentukan kadar aspal tengah. Kadar aspal tengah diperoleh berdasarkan perbandingan agregat kasar, agregat halus, filler dan ditambahkan konstanta. Nilai aspal tengah menjadi acuan untuk menghitung KAO dengan pengurangan kadar aspal kelipatan 0,5% dari aspal tengah dan penambahan kadar aspal kelipatan 0,5% dari aspal tengah.

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, KAO) yang diperoleh dari pengujian KAO di laboratorium Jurusan Teknik Sipil Universitas Malikussaleh.

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 (%)	<i>Density</i> (gr/cm ³)	VMA (%)	VITM (%)	VFWA (%)	Stabilitas (kg)	<i>Flow</i> (mm)	<i>MQ</i> (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

2. Kadar Aspal Optimum (KAO)

Kadar aspal optimum diperoleh dengan melakukan pengujian laboratorium. Langkah 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. Sebelum melakukan Marshall Test benda uji direndam terlebih dahulu dalam waterbath dengan temperatur 60°C. 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			█			
			5,5%					

Gambar 4.1 Kadar Aspal Optimum

Berdasarkan nilai parameter Marshall diperoleh nilai KAO 5,5% 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 5,5%

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)
5,5	1,030	5,583	7,60

4.3 Pengujian Job Mix Formula

4.3.1 Gradasi Job Miox Formula

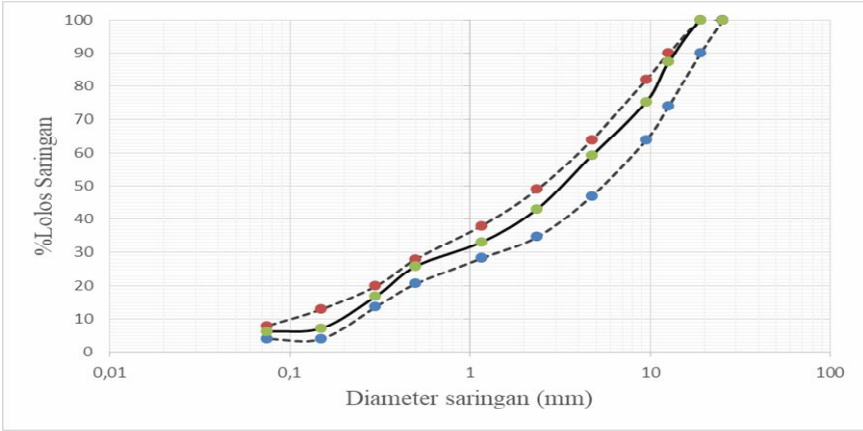
Perancangan benda uji beton aspal campuran panas harus menghasilkan campuran yang baik, untuk itu dipakai gradasi menerus dan rapat seperti disyaratkan dalam spesifikasi Depkimpraswil (2010) agar diperoleh gradasi yang terpilih dan solid.

Gradasi agregat sangat mempengaruhi besarnya rongga-rongga dalam agregat dan campuran aspal. Selain itu gradasi agregat sangat menentukan kemudahan pekerjaan dan kelancaran pekerjaan di lapangan, sehingga diperoleh kepadatan optimum nantinya.

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 4.5 dan gambar 4.2 berikut.

Tabel 4.5 Gradasi Agregat Beton Aspal Campuran Panas

Saringan		Spesifikasi	% Lolos					
Metrik (mm)	ASTM	% lolos	Target Gradasi	Berat DMF	Terhadap Total	Gradasi Realisasi	Berat JMF	Terhadap Total
		Titik Kontrol						
1"	25	100	100,00	0,14	64,59	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	5,30	5,72	5,72	5,72



Gambar 4.2 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*. Hasil dari parameter Marshall dan volumetrik dari setiap benda uji yang sudah diuji, kemudian dirata-ratakan ditabulasikan pada tabel 4.6 berikut, sedangkan hasil yang lebih rinci pada daftar lampiran.

Tabel 4.6 Hasil Parameter Marshall dan Sifat Volumetrik

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

4.4 Pengujian Trial Mix

4.4.1 Gradasi Trial Mix

Perancangan *trial mix* dalam suatu perancangan beton aspal campuran panas, dapat terjadi sedikit perbedaan dengan *job mix formula* dan *design mix formula*. Hal ini disebabkan dapat disebabkan

oleh komposisi dari agregat, filler dan aspal yang digunakan. Gradasi sebagai material dominan dalam beton aspal campuran panas, sangat menentukan kualitas campuran. Untuk menjaga kualitas beton aspal campuran panas, maka harus dilakukan *trial mix*. Hasil dari *trial mix* akan diketahui berapa besar penyimpangan yang terjadi. Sehingga sangat disarankan untuk melakukan penghamparan material di lapangan yang dilanjutkan dengan *trial mix*.

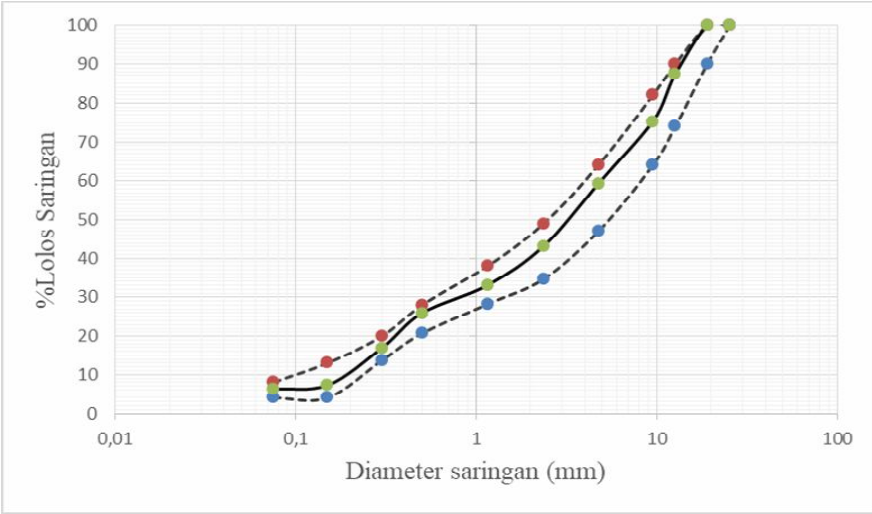
Pelaksanaan campuran aspal beton bertujuan untuk menyederhanakan variasi komposisi campuran yang dilakukan dalam percobaan nanti akan menentukan penggunaan kebutuhan air pencampuran sehingga mudah untuk dikerjakan.

Perancangan benda uji beton aspal campuran panas harus menghasilkan campuran yang baik, untuk itu dipakai gradasi menerus dan rapat seperti disyaratkan dalam spesifikasi Depkimpraswil (2010).

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 66,92% dari total agregat. Agregat halus mulai dari saringan #16, #30, #50, dan #100 persentase agregat yang lolos sebanyak 26,84% dari total agregat dan sebagai *filler* yang lolos saringan No. 200 sebanyak 6,24% dari total agregat, seperti pada tabel 4.7 dan gambar 4.3 berikut.

Tabel 4.7 Gradasi Agregat Beton Aspal Campuran Panas

Saringan		Spesifikasi	% Lolos					
Metrik (mm)	ASTM	% Lolos	Target gradasi	Berat DMF	Terhadap Total	Gradasi Realisasi	Berat JMF	Terhadap total
		Titik kontrol						
1"	25	100	100,00	0,00	62,73	100	0	66,92
¾"	19	90 - 100	100,00	14,16		100	12,60	
½"	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		43,13	10,05	
# 16	1,19	28,3 - 38	37,27	11,78	31,55	33,08	7,10	26,84
# 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	



Gambar 4.2 Gradasi Agregat Beton Aspal Campuran Panas

4.4.2 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*. Hasil dari parameter Marshall dan volumetrik dari 2 buah benda uji yang dirata-ratakan ditabulasikan pada tabel 4.8 berikut, sedangkan hasil yang lebih rinci pada lampiran.

Tabel 4.8 Hasil Parameter Marshall dan Sifat Volumetrik

Kadar Aspal (%)	<i>Density</i> (gr/cm ³)	VMA (%)	VITM (%)	VFWA (%)	Stabilitas (kg)	<i>Flow</i> (mm)	<i>MQ</i> (kg/mm)
5,5	2,317	14,03	3,64	74,05	1451	5,25	270

4.5 Pengujian Material Campuran Beton Aspal Tahun 2014

Setelah ruas jalan ini diresmikan penggunaannya pada Desember 2013 sampai dengan tahun 2014 terjadi penurunan kinerja jalan akibat dari faktor lingkungan dan lintasan ekivalen

kendaraan dari beban repetisi lalu lintas, dari kendaraan yang berjalan.

Penurunan kinerja jalan yang berdampak kerusakan struktural dapat dilihat langsung secara visual jika rusak dengan kategori yang ringan, sedang dan berat, sedangkan jika kerusakan ringan ada kalanya tidak dapat dilihat secara visual. Kerusakannya dapat dilihat dengan pengujian material campuran beton aspal.

Penurunan kinerja jalan akibat dari kerusakan strukturnya dapat dilihat dengan melakukan pemeriksaan material di lapangan dengan cara *core drill*. Material yang diperoleh dari hasil *core drill* dibawa ke laboratorium untuk di ekstraksi.

4.5.1 Parameter Marshall dan Sifat Volumetrik

Dari benda uji hasil *core drill* di lapangan sebanyak 6 sampel pada 3 titik sepanjang ruas jalan, yang disebelahnya sudah terlihat secara visual ada kerusakan dibawa ke laboratorium.

Berdasarkan hasil penimbangan benda uji dan pengujian parameter Marshall dilakukan analisis untuk mengetahui nilai-nilai kadar aspal, *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 2 buah benda uji yang dirata-ratakan ditabulasikan pada tabel 4.9 berikut, sedangkan hasil yang lebih rinci pada lampiran.

Tabel 4.9 Hasil Parameter Marshall dan Sifat Volumetrik

No. Benda Uji (Titik Pengamatan)	Kadar Aspal (%)	Density (gr/cm ³)	VMA (%)	VITM (%)	VFWA (%)	Stabilitas (kg)	Flow (mm)	MQ (kg/mm)
1	4,56	2,295	12,77	5,99	53,08	1286	5,50	234
2	5,34	2,141	19,29	11,31	41,36	935	5,10	183
3	4,52	2,493	7,28	0,17	97,62	1659	4,45	373

4.5.2 Gradasi Agregat

Perancangan *trial mix* dalam suatu perancangan beton aspal campuran panas, dapat terjadi sedikit perbedaan dengan *job mix*

formula dan *design mix formula*. Hal ini dapat disebabkan oleh komposisi dari agregat, filler dan aspal yang digunakan. Gradasi sebagai material dominan dalam beton aspal campuran panas, sangat menentukan kualitas campuran. Untuk menjaga kualitas beton aspal campuran panas, maka harus dilakukan *trial mix*. Hasil dari *trial mix* akan diketahui berapa besar penyimpangan yang terjadi. Sehingga sangat disarankan untuk melakukan penghamparan material di lapangan yang dilanjutkan dengan *trial mix*.

Pelaksanaan campuran aspal beton bertujuan untuk menyederhanakan variasi komposisi campuran yang dilakukan dalam percobaan nanti akan menentukan penggunaan kebutuhan air pencampuran sehingga mudah untuk dikerjakan.

Perancangan benda uji beton aspal campuran panas harus menghasilkan campuran yang baik, untuk itu dipakai gradasi menerus dan rapat seperti disyaratkan dalam spesifikasi Depkimpraswil (2010).

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 66,92% dari total agregat. Agregat halus mulai dari saringan #16, #30, #50, dan #100 persentase agregat yang lolos sebanyak 26,84% dari total agregat dan sebagai *filler* yang lolos saringan No. 200 sebanyak 6,24% dari total agregat, seperti pada tabel berikut.

Tabel 4.10 Gradasi Agregat pada Titik Pengamatan 1

Saringan		Spesifikasi	% Lolos					
Metrik (mm)	ASTM	% Lolos	Target gradasi	Berat DMF	Terhadap Total	Gradasi Lapangan	Berat Realisasi	Terhadap total
		Titik kontrol						
1"	25	100	100,00	0,00	62,73	100,0	0,00	57,35
¾"	19	90 - 100	100,00	14,16		100,0	9,58	
½"	12,5	74 - 90	85,84	9,30		90,42	12,10	
3/8"	9,5	64 - 82	76,53	16,40		78,31	14,34	
# 4	4,75	47 - 64	60,13	12,11		63,98	12,61	
# 8	2,36	34,6 - 49	48,02	10,75		51,37	8,72	
# 16	1,19	28,3 - 38	37,27	11,78	31,55	42,65	7,78	37,89
# 30	0,60	20,7 - 28	25,49	8,37		34,87	9,08	
# 50	0,30	13,7 - 20	17,11	10,38		25,79	13,54	
# 100	0,149	4 - 13	6,73	1,01		12,25	7,49	
# 200	0,075	4 - 8	5,72	5,72	5,72	4,76	4,76	4,76

Dari tabel 4.10 diatas terlihat bahwa pada saringan 1/2", #8, #16, #30 dan #50 material agregat sudah tidak sesuai dengan spesifikasi teknik yang disyaratkan. Material sudah mulai hancur, sehingga banyak lolos pada saringan yang disyaratkan atau dengan kata lainnya lebih banyak agregat sudah menjadi halus.

