

**KARAKTERISTIK MARSHALL ASPHALT CONCRETE-
BINDER COURSE (AC-BC) DENGAN MENGGUNAKAN
LIMBAH BETON SEBAGAI SUBSTITUSI AGREGAT
KASAR**

SKRIPSI

OLEH:

**KRISNA DAMANIK
198110082**



**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MEDAN AREA
MEDAN
2023**

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Document Accepted 4/12/23

Access From (repository.uma.ac.id)4/12/23

**KARAKTERISTIK MARSHALL ASPHALT CONCRETE-
BINDER COURSE (AC-BC) DENGAN MENGGUNAKAN
LIMBAH BETON SEBAGAI SUBSTITUSI AGREGAT
KASAR**

SKRIPSI

Diajukan sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh
Gelar Sarjana di Fakultas Teknik
Universitas Medan Area



Oleh:

**KRISNA DAMANIK
198110082**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MEDAN AREA
MEDAN
2023**

HALAMAN PERNYATAAN

Saya menyatakan bahwa skripsi yang saya susun, sebagai syarat memperoleh gelar sarjana merupakan hasil karya tulis sendiri. Adapun bagian-bagian tertentu dalam penulisan skripsi ini yang saya kutip dari hasil karya orang lain telah dituliskan sumbernya secara jelas sesuai dengan norma, kaidah, dan etika penulisan ilmiah. Saya bersedia menerima saksi pencabutan gelar akademik yang saya peroleh dan saksi-sanksi lainnya dengan peraturan yang berlaku, apabila di kemudian hari ditemukan adanya plagiat dalam skripsi ini.



**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
SKRIPSI UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

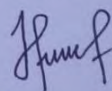
Sebagai sivitas akademik Universitas Medan Area, saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Krisna Damanik
NPM : 198110082
Program Studi : Teknik Sipil
Fakultas : Teknik
Jenis karya : Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Medan Area **Hak Bebas Royalti Noneksklusif (Non Exclusive Royalty Free-Right)** atas karya ilmiah saya yang berjudul : *Karakteristik Marshall Asphalt Concrete-Binder Course (AC-BC) dengan Menggunakan Limbah Beton Sebagai Substitusi Agregat Kasar Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan)*. Dengan hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Medan Area berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database), merawat, dan mempublikasikan skripsi saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Medan
Pada tanggal : 09 Agustus 2023
Yang menyatakan



(Krisna Damanik)

RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Paneitongah Pada tanggal 25 Desember 2000 dari Ayah Apherison Damanik dan Ibu Rusmini Naibaho Penulis merupakan putri kedua dari 4 bersudara. Tahun 2019 Penulis lulus dari SMK Negeri 1 Pematang Raya, kecamatan Raya, Kabupaten Simalungun, Provinsi Sumatera Utara dan pada tahun 2020 terdaftar sebagai Mahasiswa Fakultas Teknik Universitas Medan Area. Pada tahun 2022 Penulis melaksanakan Praktek Kerja Lapangan (PKL) di Proyek Pembangunan Jembatan Aek Tano Ponggo Samosir, Siogung-Ogung, Kec. Pangururan, Kabupaten Samosir, Sumatera Utara.



Medan, 09 Agustus 2023


Penulis

Krisna Damanik

KATA PENGHANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Tuhan yang maha kuasa atas segala karunia-Nya sehingga Skripsi ini berhasil diselesaikan. Tema yang dipilih dalam skripsi ini ialah mengidentifikasi Karakteristik *Marshall Asphalt* dengan Menggunakan Limbah Beton dengan judul Karakteristik *Marshall Asphalt Concrete-Binder Course (AC-BC)* dengan Menggunakan Limbah Beton Sebagai Substitusi Agregat Kasar. Terima kasih penulis sampaikan kepada Bapak Ir. Kamaluddin Lubis, MT. selaku dosen pembimbing dan Ibu Tika Ermita Wulandari, S.T., M.T. selaku Ka. Prodi Teknik Sipil yang telah banyak memberikan saran. Disamping itu penghargaan penulis sampaikan kepada Bapak Henry Dunan sipayang supervisi engineer, Nova Budi M, Twantri Lumban Toruan, Bapak izar, Rokky Nainggolan, Agus, Bang Martin Situmorang surveyor, dan Grace sri Debora Sinaga yang telah banyak membantu penulis selama penyusunan berkas. Ungkapan terima kasih juga disampaikan kepada Ayah Apherson Damanik, Ibu Rusmini Naibaho serta seluruh keluarga atas segala doa dan perhatiannya. Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan, oleh karena itu, kritik dan saran sangat penulis harapkan demi kesempurnaan skripsi ini. Penulis berharap skripsi ini dapat bermanfaat bagi kalangan akademik maupun masyarakat. Akhir kata penulis ucapkan terima kasih.

Penulis


(Krisna Damanik)

ABSTRAK

Dalam pembuatan campuran Asphalt Concrete (AC) untuk lapis permukaan pada perkerasan lentur membutuhkan agregat dalam jumlah banyak. Penggunaan fresh aggregate yang terus menerus dalam jumlah yang besar akan menimbulkan masalah lingkungan di sekitar daerah penambangan tersebut. Pada penelitian ini untuk mengurangi penggunaan agregat baru (fresh aggregate) dicoba dengan pemanfaatan limbah beton untuk mengganti sebagian agregat kasar pada pembuatan campuran AC-BC (Asphalt Concrete- Binder Course). Selain itu pemanfaatan limbah beton yang berasal dari reruntuhan bangunan akibat gempa bumi, bongkaran bangunan, akibat kebakaran maupun limbah beton yang berasal dari kegagalan dalam pembuatan di pabrik beton pracetak, yang dalam jumlah banyak akan menimbulkan masalah negatif bagi lingkungan diharapkan dapat diatasi. Penelitian dimulai dengan pengujian bahan-bahan penyusun beton aspal (aspal, agregat kasar dan agregat halus) dan pengujian limbah beton sebagai pengganti sebagian agregat kasar, serta perancangan campuran beton aspal. Ketentuan aspal, agregat kasar dan agregat halus yang digunakan mengacu Spesifikasi Teknik Bina Marga tahun 2010. Jenis beton aspal yang akan digunakan pada penelitian ini adalah Asphalt Concrete Binder Course (AC-BC) untuk Lapis Pengikat, sesuai dengan Spesifikasi Teknik Bina Marga tahun 2010. Selanjutnya menentukan rumus rancangan campuran beton aspal AC-BC berdasarkan nilai kadar aspal optimum. Karakteristik campuran beton aspal dan gradasi campuran agregat harus memenuhi Spesifikasi Teknik Bina Marga 2010. Kemudian dilakukan pengujian Marshall untuk mengetahui kinerja Lapis Pengikat pada Flexible Pavement, yaitu campuran AC-BC yang menggunakan limbah beton, pada berbagai variasi prosentase limbah beton sebagai pengganti sebagian agregat kasar, yaitu : 0%, 20%, 30%, 40% terhadap total agregat kasar. Kinerja yang diukur adalah karakteristik Marshall, yaitu stabilitas, flow, Marshall Quotient, VMA, VFWA dan VIM pada masing-masing variasi prosentase limbah beton sebagai pengganti sebagian agregat kasar.

Kata kunci: Karakteristik Marshall, AC-BC, Limbah beton

ABSTRACT

Making Asphalt Concrete (AC) mixtures for the surface layer on flexible pavement requires large quantities of aggregate. Continuous use of fresh aggregate in large quantities will cause environmental problems around the mining area. In this research, to reduce the use of fresh aggregate, we tried using concrete waste to replace some of the coarse aggregate in making the AC-BC (Asphalt Concrete-Binder Course) mixture. Apart from that, it is hoped that the utilization of concrete waste originating from building ruins caused by earthquakes, building demolition, fires and concrete waste originating from failures in manufacturing in precast concrete factories, which in large quantities will cause negative problems for the environment. The research began with testing the ingredients that make up asphalt concrete (asphalt, coarse aggregate and fine aggregate) and testing concrete waste as a partial replacement for coarse. The provisions for asphalt, coarse aggregate and fine aggregate used refer to the 2010 Bina Marga Technical Specifications. The type of asphalt concrete that will be used in this research is Asphalt Concrete Binder Course (AC-BC) for Binder Layer, in accordance with the 2010 Bina Marga Technical Specifications. Next, determine the AC-BC asphalt concrete mix design formula based on the optimum asphalt content value. The characteristics of the asphalt concrete mixture and the gradation of the aggregate mixture must meet the 2010 Bina Marga Technical Specifications. Then a Marshall test is carried out to determine the performance of the Binder Layer on Flexible Pavement, namely the AC-BC mixture which uses concrete waste, at various percentages of concrete waste as a partial replacement for coarse aggregate. , namely: 0%, 20%, 30%, 40% of the total coarse aggregate. The performance measured is the Marshall characteristic, namely stability, flow, Marshall Quotient, VMA, VFWA and VIM for each variation in the percentage of concrete waste as a partial replacement for coarse aggregate.

Keywords: *Marshall characteristics of asphalt ac bc concrete waste*

DAFTAR ISI

COVER	i
HALAMAN JUDUL.....	ii
LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI.....	iii
HALAMAN PERNYATAAN.....	iv
RIWAYAT HIDUP.....	v
SKRIPSI UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS.....	vi
KATA PENGHANTAR.....	vii
ABSTRAK.....	viii
<i>ABSTRACT</i>	ix
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Maksud dan Tujuan	Error! Bookmark not defined.
1.5 Manfaat Penelitian	Error! Bookmark not defined.
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Perkerasan Jalan.....	5
2.2 Kontruksi Perkerasan Lentur (<i>Flexible Pavement</i>).....	5
2.3 Lapisan AC-BC (<i>Asphalt Concrete-Binder Course</i>).....	5
2.4 Campuran <i>Asphalt Concrete – Binder Course (AC-BC)</i>	6
2.5 Kontruksi Perkerasan kaku (<i>rigid pavement</i>)	6
2.6 Lapisan Aspal Beton (Laston)	7
2.7 Pejujian Propertis Aspal	10
2.8 Bahan Penyusun Campuran Laston (Lapisan Aspal Beton).....	12
2.8.1 Agregat Kasar	13
2.8.2 Agregat Halus	13
2.8.3 Bahan Pengisi (<i>Filler</i>).....	14
2.8.4 Pengujian Agregat	17
2.8.5 Analisa Saringan.....	17
2.9 Berat jenis	20
2.10 Abrasi.....	20
2.11 Bahan Pengisi (<i>filler</i>).....	20
2.12 Limbah Beton	21
2.13 Agregat Daur Ulang.....	22
2.14 Aspal.....	23
2.15 Jenis-jenis Aspal	24
2.15.1 Aspal Penetrasi 60/70	24
2.15.2 Aspal Modifikasi	25
2.16 Perkiraan Awal Kadar Aspal	26
2.17 Pengujian Marshall.....	27
BAB III METODOLOGI PELAKSANAAN	27
3.1 Deskripsi Penelitian	32
3.2 Lokasi dan Waktu Penelitian	33

3.3 Langkah Penelitian	33
3.3.1 Pengumpulan data.....	33
3.4 Persiapan Bahan dan Peralatan.....	34
3.5 Persiapan Peralatan.....	35
3.6 Pengujian Aspal.....	36
3.7 Penetrasi.....	36
3.8 Titik lembek.....	36
3.9 Pengujian Agregat	37
3.9.1 Agregat halus.....	37
3.9.2 Agregat Kasar.....	37
3.9.3 Pengujian <i>Filler</i>	38
3.10 Perencanaan campuran	38
3.11 Pembuatan Benda Uji	39
3.12 Pengujian Dengan Alat Uji Marshall.....	41
3.13 Analisis dan Pembahasan.....	42
3.14 Berat jenis	43
3.15 Daktilitas.....	43
3.16 Bagan Alir Penelitian.....	44
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	45
4.1 Hasil.....	45
4.2 Hasil Pemeriksaan Bahan.....	49
4.3 Hasil Pemeriksaan Abu Batu.....	55
4.4 Hasil Pengujian <i>Marshall</i> Untuk Menentukan Kadar Aspal Optimum (KAO).....	56
4.5 Hasil Pengujian <i>Marshall</i> menggunakan aspal modifikasi dan Variasi kadar Limbah Beton <i>Density</i>	56
4.6 Hasil Pengujian <i>Marshall</i> menggunakan aspal modifikasi dan Variasi kadar Limbah Beton terhadap Stabilitas.....	57
4.7 Hasil Pengujian <i>Marshall</i> menggunakan aspal modifikasi dan Variasi kadar Limbah Beton terhadap Kelelahan Platis (<i>Flow</i>).....	58
4.8 Hasil Pengujian <i>Marshall</i> menggunakan aspal modifikasi dan Variasi kadar abu batu terhadap <i>Marshall Quatient</i> (MQ).....	59
4.9 Hasil Pengujian <i>Marshall</i> menggunakan aspal modifikasi dan Variasi Limbah Beton terhadap <i>Void In The Mix</i> (VIM).....	59
4.10. Hasil Pengujian <i>Marshall</i> menggunakan aspal modifikasi dan Variasi kadar Limbah Beton terhadap <i>Void In Mineral Aggregate</i> (VMA).....	60
4.11 Hasil Pengujian <i>Marshall</i> menggunakan aspal modifikasi dan Variasi kadar limbah beton terhadap <i>Void Filled With Asphalt</i> (VFA).....	61
BAB V KESIMPULAN.....	62
5.1 Kesimpulan.....	63
5.2 Saran.....	63
DAFTAR PUSTAKA.....	65
LAMPIRAN.....	66

