

**PEMANFAATAN LIMBAH BAJA (SLAG BAJA)
SEBAGAI BAHAN CAMPURAN ASPAL TERHADAP
KARAKTERISTIK MARSHALL
SKRIPSI**

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat untuk Menyelesaikan
Program Studi Strata 1 (S1) pada Jurusan Teknik Sipil
Universitas Medan Area

Disusun Oleh :

KUSON FRANSISKUS BANUREA

178110001



**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MEDAN AREA
MEDAN
2020**

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 4/9/20

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

Access From (repository.uma.ac.id)4/9/20

LEMBAR PENGESAHAN
PEMANFAATAN LIMBAH BAJA (SLAG BAJA)
SEBAGAI BAHAN CAMPURAN ASPAL TERHADAP
KARAKTERISTIK MARSHALL
SKRIPSI

Disusun Oleh :

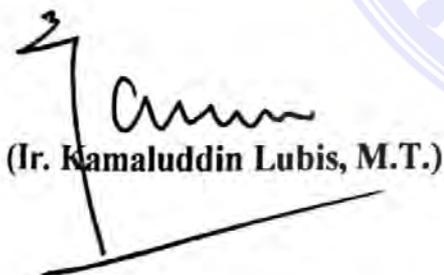
KUSON FRANSISKUS BANUREA

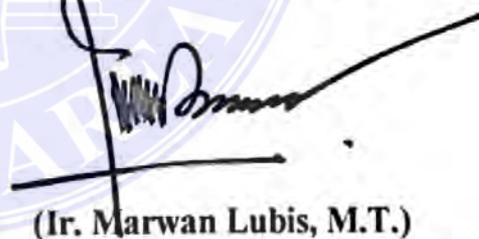
NPM : 178110001

Disetujui Oleh :

Dosen Pembimbing 1

Dosen Pembimbing 2

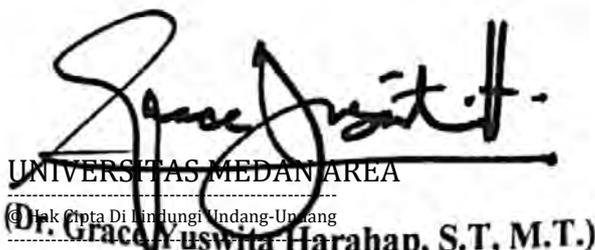

(Ir. Kamaluddin Lubis, M.T.)


(Ir. Marwan Lubis, M.T.)

Diketahui Oleh :

Dekan Fakultas Teknik

Ka. Prodi Teknik Sipil


UNIVERSITAS MEDAN AREA
Dr. Grace Kuswita Harahap, S.T, M.T.)


(Ir. Nurmaidah, M.T.)

© 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

LEMBAR PERNYATAAN

Saya menyatakan bahwa skripsi yang saya susun, sebagai syarat memperoleh sarjana merupakan hasil karya tulis saya sendiri, adapun bagian-bagian tertentu dalam penelitian skripsi ini yang saya kutip dari hasil karya orang lain telah di tulis sumbernya secara jelas sesuai dengan norma, kaidah dan etika penulisan ilmiah.

Saya bersedia menerima sanksi pencabutan gelar akademik yang saya peroleh dan sanksi-sanksi lainnya dengan peraturan yang berlaku, apabila dikemudian hari ditemukan adanya plagiat dalam skripsi ini.

Medan, 20 Februari 2020



Kuson Fransiskus Banurea

178110001

**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
TUGAS AKHIR/SKRIPSI/TEISIS UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai civitas akademik Universitas Medan Area, saya yang bertandatangan dibawah ini:

Nama : Kuson Fransiskus Banurea

NPM : 178110001

Program Studi : Teknik Sipil

Jenis Karya : Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Medan Area Hak Bebas Royalti Noneklusif (Non-Exclusive Royalty-Free Right) atas karya ilmiah saya yang berjudul: Pemanfaatan Limbah Baja (Slag Baja) Sebagai Bahan Campuran Aspal Terhadap Karakteristik Marshall, beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneklusif 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.