Tabel 4.11 Gradasi Agregat pada Titik Pengamatan 2

Saringan		Spesifikasi	% Lolos					
Metrik (mm)	ASTM	% Lolos	Target gradasi	Berat DMF	Terhadap Total	Gradasi Lapangan	Berat Realisasi	Terhadap total
		Titik kontrol						
1"	25	100	100,00	0,00	62,73	100,0	1,23	66,40
¾"	19	90 - 100	100,00	14,16		87,00	15,10	
½"	12,5	74 - 90	85,84	9,30		84,90	8,78	
3/8"	9,5	64 - 82	76,53	16,40		76,12	14,16	
# 4	4,75	47 - 64	60,13	12,11		61,96	15,86	
# 8	2,36	34,6 - 49	48,02	10,75	46,11	11,28	25,87	
# 16	1,19	28,3 - 38	37,27	11,78	34,83	10,10		
# 30	0,60	20,7 - 28	25,49	8,37	24,73	8,31		
# 50	0,30	13,7 - 20	17,11	10,38	16,42	0,76		
# 100	0,149	4 - 13	6,73	1,01	15,67	6,70		
# 200	0,075	4 - 8	5,72	5,72	5,72	8,97	7,74	7,74

Dari tabel 4.11 diatas terlihat bahwa pada saringan 3/4", #100 dan #200 material agregat sudah tidak sesuai dengan spesifikasi teknik yang disyaratkan. Material agregat #3/4 banyak sudah hancur, sehingga banyak meninggalkan rongga rongga yang ada dalam campuran. Sehingga kadar aspal masih cukup tersedia.

Tabel 4.12 Gradasi Agregat pada Titik Pengamatan 3

Saringan		Spesifikasi	% Lolos					
Metrik (mm)	ASTM	% Lolos	Target gradasi	Berat DMF	Terhadap Total	Gradasi Lapangan	Berat Realisasi	Terhadap total
		Titik kontrol						
1"	25	100	100,00	0,00	62,73	100,0	3,33	59,62
¾"	19	90 - 100	100,00	14,16		82,50	7,14	
½"	12,5	74 - 90	85,84	9,30		92,86	8,38	
3/8"	9,5	64 - 82	76,53	16,40		84,48	18,00	
# 4	4,75	47 - 64	60,13	12,11		66,48	13,71	
# 8	2,36	34,6 - 49	48,02	10,75	52,76	9,05	35,14	
# 16	1,19	28,3 - 38	37,27	11,78	43,71	9,05		
# 30	0,60	20,7 - 28	25,49	8,37	34,67	9,71		
# 50	0,30	13,7 - 20	17,11	10,38	24,95	12,19		
# 100	0,149	4 - 13	6,73	1,01	12,76	4,19		
# 200	0,075	4 - 8	5,72	5,72	5,72	8,57	5,24	5,24

Dari tabel 4.12 diatas terlihat bahwa pada saringan 3/4", 1/2", #8, #4, #8, #16, #30, #50, dan #200 material agregat sudah tidak sesuai dengan spesifikasi teknik yang disyaratkan. Material agregat lolos saringan 3/4" banyak sekali yang hancur, sehingga material yang lolos saringan dibawahnya melebihi syarat yang ditentukan. Akibatnya kadar aspal banyak yang hilang, disebabkan rongga-rongga sudah terisi agregat halus.

4.5.3 Pelaksanaan Lapangan

Pelaksanaan lapangan dimulai dari survei lokasi jalan sampai dengan melakukan *core drill* benda uji dilapangan. Survei dilapangan dimulai dengan menentukan ruas jalan, koordinasi untuk melakukan penelitian kepada aparat desa setempat, aparat kecamatan dan terakhir koordinasi ke Dinas Bina Marga Kabupaten Aceh Utara untuk meminta izin melakukian *core drill* pada ruas jalan tersebut. Setelah dilakukan *core drill* tentu tidak lupa untuk melakukan penutupan pada lubang yang ditinggalkan dari hasil *core drill* dengan campuran beton.

Selama survei pengamatan langsung kondisi permukaan jalan terlihat sudah ada beberapa titik ruas jalan yang terjadi penurunan kinerja struktur (konstruksi rusak). Berbagai-macam jenis kerusakan struktur jalan yang terlihat secara visual. Diantaranya, retak memanjang, retak kulit buaya, retak tepi, lubang, alur, *flushing* dan lain sebagainya.

Untuk kondisi jalan yang rusak tersebut dilakukan pengambilan benda uji dengan cara *core drill* untuk mengetahui kondisi campuran aspal beton tersebut. Core drill dilakukan tepat pada titik dari sisi samping perkerasan jalan yang terlihat rusak. Selain core drill pada titik jalan yang rusak juga dilakukan *core drill* pada struktur perkerasan jalan yang masih bagus untuk mengetahui kondisi terakhir campuran aspal betonnya.

Setelah dilakukan *core drill*, benda uji tersebut dibawa ke laboratorium untuk diteliti lebih jauh. Penelitian di laboratorium meliputi uji volumetrik campuran aspal beton, uji kadar aspal yang tersisa dalam campuran dan uji susunan gradasi agregat yang tersisa. Berikut ini diperlihatkan beberapa gambar dalam survei lapangan, *core drill* dan pengujian di laboratorium. Dari gambar berikut terlihat pengujian di laboratorium dilakukan secara sistematis.



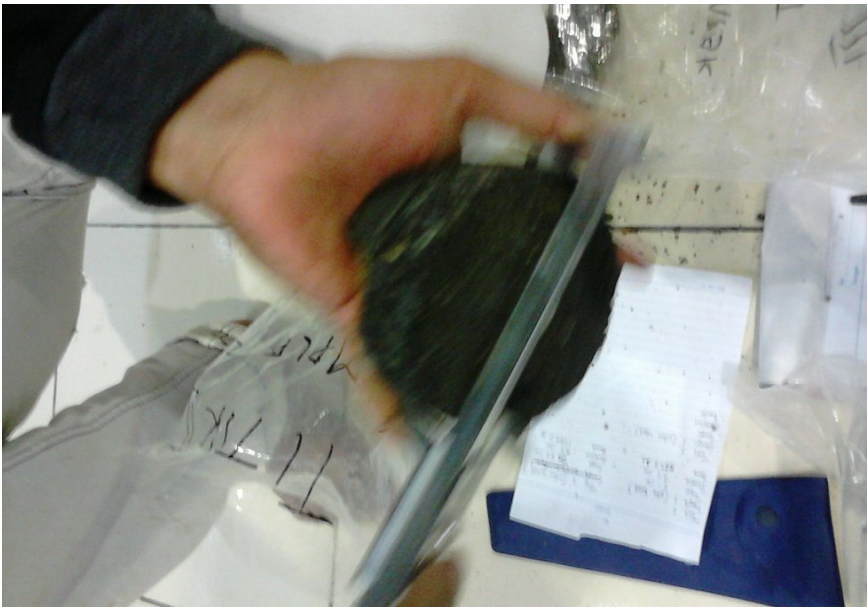
Gambar 4.4 Survei Kondisi Kerusakan Struktur Jalan



Gambar 4.5 Pelaksanaan *Core Drill* pada Kerusakan Struktur Jalan



Gambar 4.6 Pelaksanaan *Core Drill* pada Struktur Jalan Baik



Gambar 4.7 Pengukuran Benda Uji dan Volumetrik



Gambar 4.8 Pengujian Stabilitas



Gambar 4.9 Ekstraksi Aspal



Gambar 4.10 Penyaringan Agregat

4.6 Pengujian Material Campuran Beton Aspal Tahun 2016

Setelah ruas jalan ini diresmikan penggunaannya pada Desember 2013 sampai dengan tahun 2016 terjadi penurunan kinerja jalan akibat dari faktor lingkungan dan lintasan ekivalen kendaraan dari beban repetisi lalu lintas, dari kendaraan yang berjalan.

Penurunan kinerja jalan yang berdampak kerusakan struktural dapat dilihat langsung secara visual jika rusak dengan kategori yang ringan, sedang dan berat, sedangkan jika kerusakan ringan ada kalanya tidak dapat dilihat secara visual. Kerusakannya dapat dilihat dengan pengujian material campuran beton aspal.

Penurunan kinerja jalan akibat dari kerusakan strukturnya dapat dilihat dengan melakukan pemeriksaan material di lapangan dengan cara *core drill*. Material yang diperoleh dari hasil *core drill* dibawa ke laboratorium untuk di ekstraksi.

4.6.1 Parameter Marshall dan Sifat Volumetrik

Benda uji hasil *core drill* di lapangan sebanyak 8 sampel pada 4 titik sepanjang ruas jalan tersebut. *Core drill* dilakukan pada sisi

disebelah dari jalan yang struktur konstruksinya secara visual terlihat sudah rusak. Hasil *core drill* ini dibawa ke laboratorium untuk dilakukan pengujian Marshall dan sifat volumetrik dari hasil menimbang berat benda uji.

Berdasarkan hasil penimbangan benda uji dan pengujian parameter Marshall dilakukan analisis untuk mengetahui nilai-nilai kadar aspal, *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 2 buah benda uji yang dirata-ratakan ditabulasikan pada tabel berikut, sedangkan hasil yang lebih rinci pada lampiran.

Tabel 4.13 Hasil Parameter Marshall dan Sifat Volumetrik

No. Benda Uji (Titik Pengamatan)	Kadar Aspal (%)	<i>Density</i> (gr/cm ³)	VMA (%)	VITM (%)	VFWA (%)	Stabilitas (kg)	Flow (mm)	MQ (kg/mm)
1	3,32	2,318	10,78	6,78	37,14	1.192	1,15	1.037
2	3,47	2,232	14,21	10,03	29,45	1.367	0,63	2.170
3	4,29	2,299	12,38	6,20	49,89	1.402	0,87	1.612
4	3,07	2,334	9,93	6,47	34,79	1.402	1,03	1.352

4.6.2 Gradasi Agregat

Perancangan *trial mix* dalam suatu perancangan beton aspal campuran panas, dapat terjadi perbedaan dengan *job mix formula* dan *design mix formula*. Hal ini disebabkan oleh komposisi dari agregat, filler dan aspal yang digunakan. Gradasi sebagai material dominan dalam beton aspal campuran panas, sangat menentukan kualitas campuran. Untuk menjaga kualitas beton aspal campuran panas, maka harus dilakukan *trial mix*. Hasil dari *trial mix* akan diketahui berapa besar penyimpangan yang terjadi. Sehingga sangat disarankan untuk melakukan penghamparan material di lapangan yang dilanjutkan dengan *trial mix*.

Pelaksanaan campuran aspal beton bertujuan untuk menyederhanakan variasi komposisi campuran yang dilakukan dalam percobaan nanti akan menentukan penggunaan kebutuhan air pencampuran sehingga mudah untuk dikerjakan.

Perancangan benda uji beton asphalt campuran panas harus menghasilkan campuran yang baik, untuk itu dipakai gradasi menerus dan rapat seperti disyaratkan dalam spesifikasi Depkimpraswil (2010).

Tabel 4.14 Gradasi Agregat pada Titik Pengamatan 1

Saringan		Spesifikasi	% Lolos					
Metrik (mm)	ASTM	% Lolos	Target gradasi	Berat DMF	Terhadap Total	Gradasi Lapangan	Berat Realisasi	Terhadap total
		Titik kontrol						
1"	25	100	100,00	0,00	62,73	100,0	0,00	67,89
¾"	19	90 - 100	100,00	14,16		100,0	11,09	
½"	12,5	74 - 90	85,84	9,30		88,91	11,67	
3/8"	9,5	64 - 82	76,53	16,40		77,23	20,07	
# 4	4,75	47 - 64	60,13	12,11		57,16	18,86	
# 8	2,36	34,6 - 49	48,02	10,75	31,55	38,30	6,20	29,01
# 16	1,19	28,3 - 38	37,27	11,78		32,11	11,63	
# 30	0,60	20,7 - 28	25,49	8,37		20,48	3,28	
# 50	0,30	13,7 - 20	17,11	10,38		17,20	9,70	
# 100	0,149	4 - 13	6,73	1,01	5,72	7,50	4,40	3,10
# 200	0,075	4 - 8	5,72	5,72		3,50	3,10	

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 66,92% dari total agregat. Agregat halus mulai dari saringan #16, #30, #50, dan #100 persentase agregat yang lolos sebanyak 26,84% dari total agregat dan sebagai *filler* yang lolos saringan No. 200 sebanyak 6,24% dari total agregat, seperti pada tabel berikut.

Tabel 4.15 Gradasi Agregat pada Titik Pengamatan 2

Saringan		Spesifikasi	% Lolos					
Metrik (mm)	ASTM	% Lolos	Target gradasi	Berat DMF	Terhadap Total	Gradasi Lapangan	Berat Realisasi	Terhadap total
		Titik kontrol						
1"	25	100	100,00	0,00	62,73	100,0	3,05	67,77
¾"	19	90 - 100	100,00	14,16		66,00	10,35	
½"	12,5	74 - 90	85,84	9,30		89,65	8,25	
3/8"	9,5	64 - 82	76,53	16,40		81,40	12,46	

# 4	4,75	47 – 64	60,13	12,11		68,94	17,21	
# 8	2,36	34,6 – 49	48,02	10,75		51,73	16,45	
# 16	1,19	28,3 – 38	37,27	11,78	31,55	35,28	12,46	28,78
# 30	0,60	20,7 – 28	25,49	8,37		22,81	2,91	
# 50	0,30	13,7 – 20	17,11	10,38		19,90	8,83	
# 100	0,149	4 – 13	6,73	1,01		11,07	4,57	
# 200	0,075	4 – 8	5,72	5,72	5,72	6,50	3,45	3,45

Dari tabel 4.15 diatas terlihat bahwa pada saringan 3/4", #4, dan #8 material agregat sudah tidak sesuai dengan spesifikasi teknik yang disyaratkan. Material agregat lolos saringan 3/4" sudah banyak yang hancur. Sehingga banyak menimbulkan rongga dalam campuran aspal beton.

Tabel 4.16 Gradasi Agregat pada Titik Pengamatan 3

Saringan		Spesifikasi	% Lolos					
Metrik (mm)	ASTM	% Lolos	Target gradasi	Berat DMF	Terhadap Total	Gradasi Lapangan	Berat Realisasi	Terhadap total
		Titik kontrol						
1"	25	100	100,00	0,00	62,73	100,0	0,00	63,99
¾"	19	90 – 100	100,00	14,16		100,0	10,14	
½"	12,5	74 – 90	85,84	9,30		89,86	10,30	
3/8"	9,5	64 – 82	76,53	16,40		79,56	12,97	
# 4	4,75	47 – 64	60,13	12,11		66,60	22,09	
# 8	2,36	34,6 – 49	48,02	10,75		44,50	8,48	
# 16	1,19	28,3 – 38	37,27	11,78	31,55	36,02	14,51	34,84
# 30	0,60	20,7 – 28	25,49	8,37		21,50	3,52	
# 50	0,30	13,7 – 20	17,11	10,38		17,98	13,18	
# 100	0,149	4 – 13	6,73	1,01		4,80	3,63	
# 200	0,075	4 – 8	5,72	5,72	5,72	1,17	1,17	1,17

Dari tabel 4.16 diatas terlihat bahwa pada saringan #4 dan #200 material agregat sudah tidak sesuai dengan spesifikasi teknik yang disyaratkan. Material agregat kasar sudah hancur, sehingga banyak agregat lolos pada saringan #4 yang mengakibatkan banyak jadi halus.