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Spesifikasi propertis Aspal(Spefikasi Umum Bina Marga 2018).....	11
Tabel 2. Ketentuan Agregat halus (Spefikasi Umum Bina Marga 2018).....	16
Tabel 3. Ukuran Butiran Agregat(AASHTO T27-88 atau SNI 03-1968-2002)...	18
Tabel 4. Ketentuan Aspal Penetrasi 60/70 (Spesifikasi Umum 2018 Untuk Pekerjaan Konstruksi JalanDanJembatan, 2018).....	24
Tabel 5. ketentuan sifat campuran beraspal panas laston limbah beton (Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Revisi II).....	26
Tabel 6. Spesifikasi Aspal Pen 60/70 (Bina Marga 2018).....	26
Tabel 7. Hasil Pengujian Propertis Aspal Pen.60/70(Spefikasi Bina Marga umum)	
Tabel 8. Hasil Pengujian Propertis Aspal Pen.60/70 Ditambah Limbah Beton(Hasil Penelitian 2023).....	46
Tabel 9. Hasil Pengujian Berat Jenis Agregat Halus(Hasil Penelitian 2023).....	47
Tabel 10. Hasil Pengujian Berat Jenis Agregat Kasar(Hasil Penelitian 2023).....	48
Tabel 11. Hasil Pengujian Abrasi 100 Putaran(Hasil Penelitian 2023).....	48
Tabel 12. Analisa Saringan Abu batu (Hasil Penelitian, 2023).....	49
Tabel 13. Kriteria Perencanaan Campuran Aspal Beton (Bina Marga).....	50
Tabel 14. Analisa Campuran Agregat Kadar Aspal 5% (Hasil Penelitian).....	51
Tabel 15. Percobaan Marshall Test.....	51
Tabel 16. Faktor Korelasi Stabilitas(SNI 06-2489-1991).....	52
Tabel 17. Hasil Pengujian Aspal(Hasil Penelitian 2023).....	53
Tabel 18. Hasil Pengujian <i>Agregat</i> (Hasil Penelitian 2023).....	53
Tabel 19. Hasil Pengujian Limbah Beton(Hasil Penelitian 2013).....	54
Tabel 20. Rekapitulasi Hasil Pengujian Marshall Untuk Menentukan KAO(Hasil Penelitian 2023).....	56

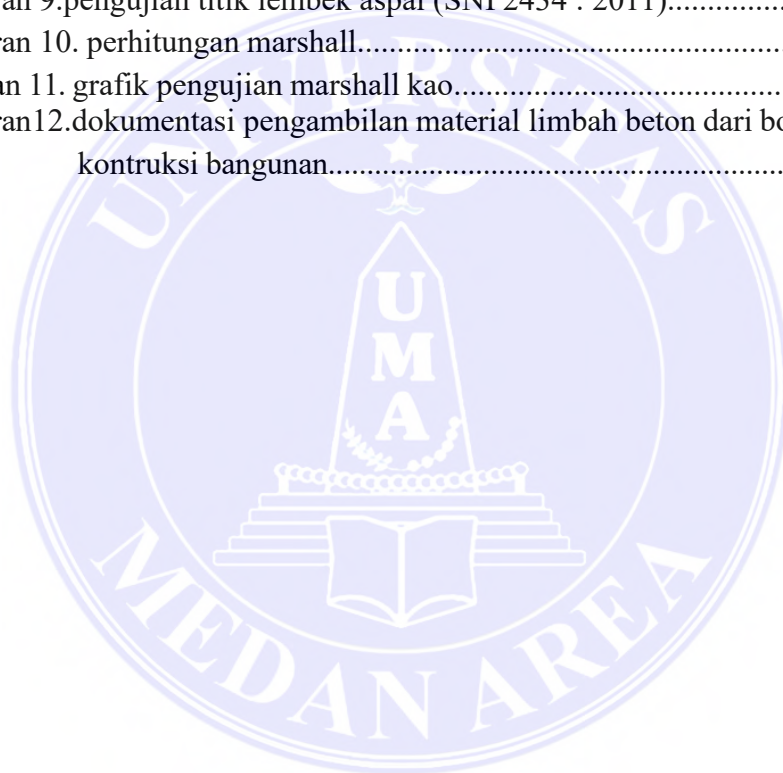
DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Perkerasan Lentur(<i>google earth</i>).....	5
Gambar 2. Agregat daur ulang Mortar yang menempel Agregat yang terbelah(<i>google earth</i>).....	22
Gambar 3. Lokasi Penelitian (<i>google Maps</i>).....	33
Gambar 4. Gradasi Agregat Campuran Aspal AC-BC(Hasil Penelitian, 2023)..	19
Gambar 5. Bagan alir Penelitian.....	44
Gambar 6. Nilai <i>Density</i> (Hasil Penelitian,2023).....	56
Gambar 7. Nilai Stabilitas(Hasil penelitian 2023).....	57
Gambar 8. Nilai Kelelehan Plastis (<i>Flow</i>)(Hasil Penelitian, 2023).....	58
Gambar 9. Nilai Marshall Quantient (MQ) (Hasil Penelitian, 2023).....	59
Gambar 10.Nilai <i>Marshall Quantient</i> (Hasil Penelitian 2023).....	59
Gambar 11.Nilai <i>Voids In Mineral Aggregate</i> (VMA)(Hasil Penelitian, 2023)..	60
Gambar 12.Nilai <i>Void Filled With Asphalt</i> (VFA) (Hasil Penelitian, 2023).....	70



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1.pengujian analisa saringan agregat sni astm(C136:2012).....	66
Lampiran 2.pengujian analisa saringan agregat sni astm (C136:2012).....	67
Lampiran 3.pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat kasar (SNI 03-1969-2016).....	68
Lampiran 4.pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat halus (SNI 03-1970-2016).....	69
Lampiran 5.keausan agregat dengan mesin abrasi los angeles.....	70
Lampiran 6.pengujian penetrasi aspal (SNI 2456:2011).....	71
Lampiran 7.pengujian titik lembek aspal (SNI 2434 : 2011).....	72
Lampiran 8.pengujian titik lembek aspal (SNI 2434 : 2011).....	73
Lampiran 9.pengujian titik lembek aspal (SNI 2434 : 2011).....	78
Lampiran 10. perhitungan marshall.....	79
lampiran 11. grafik pengujian marshall kao.....	80
Lampiran12.dokumentasi pengambilan material limbah beton dari bongkaran kontruksi bangunan.....	81



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Jalan adalah prasarana transportasi darat yang memiliki peranan yang sangat penting. Di Indonesia sendiri, transportasi merupakan sarana penunjang berbagai aspek kehidupan terutama dari segi perekonomian. Permasalahan di bidang transportasi merupakan permasalahan yang kompleks yang tidak dapat dihindari. Semakin tinggi daya beli masyarakat, menyebabkan kebutuhan akan kegiatan transportasi meningkat sehingga menimbulkan masalah pada konstruksi jalan itu sendiri. Banyak faktor yang dapat menyebabkan kerusakan pada bagian jalan, terutama bagian lapis perkerasannya, misalnya beban kendaraan yang terlalu berat, volume lalu lintas yang terlalu padat yang mengakibatkan kemacetan, kondisi lingkungan, dan genangan air yang diakibatkan oleh drainase yang tidak berfungsi dengan baik.

Perkerasan lentur (*Flexible Pavement*) merupakan salah satu perkerasan jalan yang sering digunakan di Indonesia. Kelebihan dari jenis perkerasan ini adalah fleksibilitas/kelenturan yang dapat diciptakan kenyamanan kendaraan pada saat melintas di atasnya. Jenis perkerasan ini juga tergolong lebih ekonomis pada pengerjaan maupun dalam perawatannya. Lapis Aspal Beton (Laston) merupakan lapis permukaan struktural atau lapisan yang berada di atas pada jalan raya. Laston merupakan campuran aspal keras, agregat yang bergradasi menerus dan bahan pengisi (*filler*) yang dicampur, dihamparkan dan dipadatkan dalam kondisi panas.

Laston bersifat kedap air, mempunyai nilai struktural, dan awet. Laston adalah aspal beton yang mempunyai gradasi yang digunakan untuk jalan-jalan dengan

beban lalu lintas berat, laston juga dikenal dengan nama AC (*Asphalt Concrete*). Laston lapisan aus atau lapisan pondasi bawah (sub base) yang disebut AC-BC (*Asphalt Concrete-Binder Course*) adalah bagian beban kedua yang berupa bahan butiran yang berada di atas tanah dasar di bentuk dan dipadatkan. Telah banyak diteliti bahwa dengan menggunakan bahan adiktif (bahan tambahan) dari material-material lokal ramah lingkungan dapat digunakan untuk memodifikasi sifat-sifat aspal dalam campuran beton aspal, agar dapat meningkatkan kinerja perkerasan.

Pengolahan limbah beton adalah salah satu usaha melakukan kegiatan proses daur ulang atau penggunaan kembali suatu bahan agar dapat menjadi sebuah produk yang mempunyai nilai ekonomis, termasuk penggunaan dalam konstruksi perkerasan. Penelitian ini menggunakan material limbah Beton sebagai bahan tambah pada campuran beraspal serta menjadi solusi penanganan limbah beton. Pada penelitian ini limbah beton akan dicampurkan pada campuran aspal AC-BC. Selain hal tersebut, campuran ini juga membutuhkan bahan pengisi (*filler*) untuk mendukung kekuatan, jumlah rongga udara, permeabilitas dan ketahanan terhadap gaya luar mendukung kekuatan, jumlah rongga udara, permeabilitas dan ketahanan terhadap gaya luar serta pengaruh cuaca sehingga dapat mewujudkan konstruksi yang tahan terhadap air dan udara. Bahan pengisi yang sering digunakan ialah abu batu, kapur, *portland cement* dan lain sebagainya. Dalam penelitian ini peneliti menggunakan Limbah Beton batu pecah sebagai pengganti *agregat kasar* tambahan dikarenakan limbah beton merupakan sebuah substansi yang keras dan rapuh, serta di dalam limbah beton terdapat campuran mortar sebagai bahan komponen utama. Dapat diketahui bahwa *mortar* merupakan bahan yang bersifat mengikat atau memiliki angka *adhesi* yang cukup tinggi.

Alasan pemanfaatan limbah beton merupakan wujud kepedulian terhadap lingkungan sebagai bahan tepat guna, selain itu limbah beton memiliki sifat yang mudah diproses, kuat, fleksibel, kedap air, dan di dalam limbah mempunyai kandungan *mortar* yang tinggi, sehingga diharapkan akan menambah daya tahan lapis perkerasan aspal terhadap kerusakan yang disebabkan oleh air dan cuaca.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian di atas, maka dirumuskan permasalahan berikut :

1. Bagaimana Karakteristik Marshall Campuran AC-BC yang menggunakan limbah beton sebagai pengganti agregat kasar?
2. Berapa penambahan agregat Limbah beton yang optimum untuk campuran AC-BC?
3. Keberadaan limbah beton yang banyak tidak di imbangi dengan pemanfaatan yang maksimal oleh masyarakat yang mengakibatkan pencemaran lingkungan.

1.3 Batasan Masalah

Dalam penelitian ini di perlukan batasan-batsan masalah sebagai berikut :

1. Limbah beton berupa Limbah yang berasal dari bongkaran kontruksi bangunan, tetapi bukan limbah bangunan seperti dinding yang terdapat batu batanya atau bahan yang lainnya.
2. Komposisi Limbah beton yang digunakan sebesar 20%, 40%, dan 50% dari total berat aspal
3. Pengujian akan dilakukan pada penelitian ini terdiri dari :
 - Pemeriksaan aspal meliputi berata jenis, Penetrasi, daktilitas, dan Titik Lembek

- Pemeriksaan agregat meliputi gradasi agregat, abrasi Agregat, dan Berat Jenis Agregat.
- Pemeriksaan campuran dengan menggunakan metode *Marshall* untuk mendapatkan hasil stabilitas (*Stability*) dan kelelahan (*flow*).

1.4 Maksud dan Tujuan

Tujuan yang dapat dicapai dalam penelitian ini yaitu :

1. Untuk mengetahui karakteristik *Marshall* campuran AC-BC yang menggunakan limbah beton sebagai substitusi agregat kasar.
2. Untuk mengetahui pengaruh tambahan limbah beton terhadap *Marshall asphalt concrete-Binder course* AC-BC.
3. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui hasil maksimal dari campuran limbah beto terhadap *marshall asphalt concrete-binder course* AC-BC.

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun Manfaat dari Penelitian ini antara lain :

1. Untuk mengetahui sejauh mana presentase limbah beton dapat digunakan pada campuran aspal modifikasi pada laston AC-BC
2. Mengetahui pengaruh penambahan limbah beton terhadap nilai uji *marshall*
3. Sebagai pedoman dan rujukan bagi peneliti lain untuk melakukan penelitian yang terkait dalam pengembangan penelitian lebih lanjut.
4. Dengan adanya penelitian ini diharapkan limbah dari bongkaran konstruksi bangunan dapat di manfaatkan sebagai bahan agregat pengganti dan dapat mengurangi penggunaan bahan alam ,karna jumlahnya yang terus berkurang. Serta dapat mengurangi pencemaran limbah beton terhadap lingkungan.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.2 Perkerasan Jalan

Perkerasan jalan merupakan lapisan tambahan yang terletak di antara tanah dan roda kendaraan atau lapisan paling atas dari badan jalan. Sukirman (2010) mengungkapkan, konstruksi perkerasan jalan dilihat dari bahan pengikatnya yang dibedakan atas :

2.1 Kontruksi Perkerasan Lentur (Flexible Pavement)

Perkerasan lentur (*Flexible Pavement*) merupakan jenis perkerasan yang menggunakan aspal sebagai bahan pengikatnya. Setiap lapisan- lapisan perkerasannya bersifat memikul dan menyebarkan beban lalu lintas ke tanah dasar. Kontruksi perkerasan lentur sendiri terdiri dari 3 lapisan yaitu :



Gambar 2. 1 Perkerasan Lentur

(sumber :gbrpekerasanlentur.com)

2.2 Lapisan AC-BC (Asphalt Concrete-Binder Course)

AC- BC satu bagian dari bagian perkerasan yang dapat digunakan sebagai

lapisan antara untuk menahan beban terhadap maksimum akibat beban lalu lintas, sehingga di butuhkan suatu campuran yang memiliki ketahanan yang cukup. Untuk mendapat campuran AC-BC dapat memenuhi mutu yang di butuhkan, maka diperlukan suatu pengetahuan tentang sifat, pengadaan dan pengolahan bahan yang diperlukan. secara umum bahan perkerasan campuran AC-BC terdiri dari agregat kasar, agregat halus, bahan pengisi (*filler*) dan aspal. agregat kasar yang digunakan dari limbah beton berupa batu pecah dengan spesifikasi tertentu yang berupa hasil dari mesin pemecah batu (*stone crusher*). agregat halus terdiri dari pasir atau pengayakan batu pecah yang memenuhi spesifikasi sebagai bahan campuran AC-BC. Bahan pengisi (*filler*) yang umum digunakan adalah abu batu yang diperoleh dari hasil sampingan mesin pemecah batu. Pemecahan agregat menggunakan mesin pemecah (*stone crusher*) menghasilkan abu batu sebagai hasil sampingan tidak seimbang dengan jumlah kebutuhan campuran yang dibutuhkan. Oleh karena itu di coba untuk mencari solusi dengan menggunakan limbah beton namun hal tersebut perlu di pertimbangkan lebih dahulu. maka dengan ini di lakukan penelitian campuran AC-BC dengan menggunakan limbah beton dari bongkaran konstruksi bangunan.