Medan, 4 Maret 2020

Yang menyatakan,



(Kuson Fransiskus Banurea)

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 4/9/20

Access From (repository.uma.ac.id)4/9/20

ABSTRAK

Slag adalah limbah padat bukan logam yang dihasilkan dari proses peleburan logam pada tanur (furnace) dan merupakan kumpulan oksida dalam keadaan lebur dan terpisah dari fasa logam cair selama proses peleburan. Limbah ini berasal dari hasil residu pembakaran tanur tinggi yang dihasilkan oleh industri peleburan baja, yang secara fisik menyerupai agregat. Slag termasuk limbah B3 (Bahan Berbahaya Beracun). Limbah baja ini juga merupakan salah satu masalah lingkungan sehingga perlu adanya pemanfaatan atau pengembangan teknologi daur ulang untuk perkerasan jalan, salah satu bahan limbah yang akan dicoba untuk mengganti agregat baru pada penelitian ini adalah limbah baja (Steel Slag) yang dapat digunakan sebagai filler dari limbah industri baja yang sangat disayangkan jika tidak dimanfaatkan. Penggunaannya juga akan membantu mengurangi limbah tersebut di lingkungan. Lapis Aspal Beton (Asphalt Concrete/AC), merupakan salah satu jenis perkerasan lentur yang menggunakan gradasi agregat menerus dari butir yang kasar sampai yang halus. Kekuatan pada campuran ini adalah pada agregat – agregatnya yang saling mengisi. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh penambahan slag baja dalam campuran Laston AC-WC terhadap sifat fisik aspal dan parameter Marshall. Pada penelitian ini slag baja (Steel Slag) dipakai sebagai filler pada campuran Laston yaitu lolos pada saringan No. 200. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa penambahan slag baja pada campuran aspal dapat dijadikan sebagai bahan pengisi (filler). Nilai stabilitas yang didapat dari penambahan slag baja pada campuran aspal untuk kadar 0%, 20%, 40%, 60%, dan 80% sudah memenuhi spesifikasi Marshall dengan hasil sebesar 1230,215 kg, 1164,295 kg, 980,234 kg, 1147,173 kg, dan 1147,173 kg. Untuk nilai VIM, VFA, VMA, Flow, dan MQ menunjukkan besaran yang memenuhi spesifikasi.

Kata Kunci : Slag Baja, Asphalt Concrete, Karakteristik Marshall

ABSTRACT

Slag is non-metal solid waste that is produced from the metal melting process in the furnace and is a collection of oxides in a melt state and separated from the liquid metal phase during the melting process. This waste comes from the result of high kiln combustion residue produced by the steel smelting industry, which physically resembles an aggregate. Slag includes B3 waste (Toxic Hazardous Material). This steel waste is also one of the environmental problems so it is necessary to use or develop recycling technology for road pavement, one of the waste materials that will be tried to replace new aggregates in this research is steel slag which can be used as a filler from waste the steel industry is unfortunate if not utilized. Its use will also help reduce the waste in the environment. Asphalt Concrete (AC) is a type of flexible pavement that uses continuous aggregate gradation from coarse to fine grains. The strength of this mixture is in its aggregates which co-exist. The purpose of this study was to determine the effect of adding steel slag in the Laston AC-WC mixture on the physical properties of asphalt and Marshall parameters. In this research, steel slag is used as a filler in the Laston mixture, which passes through the No. filter. 200. The results of this study indicate that the addition of steel slag to the asphalt mixture can be used as a filler (filler). The stability value obtained from the addition of steel slag to the asphalt mixture for 0%, 20%, 40%, 60%, and 80% content has met the Marshall specifications with results of 1230,215 kg, 1164,295 kg, 980,234 kg, 1147, 173 kg and 1147,173 kg. For values of VIM, VFA, VMA, Flow, and MQ indicate quantities that meet specifications.