Tabel 4.17 Gradasi Agregat pada Titik Pengamatan 4

Saringan		Spesifikasi	% Lolos					
Metrik (mm)	ASTM	% Lolos	Target gradasi	Berat DMF	Terhadap Total	Gradasi Lapangan	Berat Realisasi	Terhadap total
		Titik kontrol						
1"	25	100	100,00	0,00	62,73	100,0	0,65	63,44
¾"	19	90 - 100	100,00	14,16		94,00	8,53	
½"	12,5	74 - 90	85,84	9,30		91,47	11,07	
3/8"	9,5	64 - 82	76,53	16,40		80,40	15,12	
# 4	4,75	47 - 64	60,13	12,11		65,28	20,57	
# 8	2,36	34,6 - 49	48,02	10,75		44,71	7,51	
# 16	1,19	28,3 - 38	37,27	11,78	31,55	37,20	14,52	35,48
# 30	0,60	20,7 - 28	25,49	8,37		22,68	4,75	
# 50	0,30	13,7 - 20	17,11	10,38		17,93	12,58	
# 100	0,149	4 - 13	6,73	1,01		5,35	3,62	
# 200	0,075	4 - 8	5,72	5,72	5,72	1,73	1,08	1,08

Dari tabel 4.17 diatas terlihat bahwa pada saringan 1/2", #4, dan #200 material agregat sudah tidak sesuai dengan spesifikasi teknik yang disyaratkan. Material kasar 1/2" dan #4 sudah hancur, sehingga banyak menjadi agregat halus. Agregat halus yang lolos #200 banyak yang sudah hancur dan menjadi filler, sehingga komposisi campuran sudah tidak maksimal lagi.

4.6.3 Pelaksanaan Lapangan

Pelaksanaan lapangan dimulai dari survei lokasi jalan sampai dengan melakukan *core drill* benda uji dilapangan. Survei dilapangan dimulai dengan menentukan ruas jalan, koordinasi untuk melakukan penelitian kepada aparat desa setempat, aparat kecamatan dan terakhir koordinasi ke Dinas Bina Marga Kabupaten Aceh Utara untuk meminta izin melakukian *core drill* pada ruas jalan tersebut. Setelah dilakukan *core drill* tentu tidak lupa untuk melakukan penutupan pada lubang yang ditinggalkan dari hasil *core drill* dengan campuran beton.

Selama survei pengamatan langsung kondisi permukaan jalan terlihat sudah ada beberapa titik ruas jalan yang terjadi penurunan kinerja struktur (konstruksi rusak). Berbagai macam jenis kerusakan struktur jalan yang terlihat secara visual. Diantaranya, retak memanjang, retak kulit buaya, retak tepi, lubang, alur, *flushing* dan lain sebagainya.

Untuk kondisi jalan yang rusak tersebut dilakukan pengambilan benda uji dengan cara *core drill* untuk mengetahui kondisi campuran aspal beton tersebut. Core drill dilakukan tepat pada titik dari sisi samping perkerasan jalan yang terlihat rusak. Selain core drill pada titik jalan yang rusak juga dilakukan *core drill* pada struktur perkerasan jalan yang masih bagus untuk mengetahui kondisi terakhir campuran aspal betonnya.

Setelah dilakukan *core drill*, benda uji tersebut dibawa ke laboratorium untuk diteliti lebih jauh. Penelitian di laboratorium meliputi uji volumetrik campuran aspal beton, uji kadar aspal yang tersisa dalam campuran dan uji susunan gradasi agregat yang tersisa. Berikut ini diperlihatkan beberapa gambar dalam survei lapangan, *core drill* dan pengujian di laboratorium. Dari gambar berikut terlihat pengujian di laboratorium dilakukan secara sistematis.



Gambar 4.11 Survei Kondisi Kerusakan Struktur Jalan



Gambar 4.12 Persiapan *core drill* benda uji



Gambar 4.13 Penimbangan Benda Uji



Gambar 4.14 Pengujian Marshall



Gambar 4.15 Persiapan Saringan Agregat



Gambar 4.16 Pelaksanaan Pengujian Ekstraksi



Gambar 4.17 Penutupan Perkerasan Struktur Jalan

4.7. Pengujian Material Campuran Beton Aspal Tahun 2019

Setelah ruas jalan ini diresmikan penggunaannya pada Desember 2013 sampai dengan tahun 2019 terjadi penurunan kinerja jalan akibat dari faktor lingkungan dan lintasan ekivalen kendaraan dari beban repetisi lalu lintas, dari kendaraan yang berjalan.

Penurunan kinerja jalan yang berdampak kerusakan struktural dapat dilihat langsung secara visual jika rusak dengan kategori yang ringan, sedang dan berat, sedangkan jika kerusakan ringan ada kalanya tidak dapat dilihat secara visual. Kerusakannya dapat dilihat dengan pengujian material campuran beton aspal.

Penurunan kinerja jalan akibat dari kerusakan strukturnya dapat dilihat dengan melakukan pemeriksaan material di lapangan dengan cara *core drill*. Material yang diperoleh dari hasil *core drill* dibawa ke laboratorium untuk di ekstraksi.

4.7.1 Parameter Marshall dan Sifat Volumetrik

Dari benda uji hasil *core drill* di lapangan sebanyak 6 sampel pada 6 titik sepanjang ruas jalan, yang diambil secara acak. Secara visual terlihat kondisi perkerasan struktur jalan masih baik.

Berdasarkan hasil penimbangan benda uji dan pengujian parameter Marshall dilakukan analisis untuk mengetahui nilai-nilai kadar aspal, *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 2 buah benda uji yang dirata-ratakan ditabulasikan pada tabel 4.18 berikut, sedangkan hasil yang lebih rinci pada lampiran.

Tabel 4.18 Hasil Parameter Marshall dan Sifat Volumetrik

No. Benda Uji (Titik Pengamatan)	Kadar Aspal (%)	Density (gr/cm ³)	VMA (%)	VITM (%)	VFWA (%)	Stabilitas (kg)	Flow (mm)	MQ (kg/mm)
1	4,93	2,343	13,361	3,625	72,869	1.496	5,40	277
2	4,92	2,311	14,541	4,938	66,043	1.652	4,36	379
3	4,86	2,312	14,510	4,903	66,208	1.742	4,21	414
4	4,99	2,331	13,793	4,106	70,230	1.741	4,33	402
5	4,89	2,280	15,670	6,194	60,474	1.311	3,47	378
6	4,94	2,280	15,670	6,194	60,474	1.311	3,47	378

4.7.2 Gradasi Agregat

Perancangan *trial mix* dalam suatu perancangan beton aspal campuran panas, dapat terjadi sedikit perbedaan dengan *job mix formula* dan *design mix formula*. Hal ini disebabkan dapat disebabkan oleh komposisi dari agregat, filler dan aspal yang digunakan. Gradasi sebagai material dominan dalam beton aspal campuran panas, sangat menentukan kualitas campuran. Untuk menjaga kualitas beton aspal campuran panas, maka harus dilakukan *trial mix*. Hasil dari *trial mix* akan diketahui berapa besar penyimpangan yang terjadi. Sehingga sangat disarankan untuk melakukan penghamparan material di lapangan yang dilanjutkan dengan *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 (2010).

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 66,92% dari total agregat. Agregat halus mulai dari saringan #16, #30, #50, dan #100 persentase agregat yang lolos sebanyak 26,84% dari total agregat dan sebagai *filler* yang lolos saringan No. 200 sebanyak 6,24% dari total agregat, seperti pada tabel 4.19 berikut.

Tabel 4.19 Gradasi Agregat pada Titik Pengamatan 1

Saringan		Spesifikasi	% Lolos					
Metrik (mm)	ASTM	% Lolos	Target gradasi	Berat DMF	Terhadap Total	Gradasi Lapangan	Berat Realisasi	Terhadap total
		Titik kontrol						
1"	25	100	100,00	0,00	62,73	100.00	0,54	66,11
¾"	19	90 - 100	100,00	14,16		94.50	10,03	
½"	12,5	74 - 90	85,84	9,30		89.42	10,48	
3/8"	9,5	64 - 82	76,53	16,40		78.95	21,20	
# 4	4,75	47 - 64	60,13	12,11		57.75	15,84	
# 8	2,36	34,6 - 49	48,02	10,75		41.91	8,02	
# 16	1,19	28,3 - 38	37,27	11,78	31,55	33.89	10,03	31,92
# 30	0,60	20,7 - 28	25,49	8,37		23.86	8,61	
# 50	0,30	13,7 - 20	17,11	10,38		15.25	10,23	
# 100	0,149	4 - 13	6,73	1,01		5.02	3,05	
# 200	0,075	4 - 8	5,72	5,72		5,72	0,00	

Dari tabel 4.19 dibawah terlihat bahwa hanya pada saringan #200 material agregat sudah tidak sesuai dengan spesifikasi teknik yang disyaratkan. Sementara untuk agregat lainnya masih memenuhi spesifikasi teknik, ini menunjukkan bahwa komposisi agregat masih baik.

Tabel 4.20 Gradasi Agregat pada Titik Pengamatan 2

Saringan		Spesifikasi	% Lolos					
Metrik (mm)	ASTM	% Lolos	Target gradasi	Berat DMF	Terhadap Total	Gradasi Lapangan	Berat Realisasi	Terhadap total
		Titik kontrol						
1"	25	100	100,00	0,00	62,73	100.00	0,00	66,87
¾"	19	90 - 100	100,00	14,16		100.00	8,76	
½"	12,5	74 - 90	85,84	9,30		91.24	11,38	
3/8"	9,5	64 - 82	76,53	16,40		79.86	20,41	
# 4	4,75	47 - 64	60,13	12,11		59.45	15,74	
# 8	2,36	34,6 - 49	48,02	10,75		43.71	10,58	
# 16	1,19	28,3 - 38	37,27	11,78	31,55	33.13	10,14	31,17
# 30	0,60	20,7 - 28	25,49	8,37		22.99	8,23	
# 50	0,30	13,7 - 20	17,11	10,38		14.76	9,47	
# 100	0,149	4 - 13	6,73	1,01		5.29	3,33	
# 200	0,075	4 - 8	5,72	5,72		5,72	1,96	

Dari tabel 4.20 diatas terlihat bahwa pada saringan 1/2" dan #100 material agregat sudah tidak sesuai dengan spesifikasi teknik yang disyaratkan. Agregat lolos saringan 1/2" hanya lebih 1%.

Tabel 4.21 Gradasi Agregat pada Titik Pengamatan 3

Saringan		Spesifikasi	% Lolos					
Metrik (mm)	ASTM	% Lolos	Target gradasi	Berat DMF	Terhadap Total	Gradasi Lapangan	Berat Realisasi	Terhadap total
		Titik kontrol						
1"	25	100	100,00	0,00	62,73	100,00	0,00	68,90
3/4"	19	90 - 100	100,00	14,16		100,00	15,87	
1/2"	12,5	74 - 90	85,84	9,30		84,13	13,82	
3/8"	9,5	64 - 82	76,53	16,40		70,31	15,94	
# 4	4,75	47 - 64	60,13	12,11		54,36	13,72	
# 8	2,36	34,6 - 49	48,02	10,75		40,65	9,55	
# 16	1,19	28,3 - 38	37,27	11,78	31,55	31,10	9,84	28,44
# 30	0,60	20,7 - 28	25,49	8,37		21,26	8,37	
# 50	0,30	13,7 - 20	17,11	10,38		12,89	8,47	
# 100	0,149	4 - 13	6,73	1,01		4,42	1,76	
# 200	0,075	4 - 8	5,72	5,72	5,72	2,66	2,66	2,66

Dari tabel 4.21 diatas terlihat bahwa pada saringan #50 dan #200 material agregat sudah tidak sesuai dengan spesifikasi teknik yang disyaratkan. Tetapi persentasenya juga kecil.

Tabel 4.22 Gradasi Agregat pada Titik Pengamatan 4

Saringan		Spesifikasi	% Lolos					
Metrik (mm)	ASTM	% Lolos	Target gradasi	Berat DMF	Terhadap Total	Gradasi Lapangan	Berat Realisasi	Terhadap total
		Titik kontrol						
1"	25	100	100,00	0,00	62,73	100,00	0,00	69,69
3/4"	19	90 - 100	100,00	14,16		100,00	15,50	
1/2"	12,5	74 - 90	85,84	9,30		84,50	15,25	
3/8"	9,5	64 - 82	76,53	16,40		69,26	15,07	
# 4	4,75	47 - 64	60,13	12,11		54,19	14,13	
# 8	2,36	34,6 - 49	48,02	10,75		40,06	9,74	
# 16	1,19	28,3 - 38	37,27	11,78	31,55	30,31	9,60	27,51
# 30	0,60	20,7 - 28	25,49	8,37		20,71	8,38	
# 50	0,30	13,7 - 20	17,11	10,38		12,33	8,27	
# 100	0,149	4 - 13	6,73	1,01		4,06	1,26	
# 200	0,075	4 - 8	5,72	5,72	5,72	2,80	2,80	2,80

Dari tabel 4.22 diatas terlihat bahwa pada saringan #50 dan #200 material agregat sudah tidak sesuai dengan spesifikasi teknik yang disyaratkan. Tetapi persentasenya juga kecil.