2.3 Campuran Asphalt Concrete – Binder Course (AC-BC)

Campuran *Asphalt Concrete-Binder Course* (AC-BC) agregat yang digunakan adalah agregat bergradasi menerus. Sedangkan yang dimaksud gradasi menerus adalah komposisi yang menunjukkan pembagian butiran yang merata mulai dari ukuran yang terbesar sampai ukuran yang terkecil. Persyaratan gradasi agregat untuk campuran *Asphalt Concrete – Binder Course* (AC-BC).

2.4 Kontruksi Perkerasan kaku (rigid pavement)

Perkerasan kaku yaitu perkerasan yang menggunakan semen sebagai bahan pengikatnya. Pada beton dengan atau tanpa tulangan diletakkan di atas tanah dasar dengan atau tanpa lapisan pondasi bawah. Selanjutnya beban lalu lintas akan dipikul oleh pelat beton tersebut.

2.6 Lapisan Aspal Beton (Laston)

Lapisan aspal beton (LASTON) adalah suatu lapisan pada konstruksi jalan yang terdiri dari campuran dan dihamparkan dalam keadaan panas serta dipadatkan pada suhu tertentu. Ciri lainnya adalah memiliki sedikit rongga dalam struktur agregatnya, saling mengunci satu dengan lainnya, oleh karena itu aspal beton memiliki sifat stabilitas tinggi dan relatif kaku. Sesuai fungsinya Laston (AC) mempunyai 3 macam campurannya yaitu :

1. Laston sebagai lapisan aus, dikenal dengan nama AC-WC (*Asphalt Concrete-Wearing Course*), dengan tebal nominal minimum adalah 4cm.
2. Laston sebagai lapisan antara dikenal dengan nama AC-BC (*Asphalt Concrete-Binder Course*), dengan tebal nominal minimum adalah 6cm.
3. Laston sebagai lapisan pondasi, dikenal dengan nama AC-Base (*Asphalt Concrete-Base*), dengan tebal nominal minimum adalah 7,5cm.

Sebagai lapisan permukaan perkerasan jalan, Laston (AC) mempunyai nilai struktur, kedap air, dan mempunyai stabilitas tinggi. Ketentuan sifat-sifat campuran beraspal panas menurut Spesifikasi Bina Marga 2018 Revisi II untuk Laston (AC) bergradasi kasar, tertera pada Tabel berikut :

Suatu campuran aspal beton harus memiliki karakteristik campuran yang baik. Karakteristik tersebut meliputi : Stabilitas, durabilitas, fleksibilitas, tahanan geser, kedap air, kemudahan pekerjaan (Sukirman, 2010).

1. Stabilitas

Stabilitas merupakan kemampuan perkerasan untuk dapat menerima beban lalu lintas dan melawan deformasi atau perubahan bentuk. Faktor-faktor yang mempengaruhi nilai stabilitas beton aspal antara lain :

- a. Gesekan internal (internal friction) yang disebabkan oleh kekasaran permukaan butir-butir agregat, luas bidang kontak antar butir atau bentuk butir, gradasi, agregat, kepadatan campuran dan tebal film aspal.
- b. Kohesi (cohesion) atau gaya ikat aspal yang disebabkan oleh daya lekatnya, sehingga mampu memelihara tekanan kontak antar butir agregat.

2. Durabilitas

Durabilitas atau keawetan merupakan kemampuan aspal beton untuk dapat menerima repetisi beban lalu lintas. Faktor-faktor yang mempengaruhi durabilitas atau keawetan lapis aspal beton antara lain :

a. Void In the Mix (VIM)

Apabila nilai VIM kecil akan menyebabkan terjadinya oksidasi dan kerapuhan pada aspal akibat dari kedapnya lapisan terhadap air dan udara tidak masuk ke dalam campuran.

b. Void in the Mineral Aggregate (VMA)

Apabila VMA, VIM dan kadar aspal tinggi dapat menyebabkan kemungkinan terjadinya bleeding yang cukup besar.

c. Film/Selimut Aspal

Tebalnya film/selimut aspal dapat menyebabkan tingginya durabilitas lapis aspal beton dan kemungkinan bleeding yang besar.

d. Fleksibilitas

Fleksibilitas atau kelenturan merupakan kemampuan aspal beton untuk dapat menyesuaikan diri terhadap perubahan bentuk dari lapisan di bawahnya tanpa terjadi retak, seperti terjadinya penurunan (konsolidasi/settlement). Fleksibilitas yang tinggi dapat diperoleh dengan menggunakan agregat yang bergradasi senjang, menggunakan aspal lunak dan menggunakan aspal yang cukup banyak.

e. Kedap Air (Impermeabilitas)

Impermeabilitas atau impermeability merupakan kemampuan aspal beton untuk kedap terhadap air ataupun udara ke dalam lapisan aspal beton. Air dan udara dapat mengakibatkan percepatan proses penuaan aspal dan pengelupasan film/selimut aspal dari permukaan agregat. Tingkat impermeabilitas aspal beton berbanding terbalik dengan tingkat durabilitasnya. Menurut Spesifikasi Umum Bina Marga Tahun 2018, terdapat tiga jenis campuran beraspal di Indonesia antara lain :

1. Latasir (Lapis Tipis Aspal Pasir/Sand Sheet)

Latasir merupakan lapis penutup permukaan perkerasan yang terdiri atas agregat halus atau pasir ataupun campuran keduanya dan aspal keras yang dicampur, dihampar dan dipadatkan dalam keadaan panas pada temperatur tertentu.

2. Lataston (Lapisan Tipis Aspal Beton/Hot Rolled Sheet)

Laston merupakan lapis penutup perkerasan yang terdiri dari campuran agregat bergradasi senjang, filler dan aspal keras dengan perbandingan tertentu yang dicampur, dihampar dan dipadatkan secara panas pada temperatur tertentu.

3. Laston (Lapis Aspal Beton/Asphalt Concrete)

Laston merupakan lapis perkerasan yang terdiri dari campuran aspal keras dan agregat bergradasi menerus (well graded) dengan perbandingan tertentu yang dicampur, dihampar dan dipadatkan secara panas pada temperatur tertentu.

2.7 Peujian Propertis Aspal

Pengujian propertis aspal perlu dilakukan untuk dapat mengetahui apakah aspal yang digunakan pada penelitian memenuhi syarat yang telah ditentukan. Beberapa pemeriksaan aspal propertis yang biasa dilakukan adalah penetrasi, berat jenis, titik lembek, daktilitas, titik nyala dan titik bakar, kehilangan berat dan kelekatan aspal terhadap agregat. Pemeriksaan yang dilakukan pada penelitian ini adalah penetrasi, titik lembek, berat jenis dan daktilitas.

a. Penetrasi

Tes Penetrasi merupakan tes yang mudah dilakukan dan menggunakan peralatan yang sederhana/mudah, sehingga digolongkan sebagai tes dasar yang harus dilakukan untuk menentukan kelas aspal, tes ini dilakukan dengan cara menuangkan aspal panas yang telah dipanaskan kedalam cawan, setelah itu rendam dalam bak perendaman selama 1-1,5 jam. Kemudian pengujian ini dilakukan dengan membebani permukaan aspal seberat 100 gram pada tumpuan jarum berdiameter 1 mm selama 5 detik pada temperatur 250c. Besarnya penetrasi diukur dan dinyatakan dalam angka yang dikalikan dengan 0,1 mm.

b. Berat jenis

Berat jenis adalah pemeriksaan berat jenis aspal yang akan menjadi penting untuk informasi selanjutnya dalam mencari besaran tes pada waktu pelaksanaan pekerjaan. Batasan minimal yang dicantumkan dalam spesifikasi syarat berat jenis di atas 1,0 gram/cc.

c. Titik lembek

Tes titik lembek bertujuan untuk menentukan temperatur kelelehan aspal. Tes ini merupakan tes yang dianjurkan sebagai tes awal untuk penerimaan bahan aspal di lapangan. Nilai titik lembek yang biasa diperoleh sekitar 48°C. Tes ini dilakukan dengan melihat waktu dan suhu yang dibutuhkan untuk bola baja berdiameter 9,35 mm mendorong aspal yang berada pada cincin kuningan untuk menyentuh plat dasar.

d. Daktilitas

Daktilitas adalah panjang tarikan tanpa putus dari mesin daktilitas yang terdiri dari sepasang mangkuk aspal yang dapat ditarik terpisah pada kecepatan tertentu hingga mencapai jarak minimal 100 cm. Tes ini dilakukan pada suhu kamar 25°C sebagai standar suhu tes daktilitas. Spesifikasi properti aspal dapat dilihat pada Tabel 2.4.

Tabel 2.5 Spesifikasi properti Aspal

Jenis Pemeriksaan	Unit	Metode Uji	Aspal 60/70 Aspal Modi		
			Min	Max	Min
Penetrasi °C	0,1mm	SNI-06- 2456-1991	60	70	50
Titik Lembek	°C	SNI 2434-2011	48		54
Berat Jenis Aspal		SNI 244:2011	≥1		≥1
Daktilitas	cm	SNI 2432- 2011	≥100		≥100

2.7 Bahan Penyusun Campuran Laston (Lapisan Aspal Beton)

Bahan-bahan penyusun campuran lapisan aspal beton terdiri dari agregat kasar, agregat halus, aspal, dan *filler*. Dalam proses perencanaan perkerasan jalan, bahan penyusun campuran aspal beton menjasi bagian yang diutamakan dalam pertimbangan analisa parameter perencanaan. Hal ini dikarenakan salah satu parameter kekuatan kontruksi jalan terletak pada pemilihan material yang tepat (Saodang, 2005). Berikut penjelasan

Bahan penyusun campuran aspal beton :

2.7.1 Agregat Kasar

Fraksi agregat kasar untuk rancangan campuran adalah yang tertahan ayakan No.4 (4,75 mm) yang dilakukan secara basah dan harus bersih, keras, awet dan bebas dari lempung atau bahan yang tidak dikehendaki lainnya dan memenuhi ketentuan yang diberikan. Fraksi agregat kasar harus dari batu pecah mesin dan disiapkan dalam ukuran nominal sesuai dengan jenis campuran yang direncanakan. Angularitas agregat kasar didefinisikan sebagai persen terhadap berat agregat yang lebih besardari 4,75 mm denganmuka bidang pecah satu atau lebih berdasarkan uji menurut SNI 7619:2012. Fraksi agregat kasar harus ditumpuk terpisah dan harus

dipasok ke instalasi pencampur aspal dengan menggunakan pemasok penampung dingin (*cold bin 10 feeds*) sedemikian rupa sehingga gradasi gabungan agregat dapat dikendalikan dengan baik

2.7.2 Agregat Kasar

Fraksi agregat kasar untuk rancangan campuran adalah yang tertahan ayakan No.4 (4,75 mm) yang dilakukan secara basah dan harus bersih, keras, awet dan bebas dari lempung atau bahan yang tidak dikehendaki lainnya dan memenuhi ketentuan yang diberikan. Fraksi agregat kasar harus dari batu pecah mesin dan disiapkan dalam ukuran nominal sesuai dengan jenis campuran yang direncanakan. Angularitas agregat kasar didefinisikan sebagai persen terhadap berat agregat yang lebih besardari 4,75 mm denganmuka bidang pecah satu atau lebih berdasarkan uji menurut SNI 7619:2012. Fraksi agregat ksar harus ditumpuk terpisah dan harus dipasok ke instalasi pencampur aspal dengan menggunakan pemasok penampung dingin (*cold bin 10 feeds*) sedemikian rupa sehingga gradasi gabungan agregat dapat dikendalikan dengan baik.

2.7.3 Agregat Halus

Agregat halus dari sumber bahan manapun, harus terdiri daripasir atau hasil pengayakan batu pecah dan terdiri dari bahan yang lolos ayakan No. 4 (4,75 mm). Fraksi agregat halus pecah mesin dan pasir harus ditempatkan terpisah dari agregat kasar. Agregat pecah halus dan pasir harus ditumpuk terpisah dan harus dipasok ke instalasi campuran aspal dengan menggunakan pemasok penampung dingin (*cold binfeeds*) yang terpisah sehingga gradasi gabungan dan presentase pasir di dalam campuran dapat dikendalikan dengan baik. Pasir alam dapat digunakan dalam campuran AC sampai suatu batas yang tidak melampaui 15% terhadap berat total

campuran. 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 untuk memperoleh agregat halus yang memenuhi ketentuan diatas. Agregat halus harus memenuhi ketentuan sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 2.5.

Tabel 2.6 Ketentuan Agregat halus

Penguji	Metode Penguji	Nilai
Nilai setara pasir	SNI 03-4428-1997	Min 50%
Uji kadar rongga tanpa pemadatan	SNI 03-6877-2002	Min 45%
Gumpalan Lempung dan Butir- butir mudah pecah dalam Agregat	SNI 03-4141-1996	Maks 1%
Agregat Lolos Ayakan No 200	SNI ASTM C117 -2012	Maks10%

2.7.4 Pengujian Agregat

Menurut SNI 03-2847-2002, agregat adalah material granular, misalnya pasir, kerikil, batu pecah, dan kerak tungku pijar, yang dipakai bersama- sama dengan suatu media pengikat untuk membentuk suatu beton atau adukan semen hidraulik. Berdasarkan ukuran besar butirnya, agregat yang dipakai dalam adukan beton dapat dibedakan menjadi dua jenis, yaitu agregat halus dan agregat kasar. (Saifuddin dkk.,2013). Pengujian agregat dilakukan untuk mempersiapkan agregat yang akan digunakan telah sesuai dengan ketentuan yang telah ditetapkan. Penggunaan agregat dalam pembuatan beton sangat mempengaruhi sifat-sifat beton. Pemeriksaan yang biasa dilakukan adalah ukuran butiran, gradasi, penyerapan, bentuk partikel, tekstur permukaan dan kelekatan terhadap aspal. Pada penelitian ini hanya dilakukan pemeriksaan analisa saringan, berat jenis agregatnya dan abrasi.

2.7.5 Analisa Saringan

Pengujian analisa saringan dilakukan untuk mengetahui ukuran butiran, mengetahui susunan butiran tanah dan perencanaan kombinasi agregat. Ukuran butiran tanah ditentukan dengan menyaring sejumlah tanah melalui seperangkat saringan yang disusun dengan lubang yang paling besar berada paling atas (Silvia Sukirman, 2012). Gradasi berdasarkan ukuran agregat merupakan hal yang penting dalam menentukan stabilitas perkerasan. Gradasi agregat mempengaruhi besarnya rongga antar butir yang akan menentukan stabilitas dan kemudahan dalam proses pelaksanaan. Angregat yang mempunyai ukuran seragam akan menghasilkan pori antar butiran menjadi besar. Sebaliknya jika agregat mempunyai ukuran bervariasi akan mempunyai volume pori kecil, dimana butiran kecil mengisi pori diantara butiran besar sehingga pori-porinya menjadi sedikit (Sukirman, 2010). Gradasi agregat diperoleh dari hasil analisa saringan dengan menggunakan 1 set saringan dengan urutan sesuai dengan urutan penomoran.