Keywords: Steel Slag, Asphalt Concrete, Marshall Characteristics



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 4/9/20

Access From (repository.uma.ac.id)4/9/20



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 4/9/20

Access From (repository.uma.ac.id)4/9/20



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 4/9/20

Access From (repository.uma.ac.id)4/9/20



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 4/9/20

Access From (repository.uma.ac.id)4/9/20

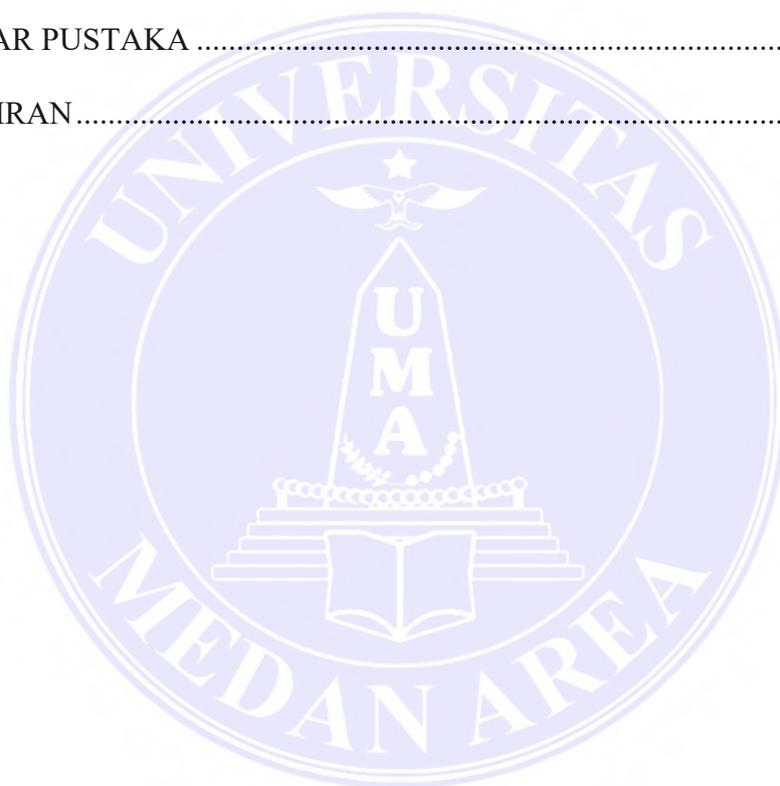
DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
ABSTRACT	ii
KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI	v
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR GAMBAR	xi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Maksud dan Tujuan Penelitian	3
1.3 Rumusan Masalah	3
1.4 Pembatasan Masalah	3
1.5 Manfaat Penelitian	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1. Perkerasan Jalan	5
2.2. Aspal	7
2.3. Jenis Campuran Beraspal	9
2.3.1. Lapis Tipis Aspal Pasir (Sand Sheet, SS) Kelas A dan B	9
2.3.2. Lapis Tipis Aspal Beton (Hot Rolled Sheet, HRS)	9
2.3.3. Lapis Aspal Beton (Asphalt Concrete, AC)	9
2.4. Tebal Lapisan dan Toleransi	10
2.5. Bahan Perkerasan	11
2.5.1. Agregat Kasar	12

2.5.2. Agregat Halus.....	13
2.5.3. Bahan Pengisi (Filler) Untuk Campuran Beraspal.....	14
2.6. Slag Baja	15
2.7. Gradasi Agregat Gabungan.....	16
2.8. Karakteristik Campuran Aspal-Aspal Lapisan AC-WC	18
2.9. Perencanaan Gradasi Campuran	20
2.10. Kadar Aspal Rencana.....	21
2.11. Metode Pengujian Marshall	21
2.11.1. Berat Jenis Bulk dari Total Agregat.....	22
2.11.2. Berat Jenis Semu dari Total Agregat	23
2.11.3. Berat Jenis Efektif Agregat	23
2.11.4. Berat Jenis Maksimum Campuran	24
2.11.5. Berat Jenis Bulk Campuran Padat.....	24
2.11.6. Kepadatan (Density)	24
2.11.7. VIM (Void in The Mix)	25
2.11.8. VMA (Void in Mineral Aggregate)	25
2.11.9. VFA (Void Filled With Asphalt)	26
2.11.10. Kelelehan (Flow).....	26
2.11.11. Stabilitas	26
2.11.12. Marshall Quotient (MQ)	28
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	29
3.1. Lokasi Penelitian.....	29
3.2. Metode dan Desain.....	29
3.3. Sampel Pengujian.....	31