Tabel 4.23 Gradasi Agregat pada Titik Pengamatan 5

Saringan		Spesifikasi	% Lolos					
Metrik (mm)	ASTM	% Lolos	Target gradasi	Berat DMF	Terhadap Total	Gradasi Lapangan	Berat Realisasi	Terhadap total
		Titik kontrol						
1"	25	100	100,00	0,00	62,73	100,00	0,00	68,29
¾"	19	90 - 100	100,00	14,16		100,00	12,59	
½"	12,5	74 - 90	85,84	9,30		87,41	13,68	
3/8"	9,5	64 - 82	76,53	16,40		73,73	17,21	
# 4	4,75	47 - 64	60,13	12,11		56,52	14,66	
# 8	2,36	34,6 - 49	48,02	10,75		41,86	10,15	
# 16	1,19	28,3 - 38	37,27	11,78	31,55	31,72	9,81	28,61
# 30	0,60	20,7 - 28	25,49	8,37		21,91	8,46	
# 50	0,30	13,7 - 20	17,11	10,38		13,45	9,21	
# 100	0,149	4 - 13	6,73	1,01		4,25	1,13	
# 200	0,075	4 - 8	5,72	5,72		5,72	3,12	

Dari tabel 4.23 diatas terlihat bahwa pada saringan #50 dan #200 material agregat sudah tidak sesuai dengan spesifikasi teknik yang disyaratkan. Tetapi persentasenya juga kecil.

Tabel 4.24 Gradasi Agregat pada Titik Pengamatan 6

Saringan		Spesifikasi	% Lolos					
Metrik (mm)	ASTM	% Lolos	Target gradasi	Berat DMF	Terhadap Total	Gradasi Lapangan	Berat Realisasi	Terhadap total
		Titik kontrol						
1"	25	100	100,00	0,00	62,73	100,00	0,00	69,30
¾"	19	90 - 100	100,00	14,16		100,00	16,03	
½"	12,5	74 - 90	85,84	9,30		83,97	14,39	
3/8"	9,5	64 - 82	76,53	16,40		69,58	15,64	
# 4	4,75	47 - 64	60,13	12,11		53,95	12,82	
# 8	2,36	34,6 - 49	48,02	10,75		41,13	10,42	
# 16	1,19	28,3 - 38	37,27	11,78	31,55	30,70	9,57	28,35
# 30	0,60	20,7 - 28	25,49	8,37		21,14	7,89	
# 50	0,30	13,7 - 20	17,11	10,38		13,25	8,93	
# 100	0,149	4 - 13	6,73	1,01		4,32	1,96	
# 200	0,075	4 - 8	5,72	5,72		5,72	2,36	

Dari tabel 4.24 di atas terlihat bahwa hanya pada saringan #200 material agregat sudah tidak sesuai dengan spesifikasi teknik yang disyaratkan. Sementara untuk agregat lainnya masih memenuhi spesifikasi teknik, ini menunjukkan bahwa komposisi agregat masih baik.

4.7.3 Pelaksanaan Lapangan

Pelaksanaan lapangan dimulai dari survei lokasi jalan sampai dengan melakukan *core drill* benda uji dilapangan. Survei dilapangan dimulai dengan menentukan ruas jalan, koordinasi untuk melakukan penelitian kepada aparat desa setempat, aparat kecamatan dan terakhir koordinasi ke Dinas Bina Marga Kabupaten Aceh Utara untuk meminta izin melakukan *core drill* pada ruas jalan tersebut. Setelah dilakukan *core drill* tentu tidak lupa untuk melakukan penutupan pada lubang yang ditinggalkan dari hasil *core drill* dengan campuran beton.

Selama survei pengamatan langsung kondisi permukaan jalan terlihat sudah ada beberapa titik ruas jalan yang terjadi penurunan kinerja struktur (konstruksi rusak). Berbagai macam jenis kerusakan struktur jalan yang terlihat secara visual. Diantaranya, retak memanjang, retak kulit buaya, retak tepi, lubang, alur, *flushing* dan lain sebagainya.

Untuk kondisi jalan yang rusak tersebut dilakukan pengambilan benda uji dengan cara *core drill* untuk mengetahui kondisi campuran aspal beton tersebut. Core drill dilakukan tepat pada titik dari sisi samping perkerasan jalan yang terlihat rusak. Selain core drill pada titik jalan yang rusak juga dilakukan *core drill* pada struktur perkerasan jalan yang masih bagus untuk mengetahui kondisi terakhir campuran aspal betonnya.

Setelah dilakukan *core drill*, benda uji tersebut dibawa ke laboratorium untuk diteliti lebih jauh. Penelitian di laboratorium meliputi uji volumetrik campuran aspal beton, uji kadar aspal yang tersisa dalam campuran dan uji susunan gradasi agregat yang tersisa. Berikut ini diperlihatkan beberapa gambar dalam survei lapangan, *core drill* dan pengujian di laboratorium. Dari gambar berikut terlihat pengujian di laboratorium dilakukan secara sistematis.



Gambar 4.18 Core Drill Sta 0+000



Gambar 4.19 Core Drill Sta 0+100



Gambar 4.20 Core Drill Sta 0+200



Gambar 4.21 Core Drill Sta 0+300



Gambar 4.22 Core Drill Sta 0+400



Gambar 4.23 Core Drill Sta 0+500

4.8 Pembahasan

4.8.1 Pengujian Bahan

1. Pengujian aspal

Pengujian material aspal dilakukan diawal pelaksanaan pekerjaan konstruksi perkerasan jalan, untuk memastikan material tersebut dapat digunakan dalam konstruksi nantinya.

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).

2. Pengujian agregat

Setelah pengujian aspal dilanjutkan dengan pengujian material agregat, sebagai material yang paling dominan penggunaannya dalam perkerasan jalan mencapai 95%. Sehingga kualitas agregat sangat menentukan kualitas dari perkerasan jalan itu sendiri.

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.

4.8.2 Formula Perancangan Campuran

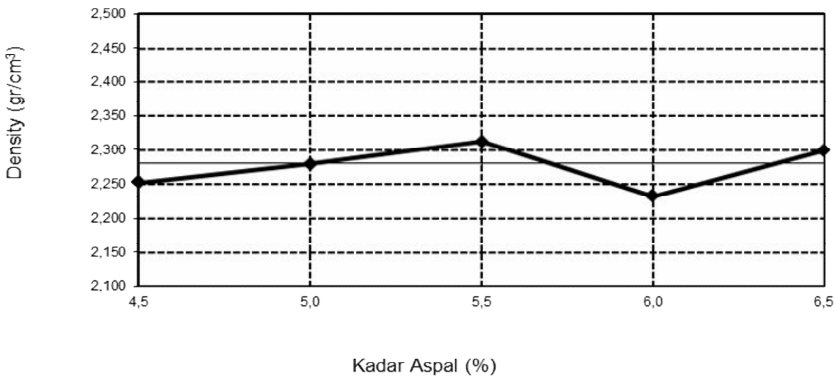
Formula perancangan campuran dibutuhkan untuk menghasilkan suatu campuran beton aspal yang kokoh, kuat, dan tidak mudah berubah bentuk serta ekonomis. Hal tersebut dapat tercapai bila parameter-parameter yang berhubungan dengan formula perancangan campuran memenuhi syarat-syarat yang telah ditetapkan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

Parameter-parameter yang berhubungan dengan formula perancangan campuran berupa rongga udara dalam campuran yang terdiri dari *void in 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 optimum (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.



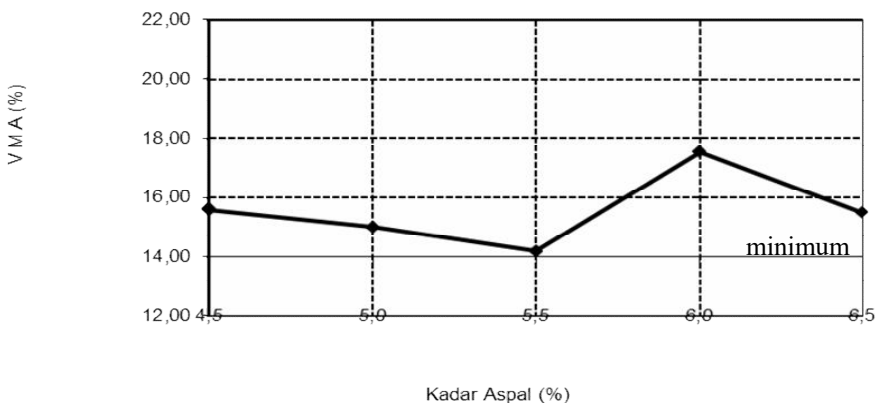
Gambar 4.25 Pengaruh kadar aspal terhadap *density*

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 4.25.

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 pemadatan lapisan yang mengakibatkan lapisan aspal meleleh keluar (*bleeding*).

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 4.26.

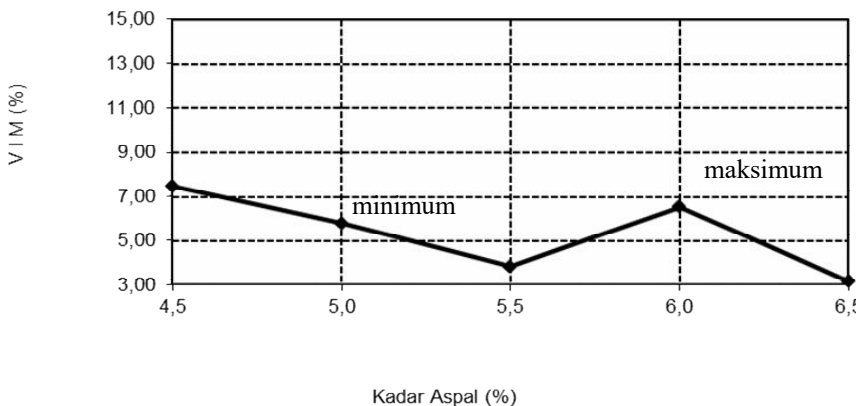


Gambar 4.26 Pengaruh kadar aspal terhadap VMA

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.

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%. Nilai VITM yang diperoleh dari penelitian dan analisis data seperti pada gambar 4.27.

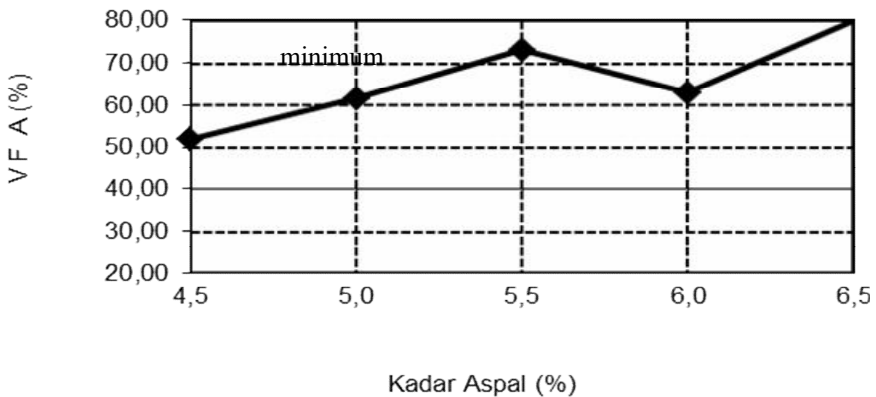


Gambar 4.27 Pengaruh kadar aspal terhadap VITM

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 4.28 berikut.



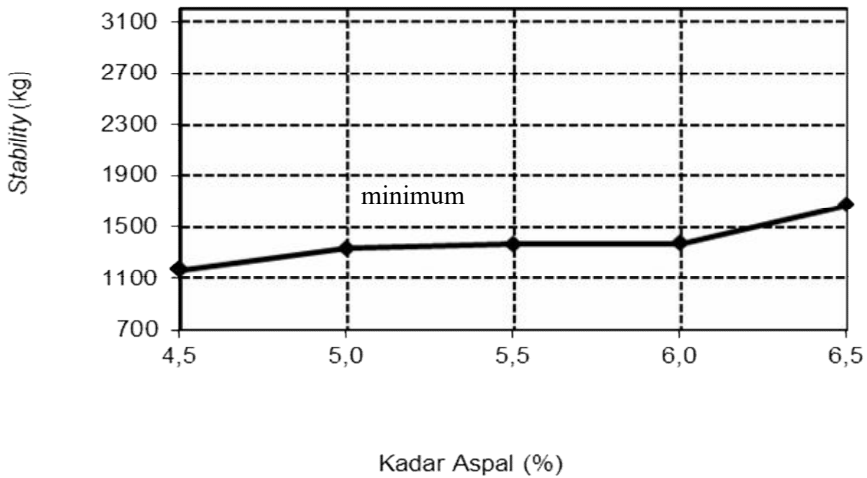
Gambar 4.28 Pengaruh kadar aspal terhadap VFWA

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 lalu lintas dan beban kendaraan yang akan memakai jalan tersebut. Jalan dengan volume lalu lintas tinggi dan sebagian besar merupakan kendaraan berat menuntut stabilitas yang 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 4.29 berikut.



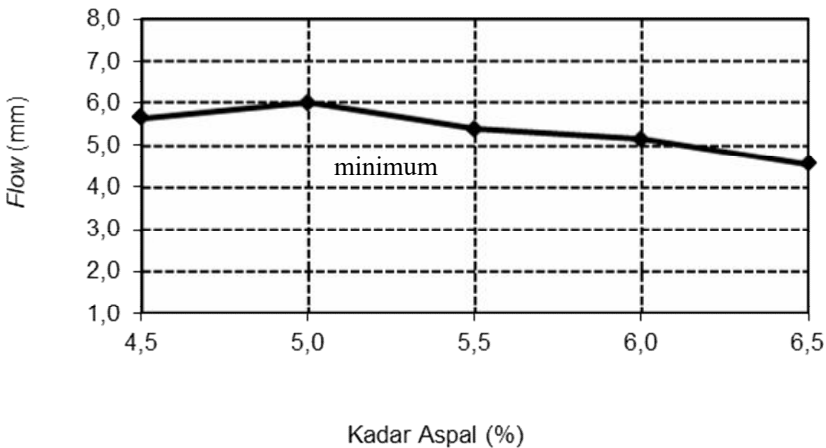
Gambar 4.29 Pengaruh kadar aspal terhadap stabilitas

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.