Tabel 2.7 Ukuran Butiran Agregat

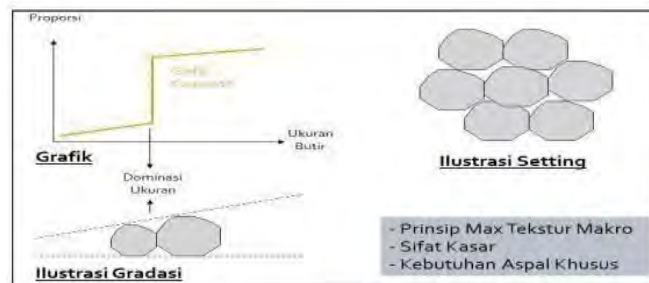
Ukuran	Bukaan(%)	Ukuran	Bukaan(mm)
4 inch	100	3/8 inch	9,5
3 ½ inch	90	No. 4	4,75
3 inch	75	No. 8	2,36
2 ½ inch	63	No. 16	1,18
2 inch	50	No. 30	0,6
1 ½ inch	37,5	No. 50	0,3
1 inch	25	No. 100	0,15
¾ inch	19	No. 200	0,075
½ inch	12,5		

(Sumber : AASHTO T27-88 atau SNI 03-1968-2002)

Gradasi agregat dibedakan menjadi 3 jenis yaitu :

1. Gradasi Seragam

Agregat yang mempunyai kesamaan atau hampir sama disebut agregat seragam. Agregat ini mempunyai pori antar butir yang cukup besar, sehingga sering juga disebut bergradasi terbuka. Berikut ilustrasi dari agregat bergradasi seragam.

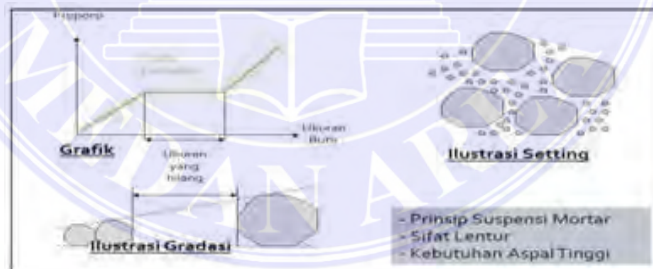


Gambar 2.2 Ilustrasi Gradasi Seragam

(Sumber: <http://www.gloopic.net/berita/idtsvA9u3xt15VQF>)

2. Gradasi Senjang

Gradasi senjang merupakan gradasi dengan agregat yang tidak memiliki ukuran yang tak sama rata dan memiliki sela. Berikut ilustrasi dari agregat bergradasi senjang.

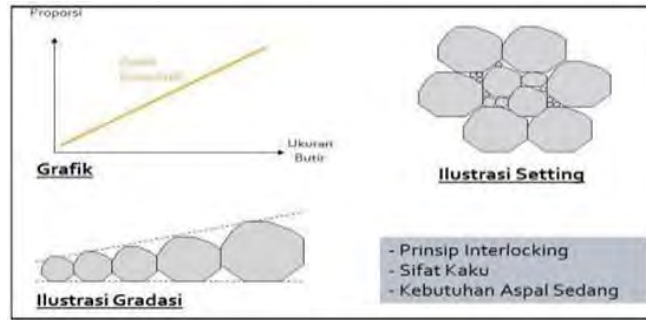


Gambar 2.3 Ilustrasi Gradasi Senjang

(Sumber: <http://www.gloopic.net/berita/idtsvA9u3xt15VQF>)

3. Gradasi Menerus

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



Gambar 2.4 Ilustrasi Gradasi Menerus

(Sumber: <http://www.gloopic.net/berita/idtsvA9u3xt15VQF>)

Rongga dalam campuran yang tidak ditempati oleh agregat dinamakan VMA (*Void in mineral aggregate*) (*The Asphalt Institute*). Rongga ini sebagian akan diisi oleh aspal pada campuran aspal, sehingga jumlah rongga udara yang akan tersisa secara tidak langsung ditentukan oleh VMA. Persentase minimum rongga dalam agregat untuk ukuran maksimum agregat dalam suatu campuran agregat. Dalam perkerasan, gradasi agregat merupakan salah satu faktor penentu kinerja perkerasan tersebut. Setiap jenis perkerasan jalan memiliki gradasi agregat tertentu sesuai dengan spesifikasi material perkerasan jalan atau yang ditetapkan oleh berwenang.

2.8 Berat jenis

Pengujian berat jenis dilakukan sebagai parameter petunjuk berat dalam perencanaan campuran. Berat jenis agregat merupakan perbandingan antara volume agregat terhadap volume air. Agregat dengan berat jenis kecil, mempunyai volume yang besar, atau berat yang ringan (Silvia Sukirman, 2012).

2.9 Abrasi

Pengujian abrasi merupakan uji dasar kekuatan batuan pendukung *matrix*,

overcompaction dan tidak mudah tergerus menjadi debu batu. Pengujian ini dilakukan dengan mesin *Los Angeles Abrasion Machine* dimana contoh batuan dan bola-bola besi diputar sebanyak 400 kali di dalamnya. Perbedaan timbangan sebelum dan sesudah putaran disyaratkan maksimum hilang 30% untuk lapis permukaan dan 40% untuk lapis pondasi atas.

2.10 Bahan Pengisi (*filler*)

Filler merupakan material pengisi dalam lapisan aspal. *Filler* dalam campuran beton aspal adalah bahan yang 100% lolos saringan No.100 dan paling kurang 75% lolos saringan No.200. Fungsi *filler* yaitu untuk mengisi rongga antar agregat halus dan kasar yang dapat diperoleh dari hasil pemecahan batuan secara alami maupun buatan. Macam bahan pengisi yang dapat digunakan ialah abu batu, kapurpadam, portland cement (PC), debu dolomite, abu terbang, debu tanur tinggi pembuat semen atau bahan mineral tidak plastis lainnya. Bahan pengisi bertujuan untuk meningkatkan kekentalan bahan bitumen dan untuk mengurangi sifat rentan terhadap temperatur. Keuntungan lain dengan adanya bahan pengisi adalah karena banyak terserap dalam bahan bitumen maka akan menaikkan volumenya. Selain itu bahan pengisi (*filler*) dapat mengurangi volume pori-pori atau rongga sehingga dapat meningkatkan kepadatan dan dapat menurunkan permeabilitas campuran aspal (Hamzah dkk., 2016). Adapun *filler* yang digunakan pada penelitian dan dijadikan perbandingan dalam penelitian ini yaitu sebagai berikut :

- Semen *Porland*

Semen *Portland* adalah semen hidrolis yang dihasilkan dengan cara mencampurkan batu kapur yang mengandung (CaO) dan lempung yang mengandung silika (SiO₂), oksida alumina (Al₂O₃) dan oksida besi (Fe₂O₃) dalam oven dengan suhu kira-kira 145°C sampai menjadi klinker. Klinker ini dipindahkan, digiling sampai halus disertai penambahan 3-5% gips untuk mengendalikan waktu pengikat semen agar tidak berlangsung terlalu cepat.

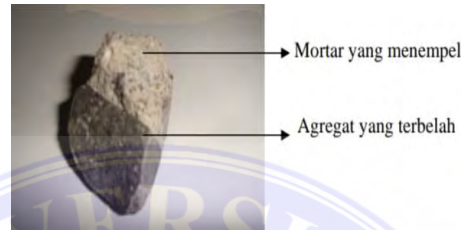
2.11 Limbah Beton

Limbah beton merupakan hasil dari pembongkaraan konstruksi bangunan dan material yang sudah bukanlah murni agregat alam, melainkan terdapat bahan-bahan lain berupa semen dan air yang menyatu jadi pasta. Pemakaian limbah padat sebagai pengganti agregat kasar terhadap pembuatan asphalt di harapkan mampu mengurangi penggunaan material alam. Limbah padat tersebut berupa bongkaran beton dari konstruksi bangunan. Oleh karna itu dalam penelitian ini limbah beton akan dicoba sebagai material bahan pengisi campuran asphalt dan untuk melihat apakah dapat memberikan dampak positif terhadap Concrete-Binder Course (AC-BC)

2.12 Agregat Daur Ulang

Agregat daur ulang adalah agregat yang berasal dari limbah beton dimana dalam penelitian ini kami menggunakan limbah beton yang berasal dari sisa benda uji di laboratorium bahan dan konstruksi Teknik Sipil Unika, yang dihancurkan secara manual menjadi agregat halus dan kasar yang digunakan sebagai bahan pengganti agregat alam sebagian atau seluruhnya dalam campuran beton. Agregat daur ulang merupakan salah satu kelompok agregat buatan. Dimana agregat buatan yaitu agregat yang dibuat dengan tujuan penggunaan tertentu, atau karena kekurangan agregat batuan-batuan alam. Proses pembuatan agregat daur ulang

dilakukan dengan cara memecahkan limbah beton menjadi ukuran agregat dengan gradasi yang baik sebagai pengisi beton. Pecahan limbah beton ini dapat berupa agregat yang terbelah, agregat dengan mortar yang menempel pada permukaannya dan pecahan mortar dari limbah beton, untuk memperjelas hal ini dapat dilihat pada gambar dibawah.



Gambar II.1 Agregat daur ulang Mortar yang menempel
Agregat yang terbelah

2.13 Aspal

Aspal merupakan bahan pembentuk lapisan permukaan dari perkerasan lentur maupun perkerasan komposit yang digunakan sebagai bahan pengikat dalam stabilitas tanah dasar atau lapis pondasi. Aspal adalah material hasil penyaringan minyak mentah dan merupakan hasil dari industri perminyakan. Aspal merupakan material untuk perekat, yang berwarna coklat gelap sampai hitam, dengan unsur pokok yang dominan adalah *bitumen*. Hidrokarbon merupakan bahan dasar utama dari aspal yang sering disebut *bitumen* ini. Aspal pada lapisan perkerasan jalan berfungsi sebagai bahan ikat antara butir agregat agar terbentuk material yang padat, sehingga dapat memberikan kekuatan dan ketahanan campuran dalam mendukung beban kendaraan. Aspal dibutuhkan dalam jumlah tertentu untuk mengikat partikel-partikel agregat, mengisi antar 7 agregat. Kadar aspal yang rendah dalam campuran akan mengurangi keawetan, kelenturan, kekuatan, kedap air terhadap air, dan mengurangi

workability. Namun, bila aspal terlalu banyak juga akan mengakibatkan stabilitas dan kekakuan campuran yang rendah. Soadang(2005), aspal terdiri dari unsur *carbon* (C) sebagai komponen utama $\pm 80\%$, *hidrogen*(H) $\pm 10\%$ dan sisanya berupa sulfur (s) yang membentuk berbagai persenyawaan hidrokarbon. Pada konstruksi perkerasan jalan, aspal memiliki fungsi sebagai berikut :

1. Sebagai bahan pengikat dengan butiran agregat
2. Sebagai bahan pengisi, mengisi rongga antar butir-butir agregat dan pori-pori yang ada pada agregat itu sendiri.

2.14 Jenis-jenis Aspal

Aspal minyak atau disebut juga aspal semen, aspal keras, bitumen, atau aspal baku adalah kumpulan bahan-bahan tersisa dari proses destilasi minyak bumi, sisa produk kilang minyak, selain aspal miyak kita mengenal juga aspal alam, contohnya “*Trinidad Lake Asphalt*”, kita juga mengenal aspal olahan seperti aspal semen, aspal emulsi, aspal cair, aspal modifikasi dan sebagainya.

2.14.1 Aspal Penetrasi 60/70

Aspal dengan penetrasi 60/70, adapun penetrasi pada aspal merupakan suatu pengelompokan, dimana jika nilai penetrasi semangkin tinggi maka aspal akan semangkin lembek, begitu juga sebaliknya dan rendah tingginya nilai penetrasi tergantung jenis pekerasan jalan sesuai dengan pelayanannya (fungsi nantinya setelah dikerjakan), penentuan penetrasi aspal dilakukan dengan penelitian sebelumnya di lab, adapun ketentuan aspal dengan penetrasi 60/70 yang akan dipakai pada penelitin ini dapat dilihat pada tabel 2.11 dibawah ini.

Tabel 2. 11 Ketentuan Aspal Penetrasi 60/70

Jenis Pengujian	Metode Pengujian	Aspal Penetrasi 60- 70
Penetrasi pada 25°C (0,1mm)	SNI-06-2456-2011	60-70
Titik Lembek (°C)	SNI-06-2434-2011	≥48
Duktilitas pada 25°C,(cm)	SNI-06-2432-2011	≥100
Titik Nyala (°C)	SNI-06-2433 -2011	≥232
Berat Jenis	SNI-06-2441-2011	≥1,0

(Sumber: Spesifikasi Umum 2018 Untuk Pekerjaan Konstruksi JalanDanJembatan, 2018)

2.14.2 Aspal Modifikasi

Aspal modifikasi merupakan aspal keras yang ditambahkan dengan suatu bahan tambah yang bertujuan untuk meningkatkan kinerja aspal yang diinginkan. Awal mula diperkenalkan aspal modifikasi di luar negeri dengan maksud mencegah retak pada waktu musim dingin berlangsung serta dilakukan modifikasi untuk mencegah terjadinya pelunakan aspal beton akibat panas penerapan jalan di negara dengan musim panas yang ekstrim. Cara yang memodifikasi aspal yang paling sering digunakan adalah dengan pemakaian aditif terhadap campuran aspal. Pemakaian aditif terhadap campuran aspal dapat menaikkan titik lembek aspal, namun seiring dengan itu terjadi penurunan terhadap angka penetrasi aspal. Sehingga perlunya pembatasan terhadap pemakaian aditif agar kualitas aspal sesuai dengan ketentuan, yaitu angka penetrasi minimal 40°C dan titik lembek minimal 50°C. Salah satu contoh aspal modifikasi adalah aspal yang dimodifikasi dengan penambahan polimer. Penambahan bahan aditif jenis polimer dalam jumlah kecil ke dalam aspal terbukti dapat meningkatkan kinerja aspal dan memperpanjang umur

kekuatan/masa layan perkerasan tersebut (Sengoz dan Isikyakar, 2008). Polimer juga dapat meningkatkan daya tahan perkerasan terhadap berbagai kerusakan, seperti deformasi permanen, retak akibat perubahan suhu, *fatigue damage* serta pemisahan/pelepasan material (Yildirim, 2007). Ketentuan sifat-sifat campuran AC modifikasi dapat dilihat pada Tabel 2.12

Tabel 2.12 ketentuan sifat campuran beraspal panas laston limbah beton

Sifat-sifat Campuran		LASTON
		AC-BC
Jumlah Tumbukan per Bidang	Min.	75
Rasio partikel lolos ayakan 0,075 mm dengan kadar aspal efektif	Min.	0,6
	Maks.	1,2
Rongga dalam Campuran VIM (%)	Min.	3,0
	Maks.	5,0
Rongga dalam Agregat VMA (%)	Min.	14
Rongga Terisi Aspal VFA (%)	Min.	65
Stabilitas Marshall (kg)	Min.	800
Pelelehan (mm)	Min.	2,0
	Maks.	4,0
Marshall Quotient (kg/mm)	Min.	250
Stabilitas Marshall Sisa(%) setelah perendaman selama 24 jam, 60 °C	Min.	90
Rongga dalam campuran (%) pada kepadatan membal (refusal)	Min.	2

Sumber:Spesifikasi Khusus Interim Campuran Beraspal Panas Menggunakan limbah.