3.3.1. Agregat	31
3.3.2. Aspal	31
3.3.3. Filler	31
3.4. Gambaran Umum Penelitian	32
3.4.1. Persiapan Alat dan Bahan	32
3.4.2. Penyediaan dan Pengujian Bahan	33
3.4.3. Perencanaan Campuran	34
3.5. Prosedur Perencanaan Penelitian	34
3.5.1. Tahap I	35
3.5.2. Tahap II	35
3.6. Pengujian Marshall.....	36
3.7. Prosedur Pengujian Material.....	38
3.7.1. Pengujian Material Agregat	39
3.7.2. Pengujian Material Aspal.....	42
3.8. Alur Penelitian	43
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	45
4.1. Hasil dan Perencanaan Gradasi Agregat Campuran	45
4.2. Hasil Pengujian Kualitas Material	47
4.2.1. Agregat Kasar.....	47
4.2.2. Agregat Halus.....	48
4.2.3. Filler.....	49
4.2.4. Aspal	50
4.3. Penentuan Berat Jenis, Penyerapan Aspal dan Kadar Aspal	51
4.4. Hasil Analisa Marshall	61

4.4.1. Data Penelitian dan Pembahasan	61
4.4.2. Analisa dan Pembahasan.....	78
4.4.2.1. Analisa	78
4.4.2.2. Pembahasan.....	84
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	86
5.1. Kesimpulan	86
5.2. Saran.....	88
DAFTAR PUSTAKA	89
LAMPIRAN.....	90