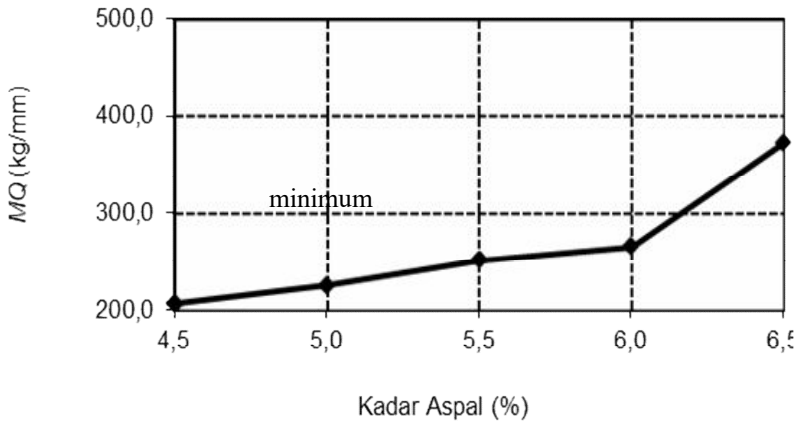
Nilai *flow* berdasarkan spesifikasi Depkimpraswil (2002) minimum adalah sebesar 3 mm. Kadar aspal 4,5% sampai dengan 6,5% dari berat agregat menunjukkan nilai *flow* terus naik dan mencapai puncaknya pada kadar aspal 6,5%, karena lapisan film aspal yang terbentuk akan menjadi lebih tebal dan fungsi aspal menjadi pelicin yang membuat campuran lebih kuat tidak cepat lelah, hal ini menaikkan nilai kelelahan atau *flow*. Hasil penelitian menunjukkan nilai *flow* seperti pada gambar 4.30 berikut.



Gambar 4.30 Pengaruh kadar aspal terhadap *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 gambar 4.31 berikut.



Gambar 4.31 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.

9. 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 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.

10. 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.

4.8.3 Pengujian Material Campuran Beton Aspal Tahun 2014

Setelah ruas jalan ini diresmikan penggunaannya pada Desember 2013 sampai dengan tahun 2014 terjadi penurunan kinerja jalan akibat dari faktor lingkungan dan lintasan ekivalen kendaraan dari beban repetisi lalu lintas, dari kendaraan yang berjalan.

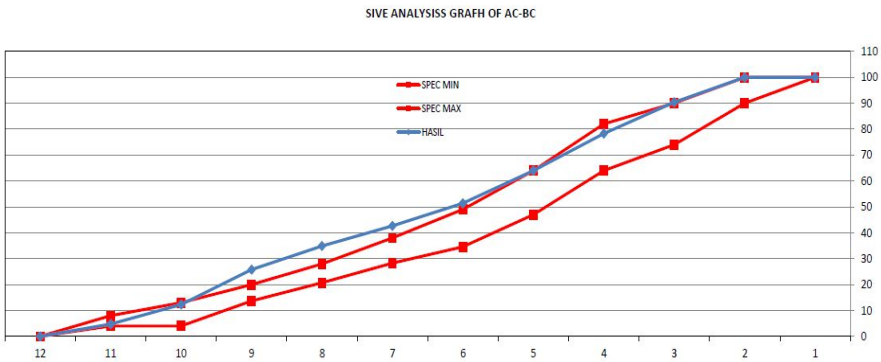
Penurunan kinerja jalan yang berdampak kerusakan struktural dapat dilihat langsung secara visual jika rusak dengan kategori yang ringan, sedang dan berat, sedangkan jika kerusakan ringan ada kalanya tidak dapat dilihat secara visual. Kerusakannya dapat dilihat dengan pengujian material campuran beton aspal.

Penurunan kinerja jalan akibat dari kerusakan struktur atau penurunan fungsionalnya dapat dilihat dengan melakukan pemeriksaan material di lapangan dengan cara *core drill*. Material yang diperoleh dari hasil *core drill* dibawa ke laboratorium untuk di ekstraksi.

1. Gradasi Agregat

Gradasi agregat dapat diketahui setelah dilakukan *core drill* terhadap perkerasan jalan. Hasil *core drill* menjadi benda uji yang kemudian di ekstrak untuk mendapat agregat yang terpisah dari aspal.

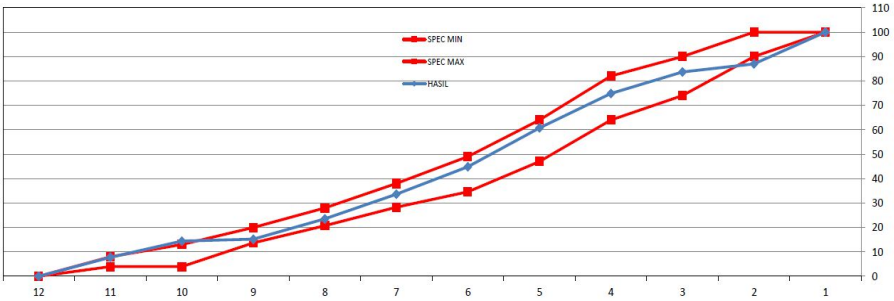
Hasil ekstraksi tersebut dipakai untuk analisis gradasi agregat. Dari analisis gradasi agregat tersebut, akan diperoleh susunan butir agregat. Susunan butir agregat hasil dari *core drill* dapat dilihat pada grafik 4.32 sampai dengan 4.34. berikut.



Gambar 4.32 Susunan Butir Agregat 1

Dari grafik diatas terlihat bahwa agregat yang lolos saringan 1/2" sebanyak 90,42% lebih besar dari yang disyaratkan, begitu juga untuk saringan #8 sebanyak 51,37%, saringan #16 sebanyak 42,65%, saringan #30 sebanyak 34,87% dan saringan #50 sebanyak 25,79%. Hasil ini menjelaskan bahwa setelah satu tahun perkerasan jalan dilintasi kendaraan banyak agregat lolos saringan No.3/4" yang hancur dan diikuti hancurnya agregat lolos saringan berikutnya.

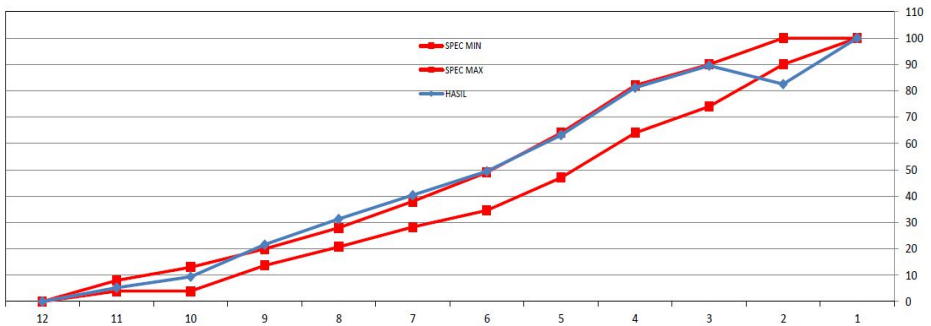
SIVE ANALYSSIS GRAPH OF AC-BC



Gambar 4.33 Susunan Butir Agregat 2

Dari grafik diatas terlihat bahwa agregat yang lolos saringan 3/4" sebanyak 87,00% lebih kecil dari yang disyaratkan. Sedangkan saringan #100, sebanyak 15,67% lebih besar dari yang disyaratkan, begitu juga saringan #200 sebanyak 8,97%. Hasil ini menjelaskan bahwa setelah satu tahun perkerasan jalan dilintasi kendaraan banyak agregat lolos saringan No.3/4" yang hancur dan diikuti hancurnya agregat lolos saringan berikutnya.

SIVE ANALYSSIS GRAPH OF AC-BC



Gambar 4.34 Susunan Butir Agregat 3

Dari grafik diatas terlihat bahwa agregat yang lolos saringan 3/4" sebanyak 82,50% lebih kecil dari yang disyaratkan. Saringan 1/2" sebanyak 92,86% lebih besar dari yang disyaratkan, begitu juga untuk saringan 3/8" sebanyak 84,48%, saringan #4 sebanyak 66,48%, saringan #8 sebanyak 52,76%, saringan #16 sebanyak 43,71%, saringan #30 sebanyak 34,67%, saringan #50 sebanyak 24,95%, dan saringan #200 sebanyak 8,57%.

Hasil ini menjelaskan bahwa setelah satu tahun perkerasan jalan dilintasi kendaraan banyak agregat lolos saringan No.3/4" yang hancur dan diikuti hancurnya agregat lolos saringan berikutnya.

Sehingga komposisi gradasi agregat berubah dan tidak sesuai dengan yang disyaratkan lagi, hal ini menyebabkan kekuatan agregat untuk mendukung beban repetisi lintasan lalu lintas menjadi rendah. Hancur dan berubahnya komposisi agregat dapat disebabkan oleh karena hilangnya aspal dalam campuran beton aspal yang seharusnya berfungsi sebagai pengikat agregat dalam campuran.

Seiring dengan berubahnya komposisi agregat mengakibatkan fungsi agregat tidak dapat menopang beban lalu lintas. Agregat kasar pecah menjadi agregat halus dan agregat halus pecah menjadi agregat yang lebih halus.

2. Parameter Marshall dan Sifat Volumetrik

Hasil pengujian Marshall Test terhadap benda uji yang diperoleh dari *core drill* di lapangan menjadi salah satu cara untuk mengevaluasi struktur konstruksi perkerasan jalan. Hasil uji Marshall diperoleh dengan melakukan penimbangan benda uji dan ekstraksi campuran aspal beton dari lapangan.

Dari hasil penimbangan benda uji dan ekstraksi campuran aspal beton dari lapangan dari benda uji 1 diperoleh kadar aspal 4,56%, *density* 2,295%, *void in mineral aggregate* 12,77%, *void in the mix* 5,99%, *void filled with asphalt* 53,08%, *stability* 1.286 kg, flow 5,50 mm dan *Marshall Quotient* 234 Kg/mm. Dari benda uji 2 diperoleh kadar aspal 5,34%, *density* 2,141%, *void in mineral aggregate* 19,29%, *void in the mix* 11,31%, *void filled with asphalt* 41,36%, *stability* 935 kg, flow 5,10 mm dan *Marshall Quotient* 183 Kg/mm. Terakhir benda uji 3 diperoleh kadar aspal 4,52%, *density* 2,493%, *void in mineral aggregate* 7,28%, *void in the mix* 0,17%, *void*

filled with asphalt 97,62%, stability 1.659 kg, flow 4,45 mm dan Marshall Quotient 373 Kg/mm.

Nilai *density* dari benda uji 1 dan benda uji 2 memperlihatkan bahwa nilai kepadatan campuran lebih kecil dari hasil *trial mix* pada saat struktur perkerasan jalan dioperasikan. Hanya pada benda uji ke 3 nilai *density* lebih besar dari *trial mix*. Penyebab naiknya nilai kepadatan (*density*) dari kepadatan *trial mix* akibat dari proses pemadatan, temperatur, gradasi agregat, dan kadar aspal. Penurunan nilai kepadatan akibat 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.

Nilai *void in mineral aggregate* (VMA) pada benda uji 1 dan benda uji 3 sudah tidak memenuhi syarat yang ditetapkan lagi lebih kecil dari 14%. Hal ini disebabkan agregat bergradasi sangat rapat, yang memberikan rongga antara butiran-butiran agregat menjadi 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 pemadatan lapisan yang mengakibatkan lapisan aspal meleleh keluar (*bleeding*). Hanya pada benda uji 2 yang nilai VMA masih terpenuhi karena kadar aspal masih mencukupi.

Nilai *void in the mix* (VITM) untuk keseluruhan benda uji sudah tidak memenuhi syarat yang ditetapkan, yaitu 3,5% - 5,5%. 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.

Nilai *void filled with asphalt* (VFMA) pada benda uji 1 dan benda uji 2 sudah tidak memenuhi syarat yang ditetapkan lagi lebih kecil dari 65%. Hal ini disebabkan kadar aspal yang mengisi rongga-rongga antara butir-butir agregat pada aspal beton campuran panas sudah hilang. Kadar aspal yang kecil menjadikan beton aspal campuran panas bersifat porous dan mudah teroksidasi serta rapuh. Penurunan nilai VFWA pada campuran ini, sangat ditentukan oleh proses pemadatan, temperatur, gradasi agregat, dan kadar aspal. Hanya pada benda uji 3 yang nilai VFWA masih terpenuhi.

Nilai *stability* (stabilitas) untuk keseluruhan benda uji masih memenuhi syarat yang ditetapkan, yaitu lebih besar dari 800 kg. Tetapi nilai stabilitasnya sudah turun jauh bila dibandingkan dengan hasil *trial mix*. Hal ini disebabkan kadar aspal sudah berkurang dan void dalam rongga juga sudah berubah serta jumlah aspal yang menyelimuti agregat sudah jauh berkurang.

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.

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. Kadar aspal yang lebih besar dari berat agregat menunjukkan nilai stabilitas terus turun, hal ini disebabkan film aspal menjadi sangat tebal sehingga fungsi aspal sebagai pelumas tidak terjadi melainkan menjadi pengisi rongga-rongga, repetisi beban lalu lintas menambah pemadatan lapisan perkerasan sehingga aspal akan keluar dari campuran (*bleeding*), membuat fungsi aspal

sebagai perekat berubah menjadi pelicin yang akhirnya menurunkan stabilitas pada campuran.

Nilai *flow* (kelelehan) untuk keseluruhan benda uji masih memenuhi syarat yang ditetapkan, yaitu lebih besar dari 3 mm. Hal ini disebabkan campuran beton aspal yang sudah menerima beban repetisi lalu lintas secara berulang-ulang tidak mempengaruhi lagi tingkat kelelehannya.

Besar dan kecilnya nilai kelelehan dari beton aspal campuran panas sangat ditentukan oleh kadar aspal. Semakin besar kadar aspal pada campuran maka nilai kelelehan akan makin besar, begitu juga sebaliknya. Kadar aspal yang besar membuat aspal menjadi pelicin bagi campuran. Kadar aspal yang lebih tinggi menyebabkan 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 kelelehan atau *flow*.