Tabel.13. Spesifikasi Aspal Pen 60/70

No.	Jenis Pengujian	Unit	Persyaratan	Standar yang Digunakan
1.	Berat Jenis Aspal	-	≥ 1	SNI 2441-2011
2.	Penetrasi Aspal	mm	60-70	SNI 2456-2011
3.	Titik Lembek Aspal	°C	≥ 48	SNI 2434-2011
4.	Daktilitas Aspal	cm	≥ 100	SNI 2432-2011

Sumber: Bina Marga (2018)

2.15 Perkiraan Awal Kadar Aspal

rancangan campuran aspal dengan metode Marshall adalah pemeriksaan stabilitas, Kelelehan (Flow) dan pori serta kepadatan dari campuran. Selain penentuan proporsi dari fraksi agregat dan gradasi, dalam rancangan campuran aspal juga dibutuhkan nilai kadar aspal untuk awal perencanaan sebelum kadar aspal optimum (KAO) didapatkan. Kadar aspal awal atau kadar aspal perkiraan ini merupakan kadar aspal tengah/ideal ($a\%$) yang akan divariasikan menjadi 5 variasi kadar aspal awal perencanaan, yaitu : $(a-0,5)\%$, $(a-0,5)\%$, $a\%$, $(a+0,5)\%$, dan $(a+05)\%$. Kadar aspal tengah/ideal dapat ditentukan menggunakan rumus atau persamaan, yaitu dikenal dengan kadar aspal rencana (P_b) dari persamaan berikut :

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

Dimana :

P_b : kadar aspal tengah/ideal, persen terhadap berat campuran

CA : persen agregat tertahan saringan No.4

FA : persen agregat lolos saringan No.4 dan tertahan No.200

Filler : persen agregat minimal 75% lolos saringan No.200

K : nilai konstanta 0,5-1 untuk laston

2.16 Pengujian Marshall

Pengujian Marshall bertujuan untuk mengetahui karakteristik campuran beraspal dan kadar aspal optimum. Konsep ini dikembangkan oleh seorang insinyur bahan aspal bernama Bruce Marshall bersama dengan The Mississippi State Highway Departement. Penelitian ini kemudian dilanjutkan oleh U.S. Army Corps of Engineers. Pengujian ini mengacu pada AASHTO T 245-97 (2004). Pengujian ini bertujuan untuk menentukan stabilitas (*stability*) dan kelelahan (*flow*) dari campuran aspal dengan mengukur ketahanan campuran dan menentukan perubahan bentuk yang terjadi akibat beban lalu lintas. Menurut Spesifikasi Umum Bina Marga Revisi III Tahun 2010, nilai stabilitas minimal pada campuran beraspal adalah sebesar 800 kg dan besar nilai kelelahan sebesar 2-4 mm. Kemudian menurut Spesifikasi Khusus Interim Campuran Beraspal Menggunakan Limbah beton Tahun 2017 menyebutkan untuk aspal modifikasi nilai stabilitas campuran beraspal minimal sebesar 900 kg dan nilai kelelahan sebesar 2-4 mm. *Marshall Terst* merupakan alat tekan yang dilengkapi dengan *proving ring* (cincin penguji) yang berkapasitas 2500 kg atau 5000 pon. *Proving ring* dilengkapi dengan arloji pengukur yang berguna untuk mengukur stabilitas campuran, sedangkan arloji (*flow meter*) berfungsi untuk mengukur kelelahan plastis (*flow*). Setelah dilakukan *Marshall test* menurut sukirman (2010), metode *marshall* akan diperoleh data- data sebagai berikut :

a. Stabilitas (*stability*)

Stabilitas adalah kemampuan campuran beraspal untuk dapat menahan deformasi yang disebabkan beban lalu lintas tanpa terjadi perubahan bentuk. Nilai stabilitas diperoleh dari pembacaan angka oleh jarum dial. Nilai stabilitas menunjukkan batas maksimum campuran beraspal untuk dapat menerima beban sampai terjadi keruntuhan yang dinyatakan dalam kilogram. Stabilitas dapat dihitung dengan rumus berikut :

$$S = p \times q \times r$$

Dimana :

S : Nilai Stabilitas (kg)

p : Kalibrasi alat *Marshall*

q : Pembacaan dial *Marshall*

r : koreksi benda uji

b. Kelelahan (*flow*)

Kelelahan adalah keadaan dimana campuran beraspal mengalami besarnya penurunan atau deformasi yang ditunjukkan setelah stabilitas mengalami penurunan. Nilai kelelahan ditunjukkan oleh jarum dial tepat setelah angka jarum dial pada stabilitas tidak bergerak lagi dan dinyatakan dalam milimeter.

VIM merupakan rongga-rongga kosong yang tersisa setelah campuran beraspal dipadatkan. Rongga udara dalam campuran beraspal terdiri atas ruang udara diantara partikel agregat yang terselimuti aspal. Volume rongga udara dalam campuran dapat ditentukan dengan rumus berikut :

$$VIM = \left(100 \frac{G_{mm} - G_{mb}}{G_{mm}} \right) \%$$

Dimana:

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

Gmm : Berat jenis maksimum campuran

Gmb : Berat jenis curah campuran padat.

a. Hasil bagi Marshall (Marshall Quotient)

Marshall Quotient merupakan hasil bagi stabilitas dengan kelelahan. Tingginya nilai MQ menunjukkan kemungkinan semakin tingginya kekakuan campuran beraspal dan semakin rentan campuran tersebut terhadap keretakan. Sehingga rendahnya nilai MQ dapat berakibat alur dan *bleeding*. Berikut rumus menentukan *Marshall Quotient* :

$$\text{Marshall Quotient} = \frac{\text{stabilitas}}{\text{flow}}$$

3. Rongga Antar Agregat (VMA)

Rongga antar agregat adalah ruang rongga diantara partikel agregat pada suatu perkerasan, termasuk rongga udara dan volume aspal efektif (tidak termasuk volume aspal yang diserap agregat). Jika komposisi campuran ditentukan sebagai persen berat dari campuran total, maka VMA dihitung dengan persamaan sebagai berikut :

$$\text{VMA} = \left(100 - \frac{Gmb \times Ps}{Gsb} \right) \%$$

VMA : Rongga dalam agregat mineral (persen volume curah)

Gsb : Berat jenis curah agregat

Ps : Agregat, persen berat total campuran

Gmb : Berat jenis curah campuran padat

E. Void Filled With Asphalt (VFA)

Void Filled With Asphalt (VFA) merupakan persentase rongga terisi aspal pada campuran setelah mengalami proses pemadatan. Nilai VMA dihitung dengan persamaan sebagai berikut :

$$VFA = \left(\frac{100 - (VMA - VIM)}{VMA} \right)$$

Dimana :

VFA : Volume Rongga antar butir agregat yang terisi aspal% dari VMA

VMA : Rongga dalam agregat mineral (persen volume curah)

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

E. Density (Kepadatan)

Density merupakan tingkat kerapatan campuran setelah campuran dipadatkan. Semakin tinggi nilai density suatu campuran menunjukkan bahwa kerapatan semakin baik. Campuran dengan nilai density yang tinggi akan mampu menahan beban yang lebih besar dibandingkan dengan campuran yang memiliki nilai density yang rendah, karena butiran agregat mempunyai bidang kontak yang luas sehingga gaya gesek (*friction*) antara

butiran agregat menjadi besar. Nilai kepadatan/density dihitung dengan rumus berikut :

$$g = c/f$$

$$f = d - e$$

Dimana :

G : Nilai kepadatan (gr/cc)

C : Berat Kering/ sebelum direndam (gr)

D : Berat Benda uji jenuh air (gr)

E : Berat benda uji dalam air (gr)

F : Volume benda uji (cc)



BAB III

METODOLOGI PELAKSANAAN

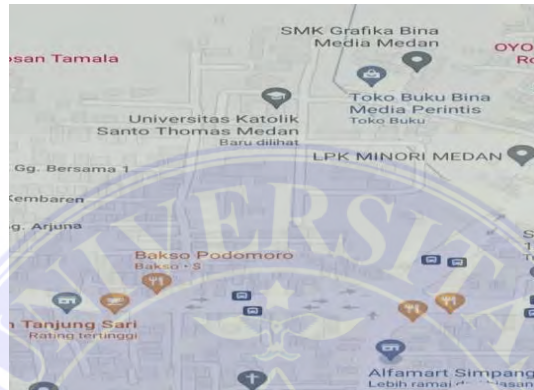
3.1 Deskripsi Penelitian

Dalam penelitian ini, desain penelitian yang digunakan adalah penelitian kuantitatif, dimana penelitian dan pengujian ini dilakukan secara bertahap, yaitu terdiri atas pengujian agregat (kasar, halus dan filler), aspal dan pengujian terhadap campuran (Uji Marshall). Pengujian terhadap agregat termasuk analisa saringan, pemeriksaan berat jenis, pengujian abrasi dengan mesin Los Angeles, dan penyerapan air. Untuk pengujian aspal Shell AC 60/70 termasuk juga pengujian penetrasi, titik nyala-titik bakar, titik lembek, dan berat jenis. Pengujian Marshall adalah suatu metode pengujian untuk mengukur ketahanan (stabilitas) terhadap kelelahan (flow) dari campuran aspal dengan menggunakan peralatan marshall.

Begitu juga didalam penelitian penentuan kadar aspal optimum pada lapis Asphalt Concrete Binder Course (AC BC) dalam pembuatan proses pembuatan Job Mix Formula (JMF) ini juga menggunakan Metode Marshall, dimana dari pengujian Marshall tersebut didapatkan hasil-hasil yang berupa komponen-komponen Marshall, yaitu: Stabilitas, Kepadatan (Density), Flow,(Void in the Mineral Agregat/VMA), Rongga di dalam campuran (Void In The Compacted Mixture/ VIM), Rongga udara yang terisi aspal (Voids Filled with Bitumen/VFB), hasil bagi Marshall/Marshall Quotient (MQ) yang dilakukan di Laboratorium.

3.2 Lokasi dan Waktu Penelitian

Lokasi pembuatan benda uji, pemeliharaan, dan pengujian dilaksanakan di laboratorium Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Santo Thomas Medan dengan waktu penelitian dilakukan selama 2 bulan.



Gambar Lokasi Penelitian

Sumber:google Maps

3.3 Langkah Penelitian

Untuk meninjau kembali perhitungan karakteristik Marshall Concrete-Binder Course (AC-BC) menggunakan Limbah Beton untuk memperoleh data-data yang akan digunakan pada saat perhitungan yaitu antara lain:

3.3.1 Pengumpulan data

Pengumpulan data adalah proses tahap awal untuk pengadaan data primer atau data sekunder untuk keperluan penelitian. Pengumpulan data merupakan langkah yang sangat penting dalam dalam metode ilmiah, pada umumnya data yang dikumpulkan digunakan untuk pengujian hipotesis, pengumpulan data merupakan faktor hal penting dami keberhasilan suatu

penelitian. Sumber data adalah mengenai asal data diperoleh, dari sumber langsung atau data primer dan data tidak langsung atau data sekunder.

1. Tahap pertama melakukan review dan study pustaka untuk mencari buku dan jurnal terkait dengan karakteristik Marshall Concrete-Binder Course (AC-BC) menggunakan Limbah Beton
2. Tahap kedua meninjau langsung ke Laboratorium dan menentukan lokasi dimana yang akan dilaksanakan pengambilan data yang perlu.
3. Tahap ketiga pelaksanaan pengumpulan data-data, data yang diperoleh dari Laboratorium adalah sebagai berikut:
 - a. Data hasil Formula Campuran Kerja(Job Mix Formula)
 - b. Data loading test
 - c. Data hasil Lab
4. Tahap keempat menganalisis data dengan menggunakan data-data yang diperoleh berdasarkan metode yang ada.
5. Tahap kelima menganalisis terhadap hasil perhitungan yang dilakukan dan membuat kesimpulan.

3.4 Persiapan Bahan dan Peralatan

3.4.1 Persiapan Bahan

Spesifikasi bahan baku penelitian ini meliputi aspal , agregat kasar, agregat halus dan *filler* sebagai berikut :

Aspal Pen.60/70 yang digunakan berasal dari laboratorium unika Agregat kasar, Agregat halus yang digunakan pada penelitian ini berupa batu pecah dan pasir alami yang berasal dari laboratorium unika.

Limbah beton berasal dari bongkaran kontruksi bangunan jembatan samosir Sumatera Utara). Limbah beton yang digunakan harus hasil olahan yang telah dipecah, dan di cuci. pecahan limbah beton yang digunakan harus kering, bersih dan terbebas dari bahan organik atau bahan yang tidak dikehendaki.

Limbah beton pada penelitian ini berupa eksperimen dari pengganti sebgai *agregat* kasar yang dikombinasikan yaitu :

- Semen
- Semen Portland Type I digunakan sebagai bahan utama
- Batu pecah

Limbah beton yang diambil dari bongkaran jembatan, samosir adapun tahapan yang akan dilakukan sebelum limbah beton digunakan sebagai pengganti agregat kasar yaitu: limbah beton yang telah didapatkan kemudian dibersihkan terlebih dahulu, kemudian siapkan alat untuk menghancurkan limbah beton berupa martil dan sebagainya, setelah dilakukan penghancuran limbah beton lalu diangkat dan masuk ketahap selanjutnya yaitu dihancurkan dengan menggunakan martil agar hasil penghancurannya menjadi serbuk jika masih belum halus dapat dilakukan berulang kali kemudian

disaring, adapun *filler* yang digunakan adalah yang lolos saringan No.200.

3.4.2 Persiapan Peralatan

Pada tahap ini dipersiapkan beberapa alat yang akan digunakan untuk melakukan pemeriksaan material yaitu :

1. Alat untuk pengujian Analisa Saringan (*Shieve Shaker Analysis*).
2. Alat untuk penguji Keausan agregat (Abrasi) yaitu Mesin *Los Angles*.
3. Alat untuk pengujian berat jenis agregat yaitu *Specific Gravity and Absorption of Coarse Digital*.
4. Alat untuk pengujian Penetrasi Aspal yaitu *Penetration Test*.
5. Alat untuk Pengujian Titik Lembek yaitu *Ring and Ball Test*.
6. Alat untuk pengujian Daktilitas Aspal yaitu *Ductility Machine*.
7. Alat untuk pengujian modulus kekakuan yaitu *Marshall Test*.

3.5 Pengujian Aspal

Pengujian propertis aspal perlu dilakukan untuk dapat mengetahui apakah aspal yang digunakan pada penelitian memenuhi syarat yang telah ditentukan. Beberapa pemeriksaan yang dilakukan pada penelitian ini adalah penetrasi, titik lembek, berat jenis dan daktilitas.

3.5.1 Penetrasi

Tes penetrasi bertujuan untuk mengetahui tingkat kekerasan suatu aspal dan menentukan nilai penetrasi aspal yang digunakan. Tes penetrasi merupakan tes pemeriksaan aspal yang paling umum dilakukan. Tes

penetrasi dilakukan dengan cara memberikan beban kepermukaan benda uji yang telah dipersiapkan. Benda uji berupa aspal yang telah dipanaskan dan dituang ke dalam cawan, kemudian direndam ke dalam bak perendam selama 1-1,5 jam. Beban yang diberikan ke permukaan benda uji memiliki berat 100 gram pada tumpuan jarum dengan diameter 1 mm selama 5 detik pada temperatur 25oC. Nilai penetrasi dinyatakan dalam angka yang dikalikan dengan 0,1 mm.

3.5.2 Titik lembek

Tes titik lembek bertujuan untuk menentukan temperatur kelelahan aspal. Tes ini merupakan tes yang dianjurkan sebagai tes awal untuk penerimaan bahan aspal di lapangan. Nilai titik lembek yang biasa diperoleh sekitar 48oC. Tes ini dilakukan dengan melihat waktu dan suhu yang dibutuhkan untuk bola baja berdiameter 9,35 mm mendorong aspal yang berada pada cincin kuningan untuk menyentuh plat dasar.

3.5.3 Pengujian Agregat

Agregat merupakan bagian-bagian dari batu-batu pecah seperti kerikil atau bahan mineral lainnya yang berupa hasil alam maupun buatan. Agregat dalam campuran perkerasan lentur merupakan komponen yang penting karena mengisi persentase berat sebesar 90- 95% sedangkan dalam persentase volume mengisi 75-85%. Oleh karena itu penggunaan karakteristik agregat memiliki peranan besar dalam menentukan daya dukung perkerasan jalan. Agregat kemudian dilakukan Pengujian Gradasi, Berat Jenis dan Absorpsi.

3.5.4 Agregat halus

Agregat Halus berfungsi untuk mengisi rongga kekosongan yang tidak bisa diisi oleh agregat kasar. Agregat halus yang bagus harus memiliki butiran yang kecil dan permukaan yang cenderung kasar, dengan ini dapat menjadi pengikat antar agregat. Pada Agregat Halus dilakukan Pengujian Keausan dan Berat Volume untuk perhitungan proporsi campuran aspal.

3.5.5 Agregat Kasar

Agregat Kasar yang digunakan untuk pengujian sudah memenuhi persyaratan Spesifikasi Umum Binamarga Tahun 2018. Menggunakan Metode pengujian agregat landasan acuan SNI ASTM C136 : 2012. Syarat dari penyerapat agregat kasar yaitu tidak boleh lebih dari 3%, Hal ini dikarenakan permeabilitas pada agregat cukup besar sehingga air lebih banyak diserap oleh agregat yang menyebabkan agregat lembab dan rapuh akibat terlalu banyak kadar air didalamnya. Agregat kasar kemudian dilakukan Pengujian Gradasi, Berat Jenis dan Absorpsi.

3.5.6 Pengujian *Filler*

Material pengisi (*filler*) adalah material berbentuk butiran halus yang lolos dari saringan No. 30 dimana presentasi berat yang lolos saringan No. 200 harus minimal 65 %. Bahan *filler* dapat berupa kapur, batu kapur, semen atau bahan non plastis lain.

3.5.7 Perencanaan campuran

Pada Penelitian ini gradasi campuran Untuk mendapatkan campuran yang ideal dan memberikan kinerja perkerasan yang optimal maka sebelum membuat campuran diperlukan perencanaan campuran untuk menentukan

komposisi masing-masing bahan penyusun campuran agar diperoleh campuran beraspal yang memenuhi spesifikasi antara lain :

1. agregat yang digunakan adalah gradasi campuran AC-B C .
2. Menentukan kadar bahan Limbah Beton sebanyak 20%, 40% ,50% dari berat total aspal.
3. Menentukan kadar *filler* masing-masing Benda uji sebanyak 10% dari berat total agregat sesuai dengan acuan penelitian yang digunakan.
4. Melakukan analisa perhitungan komposisi yang ideal dan memenuhi persyaratan spesifikasi.
5. Setelah didapat komposisi masing-masing persen agregat, kemudian mengayak agregat sesuai dengan nomor saringan dibutuhkan.

Perencanaan campuran beraspal AC-BC bergradasi halus dilakukan dengan mengambil batas atas dan batas tengah dari setiap persen berat lolos saringan, sesuai dengan spesifikasi Bina Marga 2018.

3.6 Pembuatan Benda Uji

Tahap pengujian dilakukan untuk mendapatkan data yang dibutuhkan, melalui beberapa tahap pengujian, yaitu :

1. Pengujian Gradasi Agregat

Pengujian gradasi agregat halus dan agregat kasar meliputi Pengujian Abrasi Agregat, Berat Jenis agregat, Dan Analisa Saringan.

2. Pengujian untuk mendapatkan Kadar Aspal Optimun (KAO) Tahap 3 benda uji dengan variasi kadar aspal 5% dilakukan pengujian density

3. Pembuatan Benda Uji dengan Aspal Modifikasi dan penambahan limbah beton dengan 3 benda uji .
 - Menimbang agregat sesuai dengan persentase agregat campuran yang telah dihitung, kemudian benda uji dibuat sebanyak tiga buah pada masing-masing variasi kadar aspal.
 - Memanaskan aspal untuk pencampuran, agar temperatur pencampuran agregat dan aspal tetap maka pencampuran dilakukan diatas pemanas dan diaduk hingga rata. Suhu pencampuran antara agregat dengan aspal dilakukan pada suhu 155oC dan pemadatan suhu nya berkisar antara 145oC.
 - Sebelum dilakukan pemadatan, terlebih dahulu memanaskan cetakan benda uji dengan tujuan agar tidak terjadi penurunan suhu campuran yang terlalu cepat. Benda uji yang dibuat berbentuk silinder dengan
 - Tujuan agar tidak terjadi penurunan suhu campuran yang terlalu cepat. Benda uji dibuat berbentuk slinder dengan tinggi standar 6,35 cm dan diameter 10,16 cm.
 - Sebelum dilakukan pemadatan, terlebih dahulu memanaskan cetakan benda uji dengan tujuan agar tidak terjadi penurunan suhu campuran yang terlalu cepat. Benda uji yang dibuat berbentuk silinder dengan tinggi standar 6,35 cm dan diameter 10,16 cm.
 - Kemudian melakukan pemadatan standar dengan alat Marshall Compactor dengan jumlah tumbukan 75 kali dibagian sisi atas kemudian 75 kali tumbukan pada sisi bawah mold.

- Proses pemadatan selesai benda uji didiamkan agar suhunya turun, setelah dingin benda uji dikeluarkan dengan ejektor dan diberi kode dengan menggunakan tipe-ex.
- Benda uji dibersihkan dari kotoran yang menempel dan diukur tinggi benda uji dengan ketelitian 0,1 mm di keempat sisi benda uji dengan menggunakan jangka sorong dan ditimbang beratnya untuk mendapatkan beratbenda uji kering.
- Benda uji direndam dalam air selama 16 – 24 jam supaya jenuh.
- Setelah jenuh benda uji ditimbang dalam air untuk mendapatkan berat benda uji dalam air.
- Kemudian benda uji dikeluarkan dari bak perendam dan dikeringkan dengan kain lap sehingga kering permukaan dan didapatkan berat benda uji kering permukaan jenuh (saturated surface dry, SSD) kemudian ditimbang.

3.7 Pengujian Dengan Alat Uji *Marshall*

Pengujian ini dimaksudkan untuk menentukan ketahanan (stabilitas) terhadap kelelahan (flow) dari campuran aspal sesuai dengan prosedur SNI06- 2489 1991. Berikut langkah-langkah pengujian dengan alat Marshall :

- Benda uji direndam dalam bak perendaman pada suhu $60^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ selama 30 menit
- Bagian dalam permukaan kepala penekan dibersihkan dan dilumasi agar benda uji mudahdilepaskan setelah pengujian.

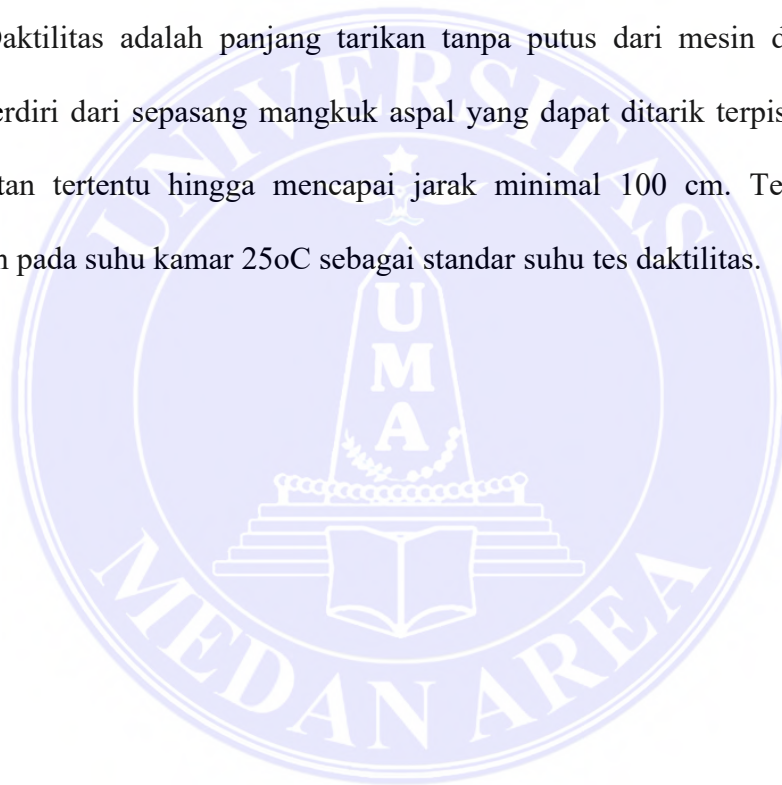
- Benda uji dikeluarkan dari bak perendam, letakkan benda uji tepat di tengah pada bagian bawah kepala penekan kemudian letakkan bagian atas kepala penekan dengan memasukkan lewat batang penuntun, kemudian letakkan pemasangan yang sudah lengkap tersebut tepat ditengah alat pembebanan, arloji kelelahan (flow meter) dipasang pada dudukan diatas salah satu batang penuntun.
 - Kepala penekan dinaikkan hingga menyentuh alas cincin penguji, kemudian diatur kedudukan jarum arloji penekan dan arloji kelelahan pada angka nol.
 - Pembebanan dilakukan dengan kecepatan tetap 51 mm (2 inch.) per menit, dibaca pada saat arloji pembebanan berhenti dan mulai kembali berputar menurun, pada saat itu pula dibaca arloji kelelahan. Titik pembacaan pada saat arloji pembebanan berhenti dan mulai kembali menurun, itu merupakan nilai stabilitas Marshall.
 - Setelah pengujian selesai, kepala penekan diambil, bagian atas
1. Analisa mengenai penambahan limbah beton dengan variasi mana yang memenuhi persyaratan aspal modifikasi.
 2. Setelah Mendapatkan hasil Variasi Aspal yang memenuhi Ketentuan Bina Marga 2018 Maka Variasi yang memenuhi kriteria Bina Marga akan di campurkan dengan variasi *filler* abu kaca.
 3. Analisa kualitas dari campuran aspal terhadap karakteristik *Marshall* meliputi kepadatan (Density), VIM, VMA, VFA, Kelelahan (Flow), Stabilitas, MQ.

3.8 Berat jenis

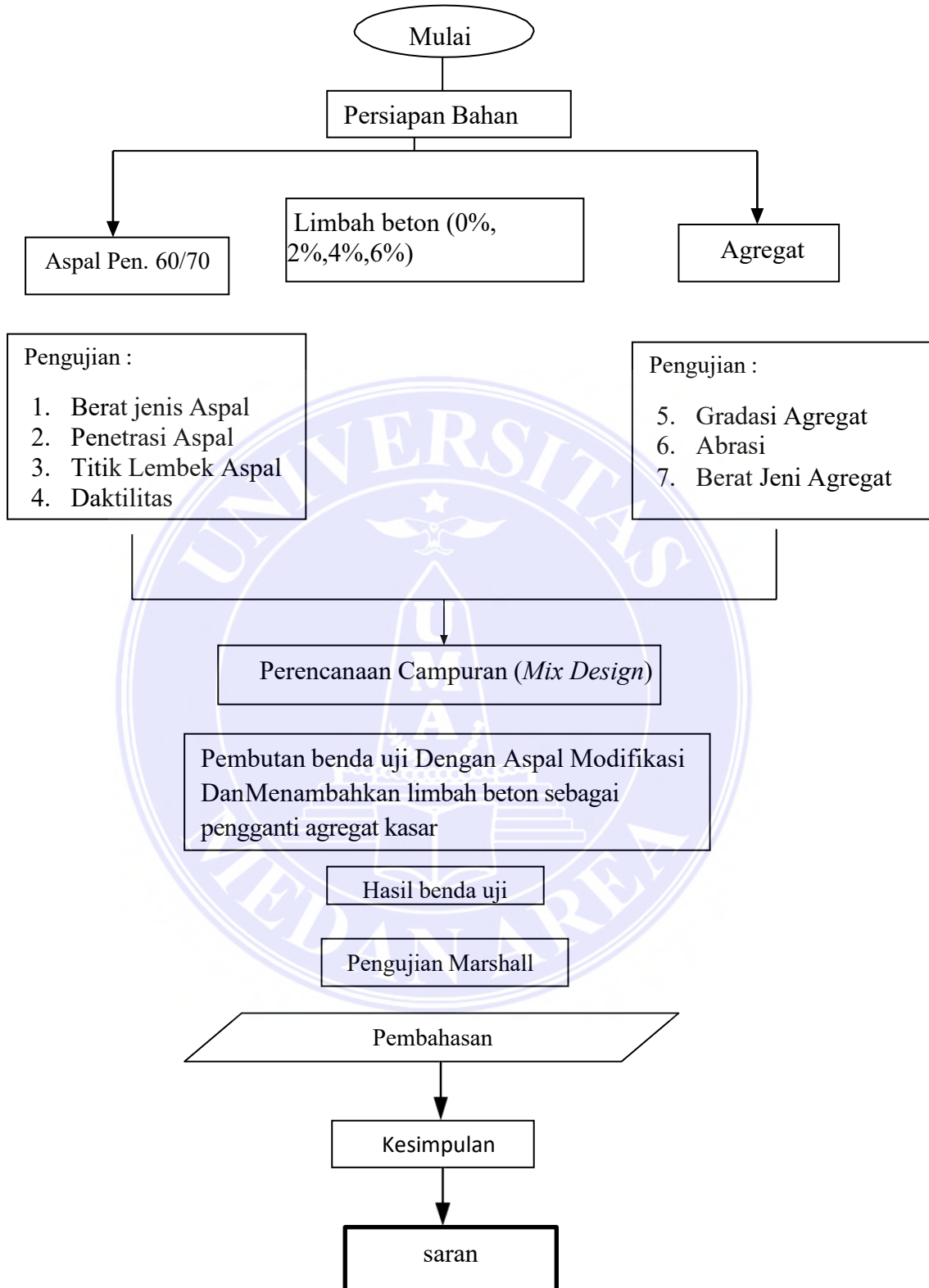
Berat jenis adalah pemeriksaan berat jenis aspal yang akan menjadi penting untuk informasi selanjutnya dalam mencari besaran tes pada waktu pelaksanaan pekerjaan. Batasan minimal yang dicantumkan dalam spesifikasi syarat berat jenis di atas 1,0gram/cc.