Nilai *Marshall Quotient* (MQ) untuk keseluruhan benda uji masih memenuhi syarat yang ditetapkan, yaitu lebih besar dari 250 kg/mm. Hal ini disebabkan nilai stabilitas dan kelelehan yang relatif masih tinggi. Campuran beton aspal yang sudah menerima beban repetisi lalu lintas secara berulang-ulang tidak mempengaruhi lagi tingkat stabilitas dan kelelehannya, sampai pada tahun 2019.

Marshall Quotient berupa hasil bagi dari stabilitas dengan nilai kelelehan (*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.

4.8.4 Pengujian Material Campuran Beton Aspal Tahun 2016

Setelah ruas jalan ini dilintasi kendaraan selama satu tahun terjadi penurunan kinerja jalan akibat dari faktor lingkungan dan lintasan ekuivalen kendaraan dari beban repetisi lalu lintas, dari kendaraan yang berjalan.

Penurunan kinerja jalan selama satu tahun setelah dioperasikan berdampak kerusakan structural. Hal ini dapat dilihat langsung secara visual dengan tingkat kerusakan ringan, sedang dan

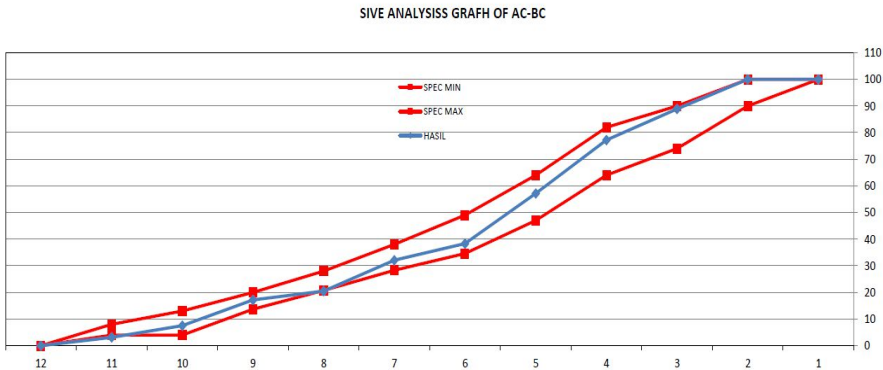
berat. Kerusakan ringan ada kalanya tidak dapat dilihat secara visual. Kerusakannya dapat dilihat dengan pengujian material campuran beton aspal.

Penurunan kinerja jalan akibat dari kerusakan struktur atau penurunan fungsionalnya dapat dilihat dengan melakukan pemeriksaan material di lapangan dengan cara *core drill*. Material yang diperoleh dari hasil *core drill* dibawa ke laboratorium untuk di ekstraksi.

1. Gradasi Agregat

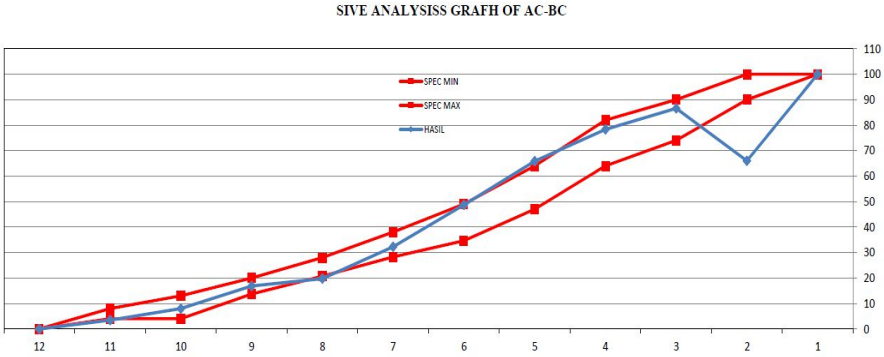
Gradasi agregat dapat diketahui setelah dilakukan *core drill* terhadap perkerasan jalan. Hasil *core drill* menjadi benda uji yang kemudian di ekstrak untuk mendapat agregat yang terpisah dari aspal.

Hasil ekstraksi tersebut dipakai untuk analisis gradasi agregat. Dari analisis gradasi agregat tersebut, akan diperoleh susunan butir agregat. Susunan butir agregat hasil dari *core drill* dapat dilihat pada grafik 4.35 sampai dengan 4.38. berikut.



Gambar 4.35 Susunan Butir Agregat 1

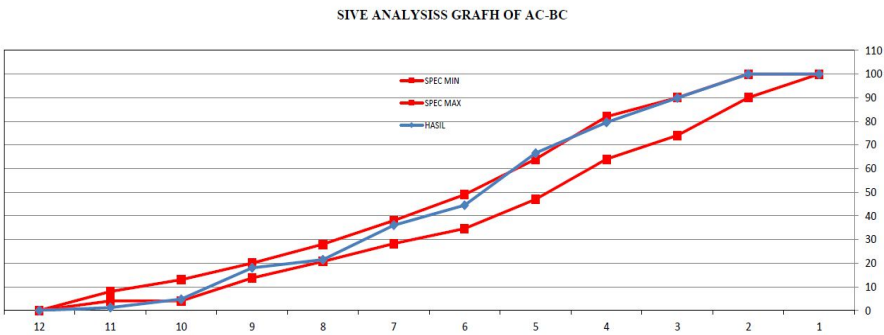
Dari grafik diatas terlihat bahwa agregat yang lolos #30 sebanyak 20,48% dan saringan #20 sebanyak 3,50% lebih kecil dari yang disyaratkan yaitu 20,7% - 28% dan 4% - 8%. Hasil ini menjelaskan bahwa setelah tiga tahun perkerasan jalan dilintasi kendaraan banyak agregat halus yang hancur.



Gambar 4.36 Susunan Butir Agregat 2

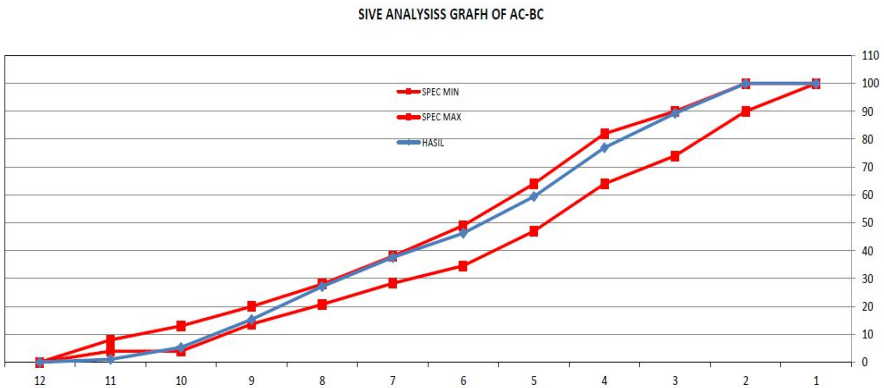
Dari grafik diatas terlihat bahwa agregat yang lolos saringan 3/4" sebanyak 66% lebih sedikit dari yang disyaratakan 90% - 100%, begitu juga untuk saringan #4 sebanyak 68,94% dari yang disyaratkan 47% - 64%, saringan #8 sebanyak 51,73% dari yang disyaratkan 34,6% - 49%. Hasil ini menjelaskan bahwa setelah satu tahun perkerasan jalan dilintasi kendaraan banyak agregat lolos saringan No.1/2" dan No.3/4" yang hancur dan diikuti hancurnya agregat lolos saringan berikutnya.

Dari grafik 4.37 terlihat bahwa agregat yang lolos #4 sebanyak 66,60% lebih besar dari yang disyaratkan yaitu 47% - 64% dan saringan #200 sebanyak 1,17% lebih kecil dari yang disyaratakan yaitu 4% - 8%. Hasil ini menjelaskan bahwa setelah tiga tahun perkerasan jalan dilintasi kendaraan banyak agregat kasar dan halus yang hancur, sehingga mengganggu komposisi agregat yang semstinya.



Gambar 4.37 Susunan Butir Agregat 3

Dari grafik 4.38 terlihat bahwa agregat yang lolos saringan 1/2” sebanyak 91,47% lebih banyak dari yang disyaratkan 74% - 90%, begitu juga untuk saringan #4 sebanyak 65,28% lebih besar dari yang disyaratkan 47% - 64%, saringan #200 sebanyak 1,73% lebih sedikit dari yang disyaratkan 4% - 8%. Hasil ini menjelaskan bahwa setelah tiga tahun perkerasan jalan dilintasi kendaraan banyak agregat lolos saringan No.3/4” dan No.3/8” yang hancur dan diikuti hancurnya agregat halus.



Gambar 4.38 Susunan Butir Agregat 4

Sehingga komposisi gradasi agregat berubah dan tidak sesuai dengan yang disyaratkan lagi, hal ini menyebabkan kekuatan agregat untuk mendukung beban repetisi lintasan lalu lintas menjadi rendah. Hancur dan berubahnya komposisi agregat dapat disebabkan oleh karena hilangnya aspal dalam campuran beton aspal yang seharusnya berfungsi sebagai pengikat agregat dalam campuran.

Seiring dengan berubahnya komposisi agregat mengakibatkan fungsi agregat tidak dapat menopang beban lalu lintas. Agregat kasar pecah menjadi agregat halus dan agregat halus pecah menjadi agregat yang lebih halus.

2. Parameter Marshall dan Sifat Volumetrik

Hasil pengujian Marshall Test terhadap benda uji yang diperoleh dari *core drill* di lapangan menjadi salah satu cara untuk mengevaluasi struktur konstruksi perkerasan jalan. Hasil uji

Marshall diperoleh dengan melakukan penimbangan benda uji dan ekstraksi campuran aspal beton dari lapangan.

Dari hasil penimbangan benda uji dan ekstraksi campuran aspal beton dari lapangan dari benda uji 1 diperoleh kadar aspal 3,32%, *density* 2,318%, *void in mineral aggregate* 10,78%, *void in the mix* 6,78%, *void filled with asphalt* 37,14%, *stability* 1.192 kg, flow 1,15 mm dan *Marshall Quotient* 1.037 Kg/mm. Dari benda uji 2 diperoleh kadar aspal 3,47%, *density* 2,232%, *void in mineral aggregate* 14,21%, *void in the mix* 10,03%, *void filled with asphalt* 29,45%, *stability* 1.367 kg, flow 0,63 mm dan *Marshall Quotient* 2.170 Kg/mm. Dari benda uji 3 diperoleh kadar aspal 4,29%, *density* 2,299%, *void in mineral aggregate* 12,38%, *void in the mix* 6,20%, *void filled with asphalt* 49,89%, *stability* 1.402 kg, flow 0,87 mm dan *Marshall Quotient* 1.612 Kg/mm. Terakhir benda uji 4 diperoleh kadar aspal 3,07%, *density* 2,334%, *void in mineral aggregate* 9,93%, *void in the mix* 6,47%, *void filled with asphalt* 34,79%, *stability* 1.402 kg, flow 1,03 mm dan *Marshall Quotient* 1.352 Kg/mm.

Nilai *density* dari benda uji 2 dan benda uji 3 memperlihatkan bahwa nilai kepadatan campuran lebih kecil dari hasil *trial mix* pada saat struktur perkerasan jalan dioperasionalkan. Pada benda uji ke 1 dan ke 4 nilai *density* lebih besar dari *trial mix*. Penyebab naiknya nilai kepadatan (*density*) dari kepadatan *trial mix* akibat dari proses pemadatan, temperatur, gradasi agregat, dan kadar aspal. Penurunan nilai kepadatan akibat 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.

Nilai *void in mineral aggregate* (VMA) pada benda uji 1, benda uji 3 dan benda uji 4 sudah tidak memenuhi syarat yang ditetapkan lagi lebih kecil dari 14%, hanya pada benda uji ke 2 yang memenuhi syarat lebih besar dari 14%, yaitu sebesar 14,21%. Hal ini disebabkan agregat bergradasi sangat rapat, yang memberikan rongga antara butiran-butiran agregat menjadi 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 pemadatan lapisan yang mengakibatkan lapisan aspal meleleh keluar (*bleeding*). Hanya pada benda uji 2 yang nilai VMA masih terpenuhi karena kadar aspal masih mencukupi.

Nilai *void in the mix* (VITM) untuk keseluruhan benda uji sudah tidak memenuhi syarat yang ditetapkan, yaitu 3,5% - 5,5%. 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.

Nilai *void filled with asphalt* (VFMA) pada semua benda uji sudah tidak memenuhi syarat yang ditetapkan lagi lebih kecil dari 65%. Hal ini disebabkan kadar aspal yang mengisi rongga-rongga antara butir-butir agregat pada aspal beton campuran panas sudah hilang. Kadar aspal yang kecil menjadikan beton aspal campuran panas bersifat porous dan mudah teroksidasi serta rapuh. Penurunan nilai VFMA pada campuran ini, sangat ditentukan oleh proses pemadatan, temperatur, gradasi agregat, dan kadar aspal. Hanya pada benda uji 3 yang nilai VFMA masih terpenuhi.

Nilai *stability* (stabilitas) untuk keseluruhan benda uji masih memenuhi syarat yang ditetapkan, yaitu lebih besar dari 800 kg. Tetapi nilai stabilitasnya sudah turun jauh bila dibandingkan dengan hasil *trial mix*. Hal ini disebabkan kadar aspal sudah berkurang dan void dalam rongga juga sudah berubah serta jumlah aspal yang menyelimuti agregat sudah jauh berkurang.

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.

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. Kadar aspal yang lebih besar dari berat agregat menunjukkan nilai stabilitas terus turun, hal ini disebabkan film aspal menjadi sangat tebal sehingga fungsi aspal sebagai pelumas tidak terjadi melainkan menjadi pengisi rongga-rongga, repetisi beban lalu lintas menambah pemadatan lapisan perkerasan sehingga aspal akan keluar dari campuran (*bleeding*), membuat fungsi aspal sebagai perekat berubah menjadi pelicin yang akhirnya menurunkan stabilitas pada campuran.

Nilai *flow* (kelelehan) untuk keseluruhan benda uji tidak memenuhi syarat yang ditetapkan, yaitu lebih kecil dari 3 mm. Hal ini disebabkan komposisi campuran beton aspal yang sudah tidak sesuai lagi, ditandai dengan hilangnya *void* dalam campuran. Beban repetisi lalu lintas yang diterima secara berulang-ulang menghilangkan kekakuan campuran beton aspal.

Nilai *Marshall Quotient* (MQ) untuk keseluruhan benda uji masih memenuhi syarat yang ditetapkan, yaitu lebih besar dari 250 kg/mm. Hal ini disebabkan nilai stabilitas yang relatif masih tinggi dan nilai kelelehan rendah. Campuran beton aspal yang sudah menerima beban repetisi lalu lintas secara berulang-ulang tidak mempengaruhi lagi tingkat stabilitas dan kelelehannya, sampai pada tahun 2019.

Marshall Quotient berupa hasil bagi dari stabilitas dengan nilai kelelehan (*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.

4.8.5 Pengujian Material Campuran Beton Aspal Tahun 2019

Selama 6 tahun umur rencana perkerasan struktur jalan, sejak dioperasionalkan pada tahun 2013 terjadi penurunan kinerja jalan akibat dari faktor lingkungan dan lintasan ekivalen kendaraan dari beban repetisi lalu lintas, dari kendaraan yang berjalan.

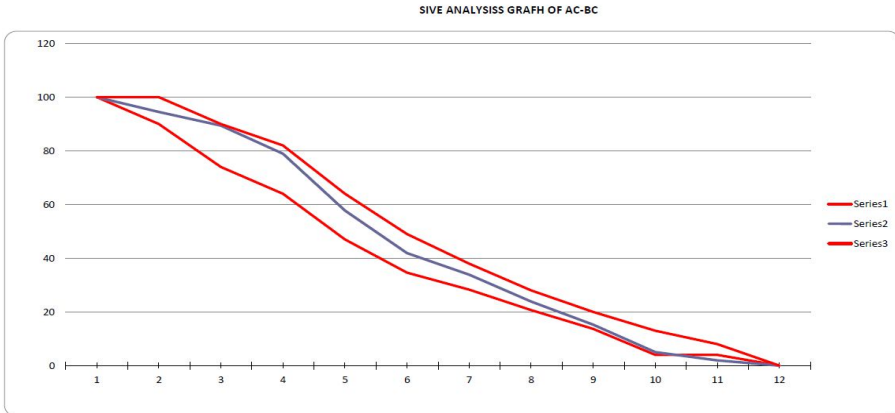
Penurunan kinerja jalan yang berdampak kerusakan struktural dapat dilihat langsung secara visual jika rusak dengan kategori yang ringan, sedang dan berat, sedangkan jika kerusakan ringan ada kalanya tidak dapat dilihat secara visual. Kerusakannya dapat dilihat dengan pengujian material campuran beton aspal.

Penurunan kinerja jalan akibat dari kerusakan struktur atau penurunan fungsionalnya dapat dilihat dengan melakukan pemeriksaan material di lapangan dengan cara *core drill*. Material yang diperoleh dari hasil *core drill* dibawa ke laboratorium untuk di ekstraksi.

1. Gradasi Agregat

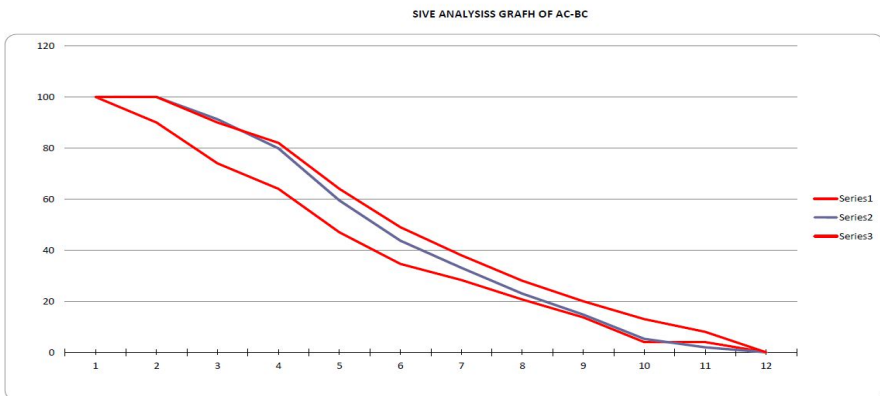
Gradasi agregat dapat diketahui setelah dilakukan *core drill* terhadap perkerasan jalan. Hasil *core drill* menjadi benda uji yang kemudian di ekstrak untuk mendapat agregat yang terpisah dari aspal.

Hasil ekstraksi tersebut dipakai untuk analisis gradasi agregat. Dari analisis gradasi agregat tersebut, akan diperoleh susunan butir agregat. Susunan butir agregat hasil dari *core drill* dapat dilihat pada grafik 4.39 sampai dengan 4.45. berikut.



Gambar 4.39 Susunan Butir Agregat 1

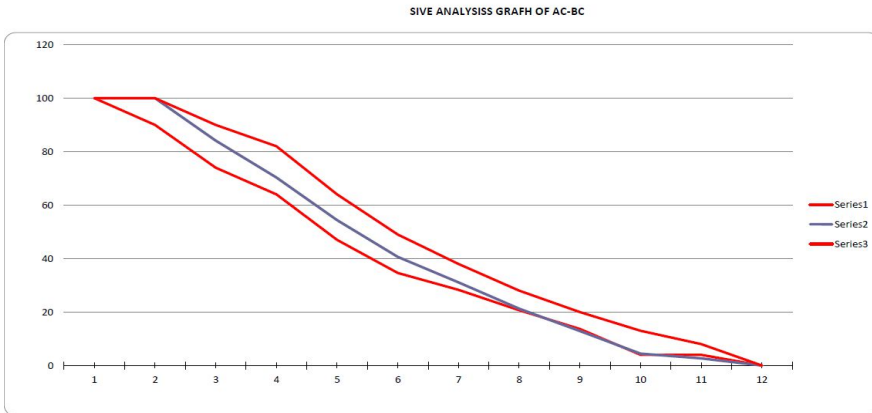
Dari gambar 4.39 diatas terlihat bahwa agregat yang lolos saringan #200 sebanyak 0%. Hasil ini menjelaskan bahwa setelah enam tahun perkerasan jalan dilintasi kendaraan, *filler* sebagai pengisi rongga-rongga dalam campuran agregat hilang. Hilangnya *filler* dalam campuran agregat disebabkan bercampur dengan aspal.



Gambar 4.40 Susunan Butir Agregat 2

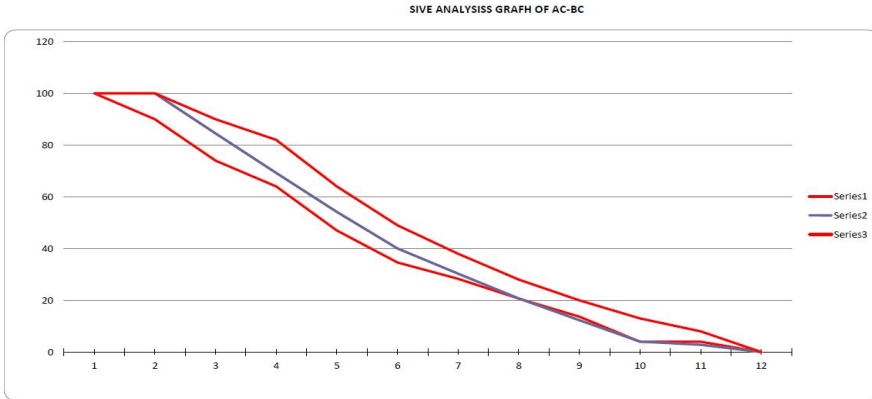
Dari gambar 4.40 diatas terlihat bahwa agregat yang lolos saringan 1/2" sebanyak 91,21% lebih besar dari yang disyaratkan 74%-90% akibat dari banyak agregat ukuran 3/4" yang hancur. Sedangkan saringan #200, sebanyak 1,96% lebih kecil dari yang

disyaratkan 4%-8%. Hasil ini menjelaskan bahwa setelah enam tahun perkerasan jalan dilintasi kendaraan banyak *filler* sebagai pengisi rongga-rongga dalam campuran agregat hilang. Hilangnya *filler* dalam campuran agregat disebabkan bercampur dengan aspal.



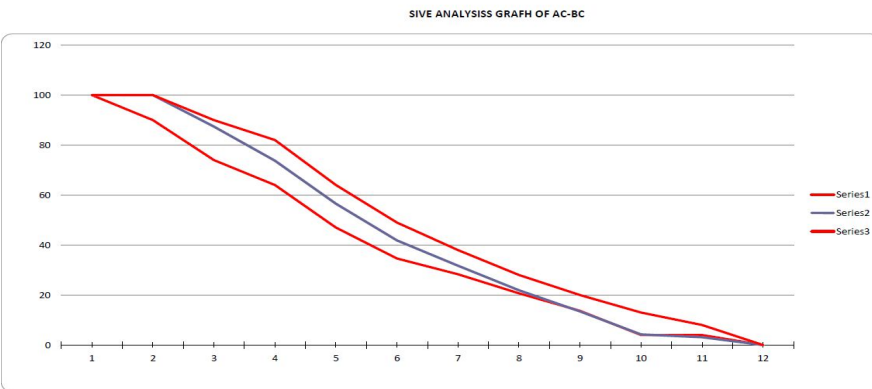
Gambar 4.41 Susunan Butir Agregat 3

Dari gambar 4.41 diatas terlihat bahwa agregat yang lolos saringan #50 sebanyak 12,89%% lebih kecil dari yang disyaratkan 13,7%-20%. Sedangkan saringan #200, sebanyak 2,66% lebih kecil dari yang disyaratkan 4%-8%. Hasil ini menjelaskan bahwa setelah enam tahun perkerasan jalan dilintasi kendaraan banyak agregat #50 yang hancur dan *filler* sebagai pengisi rongga-rongga dalam campuran agregat hilang. Hilangnya *filler* dalam campuran agregat disebabkan bercampur dengan aspal.



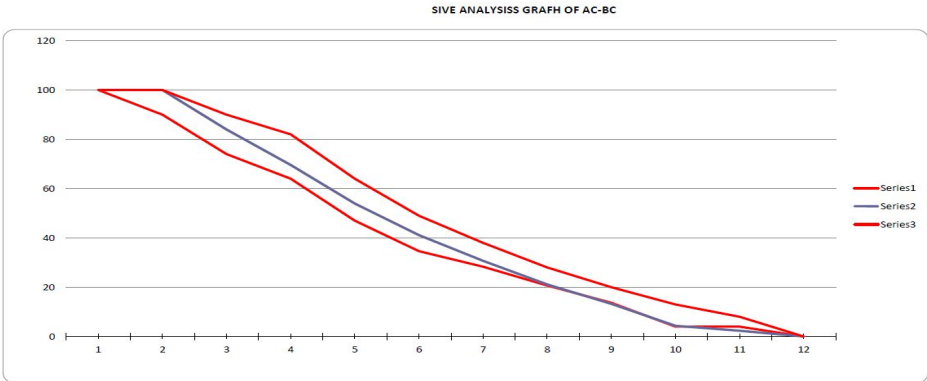
Gambar 4.42 Susunan Butir Agregat 4

Dari gambar 4.42 diatas terlihat bahwa agregat yang lolos saringan #50 sebanyak 12,33%% lebih kecil dari yang disyaratkan 13,7%-20%. Sedangkan saringan #200, sebanyak 2,80% lebih kecil dari yang disyaratkan 4%-8%. Hasil ini menjelaskan bahwa setelah enam tahun perkerasan jalan dilintasi kendaraan banyak agregat #50 yang hancur dan *filler* sebagai pengisi rongga-rongga dalam campuran agregat hilang. Hilangnya *filler* dalam campuran agregat disebabkan bercampur dengan aspal.



Gambar 4.43 Susunan Butir Agregat 5

Dari gambar 4.43 diatas terlihat bahwa agregat yang lolos saringan #50 sebanyak 13,45%% lebih kecil dari yang disyaratkan 13,7%-20%. Sedangkan saringan #200, sebanyak 3,12% lebih kecil dari yang disyaratkan 4%-8%. Hasil ini menjelaskan bahwa setelah enam tahun perkerasan jalan dilintasi kendaraan banyak agregat #50 yang hancur dan *filler* sebagai pengisi rongga-rongga dalam campuran agregat hilang. Hilangnya *filler* dalam campuran agregat disebabkan bercampur dengan aspal.



Gambar 4.44 Susunan Butir Agregat 6

Dari gambar 4.44 diatas terlihat bahwa agregat yang lolos saringan #50 sebanyak 13,25%% lebih kecil dari yang disyaratkan 13,7%-20%. Sedangkan saringan #200, sebanyak 2,36% lebih kecil dari yang disyaratkan 4%-8%. Hasil ini menjelaskan bahwa setelah enam tahun perkerasan jalan dilintasi kendaraan banyak agregat #50 yang hancur dan *filler* sebagai pengisi rongga-rongga dalam campuran agregat hilang. Hilangnya *filler* dalam campuran agregat disebabkan bercampur dengan aspal.

Hasil ini menjelaskan bahwa setelah enam tahun perkerasan jalan dilintasi kendaraan banyak agregat lolos saringan No.3/4" dan #50 yang hancur dan diikuti berkurangnya komposisi *filler* dalam campuran agregat..

Sehingga komposisi gradasi agregat berubah dan tidak sesuai dengan yang disyaratkan lagi, hal ini menyebabkan kekuatan agregat untuk mendukung beban repetisi lintasan lalu lintas menjadi rendah.

Hancur dan berubahnya komposisi agregat dapat disebabkan oleh karena hilangnya aspal dalam campuran beton aspal yang seharusnya berfungsi sebagai pengikat agregat dalam campuran.

Seiring dengan berubahnya komposisi agregat mengakibatkan fungsi agregat tidak dapat menopang beban lalu lintas. Agregat kasar pecah menjadi agregat halus dan agregat halus pecah menjadi agregat yang lebih halus.