3.9 Daktilitas

Daktilitas adalah panjang tarikan tanpa putus dari mesin daktilitas yang terdiri dari sepasang mangkuk aspal yang dapat ditarik terpisah pada kecepatan tertentu hingga mencapai jarak minimal 100 cm. Tes ini dilakukan pada suhu kamar 25oC sebagai standar suhu tes daktilitas.



3.10 Bagan Alur Penelitian



Gambar 3. 1 Bagan Alur Penelitian

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian dan analisis data yang telah dilakukan, dapat diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

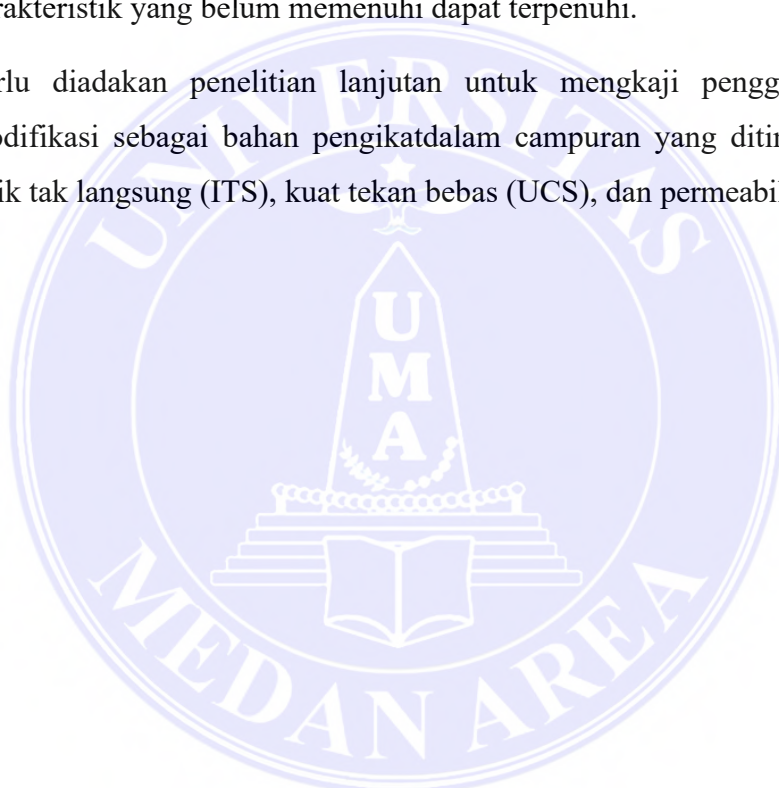
1. Berdasarkan hasil analisis regresi diperoleh koefisien determinasi (R^2) di atas 60%, hal ini menunjukkan bahwa variabel bebas (kadar daspal) dapat mempengaruhi variabel terikat (karakteristik marshall).
2. Berdasarkan analisis terhadap kadar daspal optimum didapatkan nilai kadar daspal optimum pada kadar daspal 5,242%, sehingga nilai rongga dalam campuran (VIM), rongga dalam agregat (VMA), rongga terisi daspal (VFB), kepadatan, stabilitas, kelelahan (flow), dan marshall quotient adalah sebagai berikut :
3. Nilai VIM pada kadar daspal optimum adalah 2,474%. Berdasarkan Persyaratan Tes Marshall Bina Marga 1987 dan Spesifikasi Umum Bina Marga 2010 (Revisi 3) nilai VIM adalah sebesar 3% – 5%, jadi untuk nilai VIM pada saat kadar daspal optimum belum memenuhi persyaratan dan spesifikasi.
4. Nilai VMA pada kadar daspal optimum adalah 12,828%. Berdasarkan Spesifikasi Umum Bina Marga 2010 (Revisi 3) nilai VMA adalah minimal 15%, jadi untuk nilai VMA pada saat kadar daspal optimum belum memenuhi spesifikasi.
5. Nilai VFB pada kadar daspal optimum adalah 80,758%. Berdasarkan

Spesifikasi Umum Bina Marga 2010 (Revisi 3) nilai VFB adalah minimal 65%, jadi untuk nilai VFB pada saat kadar daspal optimum sudah memenuhi spesifikasi.

5.2 Saran

Adapun saran yang dapat disampaikan dalam penelitian ini:

- 1) Sebaiknya dilakukan trial gradasi agregat, hal ini dianjurkan agar nilai karakteristik yang belum memenuhi dapat terpenuhi.
- 2) Perlu diadakan penelitian lanjutan untuk mengkaji penggunaan daspal modifikasi sebagai bahan pengikat dalam campuran yang ditinjau dari kuat tarik tak langsung (ITS), kuat tekan bebas (UCS), dan permeabilitas.



DAFTAR PUSTAKA

- AASHTO.1972. *AASHTO Guide for Design of Pavement Structural*. ASHTO
Wasington DC.
- Andhikatama, Aris, 2013, Pemanfaatan Limbah Beton Sebagai Pengganti Agregat
Kasar pada Campuran *Asphalt Concrete-Wearing Course* Gradasi Kasar,
Skripsi. Surakarta: Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Anonim, 2001, Pedoman Penyusunan “Laporan Tugas Akhir”, Jurusan Teknik
Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta, Surakarta.
- Anonim, 2001, Modul Praktikum(Program Pelatihan Teknisi). Laboratorium Jalan
Raya,Jurusan Teknik Sipil.InstitutTeknologiBandung.Bandung
- Aminsyah,M.Oktober 2013. Analisa Kehancuran Agregat Akibat Tumbukan
Dalam Campuran Aspal. *Jurnal Rekayasa Sipil*. Volume 19, No.2.
Universitas Andalas.
- Hardiyatmo,H.C., 2007, *Pemeliharaan Jalan Raya*, Gadjah Mada University Press,
Yogyakarta.
- Hardiyatmo,H.C., 2011, *Perancangan Perkerasan Jalan dan Penyelidikan Tanah*,
Gadjah Mada University Press, Yogyakarta. Kementerian Pekerjaan
Umum, 2010, *Spesifikasi Umum 2010*, Direktorat Jendral Bina Marga.
- Sukirman, Silvia, 2003, *Beton Aspal Campuran Panas*. Jakarta: *Granit*.
- Riyanto.A .1996. *Diklat Jalan Raya III*.Universitas Muhammadiyah Surakarta.
Surakarta Tjokrodinuljo, K. 1996. *Teknologi Beton*. Jurusan Teknik Sipil,
Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.

Yasra, Silvi, 2014, Pemanfaatan Limbah Beton Sebagai Agregat Pengganti pada Campuran *Asphalt Concrete-Binder Course (AC-BC)*, Skripsi : Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.



LAMPIRAN

**LABORATORIUM BAHAN PERKERASAN JALAN
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
UNIVERSITAS KATOLIK SANTO THOMAS MEDAN**

PENGUJIAN ANALISA SARINGAN AGREGAT SNI ASTM C136:2012

1	No.order/ccontoh	:	
2	Jenis contoh uji	:	
3	Jenis pekerjaan	:	Agregat Kasar dan Agregat Halus
4	Diterima tanggal	:	Analisa Saringan Agregat Kasar & halus
5	Di uji tanggal	:	26 Juli 2023
6	Metode pengujian	:	SNI ASTM C136:2012
7	Sumber Material	:	LAB UNIKA

No	Hot Mix No.saringan	Jenis Material			
		A	Agregat 1/4	Agregat 1/2	Agregat halus, Abu batu
1	1 1/2"	A	0	0	0
2	1"	A	0	0	0
3	1/4"	A	0	0	0
4	1/2"	A	2721	0	0
5	3/8"	A	3565,5	0	0
6	No.4	A	2565,5	111,5	0
7	No.8	A	3565,0	111,6	0
8	No.16	A	4693	199,0	0
9	No.30	A	4673,5	199,2	0
10	No.50	A	4981,5	329,5	0
11	No.100	A	4984	329,6	111,5
12	No.200	A	4992	358,6	111,6
13	Pan	A	4995	358,5	199,2
		A	4997	308,6	329,5
		A	4995,5	360,5	329,6
		A	4995,6	360,1	358,5
		A	4995,6	360,5	358,6
		A	4995,7	360,5	358,5
		A	4995,7	360,5	358,6
		A	4995,8	361	361,4
		A	4995,8	361,4	362,1
		A	4995,9	361,7	362,7

Dikerjakan oleh : Krisna Damanik
Tanggal : 26 Juli 2023
66

Medan, 26 Juli 2023
Diperiksa oleh : Lertina Fauziah M
tgl : 26 Juli 2023
Ttd : fauz

LABORATORIUM BAHAN PERKERASAN JALAN
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
UNIVERSITAS KATOLIK SANTO THOMAS MEDAN

PENGUJIAN ANALISA SARINGAN AGREGAT SNI ASTM C136:2012

1	No.order/ccontoh	:
2	Jenis contoh uji	: filler
3	Jenis pekerjaan	: Analisa saringan
4	Diterima tanggal	:
5	Di uji tanggal	: 26 Juli 2023
6	Metode pengujian	: SNI ASTM C136:2012
7	Sumber Material	:

No	Hot Mix No.saringan	Jenis Material	
		A	filler saringan limpahi beban 1kg kasar
1	1 1/2"	B	0
		A	0
2	1"	B	0
		A	0
3	1/4"	B	0
		A	0
4	1/2"	B	0
		A	0
5	3/8"	B	0
		A	0
6	No.4	B	0
		A	0
7	No.8	B	0
		A	0
8	No.16	B	0
		A	0
9	No.30	B	0
		A	0
10	No.50	B	0
		A	0
11	No.100	B	2,02
		A	2,15
12	No.200	B	11
		A	11,6
13	Pan	B	11,05
		A	11,2
		B	100
		A	100,5
		B	99,8
		A	

Di kerjakan oleh : krisna damanik
 tanggal : 26 Juli 2023
 tdd : Jhuif⁶⁷

Medan 26 Juli 2023
 di periksa oleh : Lestina kerawati M
 tanggal : 26 Juli 2023
 tdd Jhuif

LABORATORIUM BAHAN PERKERASAN JALAN
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
UNIVERSITAS KATOLIK SANTO THOMAS MEDAN

PENGUJIAN BERAT JENIS DAN PENYERAPAN AIR AGREGAT KASAR
 SNI 03-1969-2016

1	No.order/ccontoh	:	
2	Jenis contoh uji	:	Agg Kasar
3	Jenis pekerjaan	:	Agg Kasar (penyerapan / B-jenis)
4	Diterima tanggal	:	
5	Di uji tanggal	:	01 Agustus 2023
6	Metode pengujian	:	SNI ASTM C136:2012
7	Sumber Material	:	

Jenis Material	3/4	1/2			
Berat benda Uji Kering Oven (Bk)	3821	2457			
Berat Benda Uji Kering Permukaan Jenuh SSD (BJ)	3406,1	2464,2			
Berat Benda Uji Didalam Air (Ba)	1795,2	1588			
Berat Jenis (Bulk) $\frac{BK}{BJ-Ba}$	2,10	2,80			
Berat Jenis kering Permukaan jenuh $\frac{BJ}{BJ-Ba}$	2,11	2,81			
Berat Jenis Jenuh Semu (Apparent) $\frac{BK}{BK-Ba}$	2,13	2,83			
Penyerapan (Absorption) $\frac{BJ-bk}{BK} \times 100\%$	0,04	0,03			

Medan, 01 Agustus 2023

Dikerjakan oleh : Krisna Damanik
 Tanggal : 01 Agustus 2023
 Tanda tangan :

Diperiksa oleh : Lesima Perawati M
 Tanda tangan :

68

LABORATORIUM BAHAN PERKERASAN JALAN
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
UNIVERSITAS KATOLIK SANTO THOMAS MEDAN

PENGUJIAN BERAT JENIS DAN PENYERAPAN AIR AGREGAT HALUS
 SNI 03-1970-2016

1	No.order/ccontoh	:
2	Jenis contoh uji	: pasir & Abu batu
3	Jenis pekerjaan	: properti's Agg
4	Diterima tanggal	:
5	Di uji tanggal	: 01 Agustus 2023
6	Metode pengujian	: SNI 03-1970-2016
7	Sumber Material	: Lab UNIKA

JENIS MATERIAL	A.Halus	A.Batu
Berat piknometer	1732 gr	17011 gr
Berat Benda Uji Kering Permukaan Jenuh (SSD)	50111 gr	49915 gr
Berat piknometer + Air(B)	66812 gr	66618 gr
Berat piknometer + Benda Uji (SSD) + Air (Bt)	99519 gr	98215 gr
Berat Benda Uji Kering Oven (Bk)	49718 gr	49218 gr
Berat Jenis (Bulk) $\frac{Bk}{B+ssd-bt}$	2157 gr	2169 gr
Berat Jenis Kering Permukaan Jenuh $\frac{ssd}{B+ssd-bt}$	2159 gr	2172 gr
Berat Jenis semu (Apparent) $\frac{Bk}{B+bk-bt}$	2162 gr	2177 gr
Presentase penyerapan Air $\frac{ssd-bk}{Bk} \times 10$	017 gr	112 gr