2. Parameter Marshall dan Sifat Volumetrik

Hasil pengujian Marshall Test terhadap benda uji yang diperoleh dari *core drill* di lapangan menjadi salah satu cara untuk mengevaluasi struktur konstruksi perkerasan jalan. Hasil uji Marshall diperoleh dengan melakukan penimbangan benda uji dan ekstraksi campuran aspal beton dari lapangan.

Dari hasil penimbangan benda uji dan ekstraksi campuran aspal beton dari lapangan dari benda uji 1 diperoleh kadar aspal 4,93%, *density* 2,343%, *void in mineral aggregate* 13,361%, *void in the mix* 3,625%, *void filled with asphalt* 72,896%, *stability* 1.496 kg, *flow* 5,40 mm dan *Marshall Quotient* 277 Kg/mm. Dari benda uji 2 diperoleh kadar aspal 4,92%, *density* 2,311%, *void in mineral aggregate* 14,541%, *void in the mix* 4,938%, *void filled with asphalt* 66,043%, *stability* 1.652 kg, *flow* 4,26 mm dan *Marshall Quotient* 379 Kg/mm. Benda uji 3 diperoleh kadar aspal 4,86%, *density* 2,312%, *void in mineral aggregate* 14,510%, *void in the mix* 4,903%, *void filled with asphalt* 66,208%, *stability* 1.742 kg, *flow* 4,21 mm dan *Marshall Quotient* 414 Kg/mm. Benda uji 4 diperoleh kadar aspal 4,99%, *density* 2,331%, *void in mineral aggregate* 13,793%, *void in the mix* 4,106%, *void filled with asphalt* 70,230%, *stability* 1.741 kg, *flow* 4,33 mm dan *Marshall Quotient* 406 Kg/mm. Dari benda uji 5 diperoleh kadar aspal 4,89%, *density* 2,280%, *void in mineral aggregate* 15,670%, *void in the mix* 6,294%, *void filled with asphalt* 60,474%, *stability* 1.311 kg, *flow* 3,47 mm dan *Marshall Quotient* 378 Kg/mm. Terakhir benda uji 6 diperoleh kadar aspal 4,94%, *density* 2,280%, *void in mineral aggregate* 15,670%, *void in the mix* 6,294%, *void filled with asphalt* 60,474%, *stability* 1.311 kg, *flow* 3,47 mm dan *Marshall Quotient* 378 Kg/mm.

Nilai *density* dari benda uji 5 dan benda uji 6 memperlihatkan bahwa nilai kepadatan campuran lebih kecil dari hasil *trial mix* pada saat struktur perkerasan jalan dioperasikan. Pada benda uji ke 1, 2, 3 dan 4 nilai *density* lebih besar dari *trial mix*. Penyebab naiknya nilai kepadatan (*density*) dari kepadatan *trial mix* akibat dari proses pemadatan, temperatur, gradasi agregat, dan kadar aspal. Penurunan nilai kepadatan akibat 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.

Nilai *void in mineral aggregate* (VMA) pada benda uji 1 dan benda uji 4 sudah tidak memenuhi syarat yang ditetapkan lagi lebih kecil dari 14%. Hal ini disebabkan agregat bergradasi sangat rapat, yang memberikan rongga antara butiran-butiran agregat menjadi 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 pemadatan lapisan yang mengakibatkan lapisan aspal meleleh keluar (*bleeding*). Hanya pada benda uji 2 yang nilai VMA masih terpenuhi karena kadar aspal masih mencukupi.

Nilai *void in the mix* (VITM) untuk benda uji 1, 2, 3, dan 4 memenuhi syarat yang ditetapkan, yaitu 3,5% - 5,5% sedangkan benda uji 5 dan 6 tidak memenuhi syarat karena lebih besar dari 5,5%. 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

Nilai *void filled with asphalt* (VFMA) pada benda uji 5 dan benda uji 6 sudah tidak memenuhi syarat yang ditetapkan lagi lebih kecil dari 65%, sedangkan benda uji 1, 2, 3 dan 4 masih memenuhi syarat. Hal ini disebabkan kadar aspal yang mengisi rongga-rongga antara butir-butir agregat pada aspal beton campuran panas sudah hilang. Kadar aspal yang kecil menjadikan beton aspal campuran panas bersifat porous dan mudah teroksidasi serta rapuh. Penurunan nilai VFWA pada campuran ini, sangat ditentukan oleh proses pemadatan, temperatur, gradasi agregat, dan kadar aspal.

Nilai *stability* (stabilitas) untuk keseluruhan benda uji masih memenuhi syarat yang ditetapkan, yaitu lebih besar dari 800 kg. Tetapi nilai stabilitasnya sudah turun jauh bila dibandingkan dengan hasil *trial mix*. Hal ini disebabkan kadar aspal sudah berkurang dan void dalam rongga juga sudah berubah serta jumlah aspal yang menyelimuti agregat sudah jauh berkurang.

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.

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. Kadar aspal yang lebih besar dari berat agregat menunjukkan nilai stabilitas terus turun, hal ini disebabkan film aspal menjadi sangat tebal sehingga fungsi aspal sebagai pelumas tidak terjadi melainkan menjadi pengisi rongga-rongga, repetisi beban lalu lintas menambah pemadatan lapisan perkerasan sehingga aspal akan keluar dari campuran (*bleeding*), membuat fungsi aspal sebagai perekat berubah menjadi pelicin yang akhirnya menurunkan stabilitas pada campuran.

Nilai *flow* (kelelahan) untuk keseluruhan benda uji memenuhi syarat yang ditetapkan, yaitu lebih besar dari 3 mm. Hal ini disebabkan campuran beton aspal yang sudah menerima beban repetisi lalu lintas secara berulang-ulang tidak mempengaruhi lagi tingkat kelelehannya.

Besar dan kecilnya nilai kelelahan 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. Kadar aspal yang lebih tinggi menyebabkan lapisan film aspal yang terbentuk akan menjadi lebih tebal dan fungsi aspal menjadi pelicin yang membuat campuran lebih kuat tidak cepat lelah, hal ini menaikkan nilai kelelahan atau *flow*.

Nilai *Marshall Quotient* (MQ) untuk keseluruhan benda uji masih memenuhi syarat yang ditetapkan, yaitu lebih besar dari 250 kg/mm. Hal ini disebabkan nilai stabilitas dan kelelahan yang relatif masih tinggi. Campuran beton aspal yang sudah menerima beban repetisi lalu lintas secara berulang-ulang tidak mempengaruhi lagi tingkat stabilitas dan kelelehannya, sampai pada tahun 2019.

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.

∞

This page is intentionally left blank

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

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

1. Kadar aspal optimum ditetapkan sebesar 5,5% dari berat agregat untuk DMF dan JMF, sedangkan pada TM adalah 5,2%;
2. Pada kadar aspal 5,5% nilai parameter Marshall dan volumetrik mempunyai nilai yang optimum;
3. Rusaknya komposisi agregat akibat dari hancurnya beberapa agregat;
4. Semakin kecil ukuran agregat semakin cepat hancurnya agregat;
5. Terjadinya penurunan kadar aspal mencapai 3,5% dari Kadar Aspal Optimum 5,5%;
6. Kerusakan struktur perkerasan jalan tidak terjadi secara linier;
7. Kerusakan struktur jalan tidak disebabkan oleh beban kendaraan saja.

5.2. Saran

Periode penelitian “Tinjauan Penurunan Kinerja Jalan (Studi Kasus Lapisan AC-BC pada Jalan Krueng Geukueh – Beureughang)” ini sangat terbatas hanya pada parameter Marshall dan sifat volumetrik, untuk itu perlu kiranya dilakukan penelitian lebih lanjut yang berhubungan dengan keawetan campuran beton aspal.

1. Perlu dilakukan penelitian setiap tahunnya pada titik yang sama dengan cara core benda uji;
2. Perlu penelitian terhadap volume lalu lintas dan beban ESAL;
3. Perlu penelitian lanjutan terhadap lapisan pondasi dan tanah dasar.

This page is intentionally left blank

Daftar Pustaka

- AASHTO, 1986, *Guide for Design of Pavement Structures*, 444n. Capital Street, N.W., Suite 225, Washington, D. C. 20001
- Asphalt Institute, 2001, *Construction of Hot Mix Asphalt Pavement*, Manual Series No.22 (MS-22), Second Edition, Lexington, Kentucky, USA.
- Asphalt Institute, 1997, *Mix Design 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.
- Fithra, H., 2011, *Analysis Pavement Performance Caused by The Overloading Trucks in East Coastal Highway Aceh Province*, Proceedings of The Aceh Development International Conference (ADIC), The National University of Malaysia.
- Fithra, H., 2011, *Hubungan Umur Perancangan dengan Beban berlebih pada Truk di Jalan Pesisir Timur Propinsi Aceh*, Prosiding Seminar Nasional Teknik Sipil, Institut Teknologi Sepuluh Nopember
- Fithra, H., 2014, *Karakteristik Campuran Perkerasan Semi Lentur Yang Ditinjau dari Uji Durabilitas*, Jurnal Teras, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Malikussaleh.
- Fithra, H., 2015, *Konsistensi DMF, JMF, dan Trial Mix AC-BC Pada Jalan Krueng Geukueh – Beureughang Kabupaten Aceh Utara*, Seminar Nasional Teknik Sipil XI, Institut Teknologi Sebelah Maret, Surabaya
- Fithra, H., 2011, *Karakteristik Penggunaan Serbuk Ban Bekas pada Campuran Panas Asphalt Concrete Binder Coarse*, Jurnal Teras, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Malikussaleh.
- Fithra, H., 2017, *Pengaruh Jumlah Tumbukan Pada Campuran Asphalt Concrete Wearing Course (AC-WC) Tamahan Lateks Terhadap*

Sifat Marshall, Jurnal Teras, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Malikussaleh.

Fithra, H., 2010, *Pengaruh Penggunaan Serbuk Ban Karet Sebagai Pengganti Agregat Halus pada Campuran Aspal (HRS - WC)*, Jurnal Saintek, Fakultas Teknik Universitas Malikussaleh

Fithra, H., 2017, *Perbandingan Penilaian Penurunan Indek Permukaan Perkerasan Jalan Metode PCI dan Bina Marga*, International Conference ADIC, Universitas Islam Antar Bangsa, Malaysia.

Sukirman, S., 2003, *Beton Aspal Campuran Panas*, Edisi pertama, Granit, Jakarta.

Sukirman, S., 1992, *Perkerasan Lentur Jalan Raya*, Penerbit Nova, Bandung.

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.

∞

Riwayat Penulis



Dalam mendukung tugas-tugas mengajar di dalam kelas, dosen juga dituntut untuk mampu menjadi praktisi. Kemampuan praktisi sangat dibutuhkan untuk dapat mengajarkan hal-hal baru sesuai dengan perkembangan ilmu pengetahuan dan aplikasi di lapangan. Kemampuan dosen memahami dan mengkolaborasikan antara teori dan aplikasi lapangan, akan memberikan pemahaman yang lebih komprehensif kepada mahasiswa. Sehingga akan sangat memudahkan mahasiswa memahami yang diajarkan dalam kelas dan hubungannya di lapangan. Oleh karenanya semakin banyak dosen berkiprah di dunia praktisi, akan sangat membantu mahasiswa mengikuti perkembangan aplikasi lapangan.

Dosen mempunyai fungsi sebagai tenaga pendidik di perguruan tinggi dengan tugas utama mengajar. Selain mengajar dosen juga dituntut melaksanakan tri dharma perguruan tinggi, yang salah satunya 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, Rakayasa Jalan, Bahan dan Perkerasan Jalan, serta Statistik dan Probabilitas.

Menempuh pendidikan Sarjana Teknik Sipil pada Fakultas Teknik Universitas Sumatera Utara tahun 1994 - 1998. Pascasarjana Magister Sistem dan Teknik Transportasi di Universitas Gadjah Mada 2004 - 2005. Menyelesaikan Program Doktorat pada Program Studi Perencanaan Wilayah Sekolah Pascasarjana Universitas Malikussaleh 2014 - 2018. Penulis juga masih melaksanakan Pendidikan Doktorat dalam bidang Ekonomi Pembangunan di Universitas Terengganu Malaysia. Penulis aktif melaksanakan penelitian dan pengabdian masyarakat serta menulis pada beberapa jurnal yang terbit secara nasional dan prosiding international. Selain itu penulis juga terlibat dalam kegiatan Rehabilitasi dan Rekonstruksi Aceh pasca Gempa

Bumi dan Tsunami tahun 2005 - 2009. Saat ini penulis terlibat dan sebagai pengurus Persatuan Insinyur Indonesia.

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. Pada Tahun 2016 - 2019 sebagai Dekan Fakultas Teknik Universitas Malikussaleh.

∞

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.

Berdasarkan pengamatan di sekitar wilayah Kabupaten Aceh Utara, terdapat penurunan kinerja perkerasan jalan pada ruas jalan maupun persimpangan jalan. Penurunan kinerja jalan dapat disebabkan antara lain karena mutu awal produk 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.

Dalam hal ini perlu adanya penelitian lebih lanjut untuk mengetahui secara pasti sebab-sebab penurunan kinerja yang didasari pada usia jalan tahun setiap tahunnya, salah satunya pada ruas jalan Krueng Geukueh – Beureughang, Kecamatan Dewantara, Kabupaten Aceh Utara. Serta bagaimana upaya perbaikannya pada ruas jalan yang menggunakan lapis permukaan AC-BC.

Penulis ingin mengetahui tingkat penurunan kinerja jalan pada ruas jalan Krueng Geukueh – Beureughang kecamatan Dewantara kabupaten Aceh Utara yang sudah berumur enam tahun, sejak dibangun bulan Oktober tahun 2013.

Karena alasan tersebut, maka peneliti tertarik untuk melakukan penelitian dengan judul “Penurunan Kinerja Jalan pada Ruas Jalan Krueng Geukueh - Beureughang”. Penelitian ini diharapkan akan mengetahui penurunan kinerja jalan berdasarkan nilai stabilitas dan kadar aspal yang tersisa sejak dioperasikan.

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.

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.

UNIMAL PRESS

ISBN 978-602-464-094-1