Medan, 01 Agustus 2023

Dikerjakan oleh : Krisna Damanik
 Tanggal : 01 Agustus 2023
 Tanda tangan : *[Signature]*

Diperiksa oleh : Lestina ferawati M
 Tanda tangan : *[Signature]*

LABORATORIUM BAHAN PERKERASAN JALAN
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
UNIVERSITAS KATOLIK SANTO THOMAS MEDAN

KEAUSAN AGREGAT DENGAN MESIN ABRASI LOS ANGELES

1	No.order/ccontoh	: Agg - kasar
2	Jenis contoh uji	: Perawatan Agg dengan Mesin Abrasi Los Angeles
3	Jenis pekerjaan	:
4	Diterima tanggal	: 01 Agustus 2023
5	Di uji tanggal	: 01 Agustus 2023
6	Metode pengujian	:
7	Sumber Material	:

Gradasi Pemeriksaan		Jumlah = 500 Putaran	
Ukuran Saringan		I	II
Lolos	Tertahan	Berat A	Berat B
76,2 (3")		I.a : 500,11 gr	II.a : 500,4 gr
63,15 (2 1/2")		B : 306,8 gr	S : 306,8 gr
50,8 (2")		a-b = 113,3 gr	a-b = 113,6 gr
36,1 (1 1/2")		Perawatan I (a-b) x 100% Berat rata-rata = 23,65%	Perawatan II (a-b) x 100% Berat rata-rata = 23,65%
25,4 (1")		2500,2	2500,8
19,1 (3/4")		2500,9	2500,6
12,7 (1/2")			
9,52 (3/8")			
6,35 (1/4")			
4,75 (No.4)		500,11	500,4
jumlah berat			
Berat tertahan Saringan No.12	jumlah percobaan	306,8	306,8

Dikerjakan oleh : Krisna Damanik
 Tanggal : 01 Agustus 2023
 Tanda tangan : *[Signature]*

Diperiksa oleh : Lestina Ferawati M
 Tanda tangan : *[Signature]*

70

LABORATORIUM BAHAN PERKERASAN JALAN
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
UNIVERSITAS KATOLIK SANTO THOMAS MEDAN

PENGUJIAN PENETRASI ASPAL (SNI 2456:2011)

1	No.order/ccontoh	:	:
2	Jenis contoh uji	:	:
3	Jenis pekerjaan	:	Penugasan penetrasi Aspal
4	Diterima tanggal	:	:
5	Di uji tanggal	:	02 Agustus 2023
6	Metode pengujian	:	SNI 2456 - 2011
7	Sumber Material	:	:

Contoh Dipanaskan	Mulai : PK 09:30 Selesai : PK 11:30	Temperatur pemanasan 115°C		
Didiamkan Pada Temperatur Ruang	Mulai : PK 12:00 Selesai : 13:30	Temperatur bak perendaman 25°C		
Pemeriksaan Penetrasi Pada 25°C	Mulai : PK 14:30 Selesai :	Temperatur Alat 25°C		
Pemeriksaan Penetrasi Pada 25°C 100 gr,5 Detik	Aspal 60/70 -lmbah beton	Aspal 60/70 -lmbah beton	Aspal 60/70 -lmbah beton	Aspal 60/70 -lmbah beton
Pengamatan 1	62,9 62,5 57,2 57,0 46,1 46	35,5 36,1		
2	62,0 61,8 57,0 59,3 48 46,1	36,0 36,5		
3	63,3 62,0 58,0 57,0 49,3 46	35,5 34,8		
4	61,5 62,6 57,0 58,0 47 46	36,0 37,5		
5	61,5 61,5 57,4 56,1 46 46,5	35,6 34,5		
Rata-Rata	62,5 62,9 57,0	46,5 35,4		

Medan, 02 Agustus 2023

Dikerjakan oleh : Krisna Damanik
 Tanggal : 02 Agustus 2023
 Tanda tangan : *Krisna Damanik*

Diperiksa oleh : Lestina Ferawati M
 Tanda tangan : *Lestina Ferawati M*

LABORATORIUM BAHAN PERKERASAN JALAN
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
UNIVERSITAS KATOLIK SANTO THOMAS MEDAN

PENGUJIAN TITIK LEMBEK ASPAL SNI 2434 : 2011

1	No.order/ccontoh	:	
2	Jenis contoh uji	:	Aspal G0770
3	Jenis pekerjaan	:	Aspal penetrasi G0770 (Titik LembeK Aspa)
4	Diterima tanggal	:	
5	Di uji tanggal	:	03 Agustus 2023
6	Metode pengujian	:	SNI 2434 : 2011
7	Sumber Material	:	
Contoh Dipanaskan		Mulai :	pk 09:00
		Selesai :	pk 11:00
Didiamkan Pada Temperatur Ruang		Mulai :	pk 11:30
		Selesai :	pk 12:00
Pemeriksaan Penetrasi Pada 25°C		Mulai :	Temperatur Lemari es 25°C
		Selesai :	
Pemeriksaan Titik LembeK dimulai pada temperatur 25°C		Mulai :	
		Selesai :	
Suhu yang diamati °C		Waktu (Detik)	Titik LembeK °C
		I	II
1	5	00:30	00:40
2	10	02:03	02:10
3	15	03:50	03:48
4	20	05:10	05:08
5	25	06:39	06:36
6	30	07:48	07:46
7	35	09:04	09:08
8	40	10:11	10:15
9	45	11:22	11:24
10	50	12:32	12:34
11	55		
12	60		
13	65		
			50% / 12:32
			50% / 12:34

Dikerjakan oleh : *Krisna Damanik*
 Tanggal : *03 Agustus 2023*
 Tanda tangan : *[Signature]*

Medan, *03 Agustus 2023*
 Diperiksa oleh : *Lestina Perawati M*
 Tanda tangan : *[Signature]*

72

LABORATORIUM BAHAN PERKERASAN JALAN
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
UNIVERSITAS KATOLIK SANTO THOMAS MEDAN

PENGUJIAN TITIK LEMBEK ASPAL SNI 2434 : 2011

1	No. order/ccontoh	:			
2	Jenis contoh uji	:	Aspal G _{0.70} + 30% Lembak herton		
3	Jenis pekerjaan	:	pengujian titik lemek Aspal		
4	Diterima tanggal	:			
5	Di uji tanggal	:	3 Agustus 2023		
6	Metode pengujian	:			
7	Sumber Material	:			
Contoh Dipanaskan		Mulai :	Temperatur oven 150 °C		
		Selesai :			
Didiamkan Pada Temperatur Ruang		Mulai :			
		Selesai :			
Pemeriksaan Penetrasi Pada 25°C		Mulai :	temperatur lemam 25°C		
		Selesai :			
Pemeriksaan Titik Lembek dimulai pada temperatur 25°C		Mulai :			
		Selesai :			
Suhu yang diamati °C		Waktu (Detik)		Titik Lembek °C	
		I	II	I	II
1	5	00:42	00:50	G _{0.70} :50	G _{0.70} :35
2	10	05:20	04:48		
3	15	07:32	06:50		
4	20	10:10	10:20		
5	25	11:50	11:30		
6	30	15:45	12:50		
7	35	15:39	15:42		
8	40	17:21	17:25		
9	45	18:40	18:45		
10	50	20:29	20:40		
11	55	20:29	21:15		
12	60	21:58	22:30		
13	65				

Dikerjakan oleh : *Krisna Damanik*
 Tanggal : *3 Agustus*
 Tanda tangan : *[Signature]*

Medan, *3 Agustus 2023*
 Diperiksa oleh : *Krisna Damanik*
 Tanda tangan : *[Signature]*

73

LAMPIRAN

**LABORATORIUM BAHAN PERKERASAN JALAN
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
UNIVERSITAS KATOLIK SANTO THOMAS MEDAN**

PENGUJIAN ANALISA SARINGAN AGREGAT SNI ASTM C136:2012

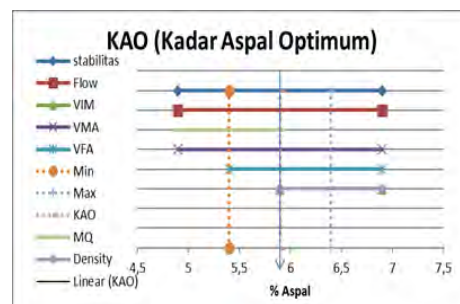
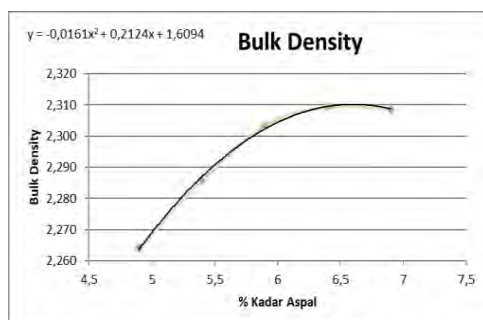
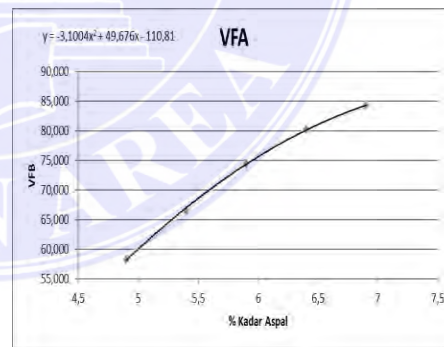
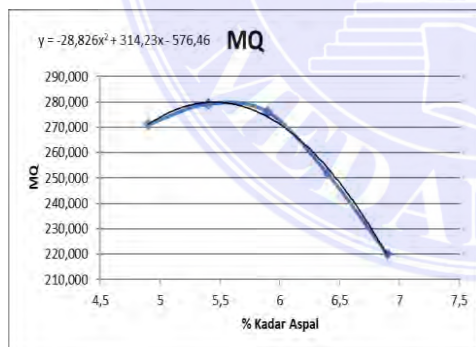
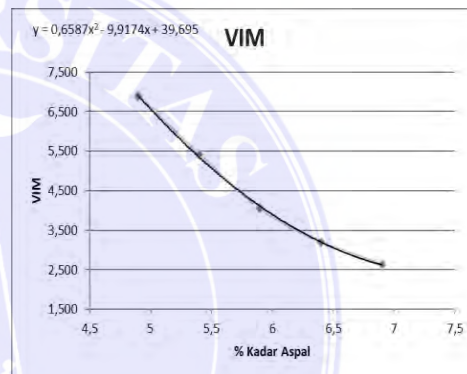
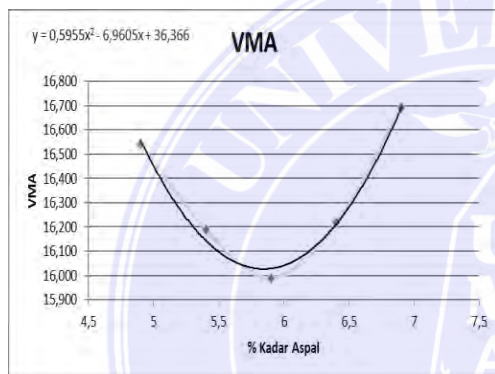
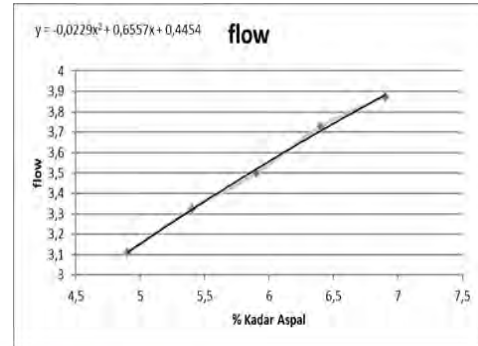
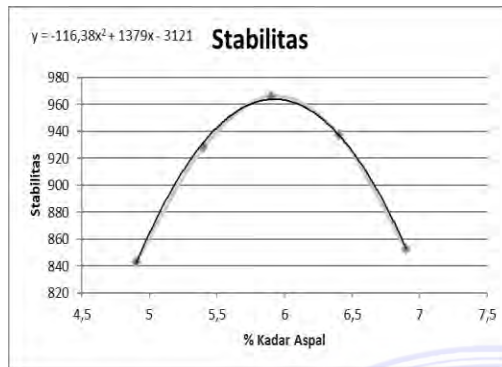
1	No.order/ccontoh	:
2	Jenis contoh uji	:
3	Jenis pekerjaan	: Agregat Kasar dan Agregat Halus
4	Diterima tanggal	: Analisa Saringan Agregat Kasar & halus
5	Di uji tanggal	:
6	Metode pengujian	: 26 Juli 2023
7	Sumber Material	: SNI ASTM C136:2012
		: LAB UNIKA

No	Hot Mix No.saringan	Jenis Material			
		A	Agregat 1/4	Agregat 1/2	Agregat halus, Abu batu
1	1 1/2"	A	0	0	0
		B	0	0	0
2	1"	A	0	0	0
		B	0	0	0
3	1/4"	A	0	0	0
		B	0	0	0
4	1/2"	A	2721	0	0
		B	3565,5	0	0
5	3/8"	A	2565,5	111,5	0
		B	3565,0	111,6	0
6	No.4	A	4693	1990	0
		B	4672,5	1990,2	0
7	No.8	A	4081,5	3321,5	0
		B	4984	3321,6	111,5
8	No.16	A	4992	3586,5	1990
		B	4992	3586	1990
9	No.30	A	4995	3586,5	1990,2
		B	4997	3086	3321,5
10	No.50	A	4995,5	3601,5	3321,6
		B	4995,6	3601	3586,5
11	No.100	A	4995,6	3605,5	3586
		B	4995,7	3605,5	3586,5
12	No.200	A	4995,7	3605,8	3586
		B	4995,8	3611	3611,4
13	Pan	A	4995,8	3611,4	3621,5
		B	4995,9	3621,7	3621,7

Diperkerjakan oleh : Krisna Damanik
 Tanggal : 26 Juli 2023
 66

Medan, 26 Juli 2023
 Diperiksa oleh : Fertina Fauziah M
 tgl : 26 Juli 2023
 ttd : faint

Lampiran Grafik Pengujian Marshall KAO



Dokumentasi Penelitian di Laboratorium Universitas Santo Thomas Medan

Lampiran Foto Material



Pengambilan Material Limbah Beton dari bongkaran konstruksi Bangunan