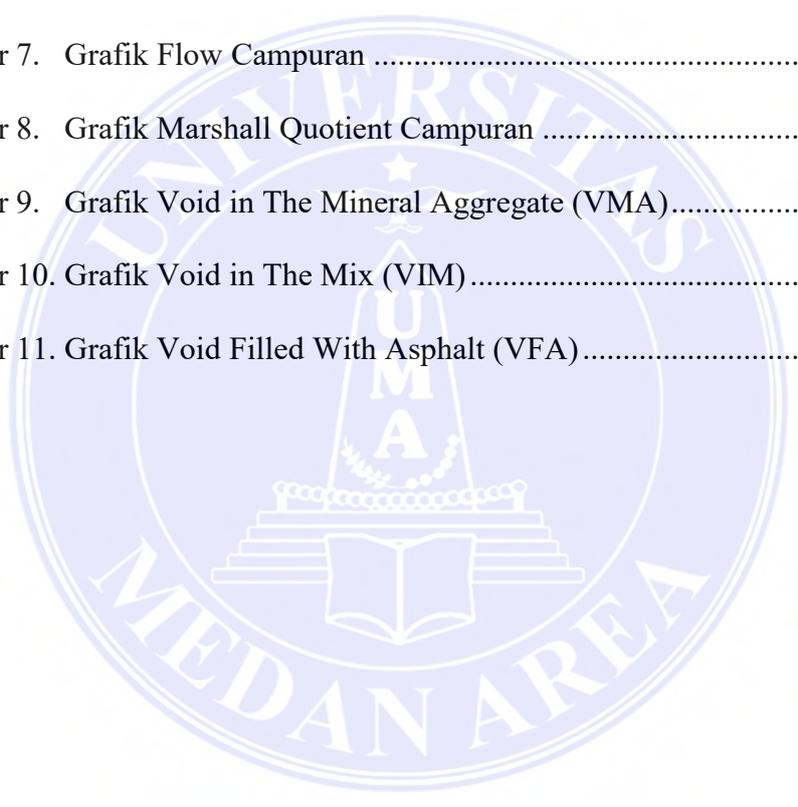
DAFTAR TABEL

Tabel 1. Perbedaan Perkerasan Lentur dan Kaku	7
Tabel 2. Tebal Nominal Minimum Campuran Beraspal.....	7
Tabel 3. Ukuran Nominal Agregat Kasar Penampung Dingin	13
Tabel 4. Persyaratan Agregat Halus.....	14
Tabel 5. Persyaratan Kimia dan Fisik	15
Tabel 6. Persyaratan Sifat-Sifat Material Pilihan.....	16
Tabel 7. Amplop Gradasi Agregat Gabungan untuk Campuran Aspal.....	17
Tabel 8. Contoh Batas-Batas Bahan Bergradasi Senjang	17
Tabel 9. Gradasi Agregat untuk Campuran Aspal AC - WC.....	20
Tabel 10. Faktor Koreksi Stabilitas.....	27
Tabel 11. Jenis Pengujian.....	30
Tabel 12. Jumlah Sampel Pengujian	36
Tabel 13. Ketentuan Agregat Kasar	40
Tabel 14. Ketentuan Agregat Halus	41
Tabel 15. Ketentuan Filler untuk Slag Baja	42
Tabel 16. Ketentuan-Ketentuan untuk Aspal Keras.....	42
Tabel 17. Gradasi Campuran	46
Tabel 18. Hasil Pengujian Agregat Kasar	48
Tabel 19. Hasil Pengujian Agregat Halus	49
Tabel 20. Hasil Pengujian Filler	50
Tabel 21. Hasil Pengujian Aspal.....	50
Tabel 22. Pembagian Kadar Aspal.....	51
Tabel 23. Perhitungan Perencanaan Berat Campuran Tiap Fraksi	57

Tabel 24. Perhitungan Perencanaan Berat Variasi Tiap Campuran.....	60
Tabel 25. Data Pemeriksaan Benda Uji	61
Tabel 26. Persyaratan Mutu Campuran.....	62
Tabel 27. Hasil Perhitungan Pengujian Marshall Tanpa Slag Baja	62
Tabel 28. Hasil Perhitungan Pengujian Marshall 20% Slag Baja.....	63
Tabel 29. Hasil Perhitungan Pengujian Marshall 40% Slag Baja.....	64
Tabel 30. Hasil Perhitungan Pengujian Marshall 60% Slag Baja.....	65
Tabel 31. Hasil Perhitungan Pengujian Marshall 80% Slag Baja.....	66
Tabel 32. Volume Benda Uji Setelah Pemadatan	68
Tabel 33. Kepadatan (Density)	69
Tabel 34. Perhitungan Porsen Volume Aspal	71
Tabel 35. Perhitungan Porsen Volume Agregat.....	72
Tabel 36. Perhitungan Porsen Volume Rongga	73
Tabel 37. Perhitungan VMA (Void in Mineral Aggregate).....	74
Tabel 38. Perhitungan VIM (Void in The Mix).....	76
Tabel 39. Perhitungan VFA (Void Filled With Asphalt).....	77

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Struktur Perkerasan Jalan Lentur	6
Gambar 2. Peta Lokasi PT. Growth Sumatra Industri	29
Gambar 3. Diagram Alur Penelitian.....	43
Gambar 4. Kurva Gradasi	47
Gambar 5. Grafik Kepadatan Campuran.....	78
Gambar 6. Grafik Stabilitas Campuran.....	79
Gambar 7. Grafik Flow Campuran	80
Gambar 8. Grafik Marshall Quotient Campuran	81
Gambar 9. Grafik Void in The Mineral Aggregate (VMA).....	82
Gambar 10. Grafik Void in The Mix (VIM).....	83
Gambar 11. Grafik Void Filled With Asphalt (VFA).....	84



KATA PENGANTAR

Puji syukur saya panjatkan kehadirat Tuhan Yang Maha Esa yang telah melimpahkan rahmat dan kasih karuniaNya sehingga penulis dapat menyelesaikan Skripsi dengan judul “PEMANFAATAN LIMBAH BAJA (SLAG BAJA) SEBAGAI BAHAN CAMPURAN ASPAL TERHADAP KARAKTERISTIK MARSHALL “.

Skripsi ini merupakan salah satu syarat yang harus dipenuhi untuk memperoleh gelar sarjana (Strata-1) Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Medan Area. Penulis menyadari sepenuhnya bahwa penyusunan skripsi ini dapat terselesaikan karena bantuan banyak pihak, oleh karena itu penulis menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Bapak Prof. Dr. Dadan Ramdan, M.Eng., M.Sc., selaku Rektor Universitas Medan Area.
2. Ibu Dr. Grace Yuswita Harahap, S.T., M.T., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Medan Area.
3. Ibu Ir. Nurmaidah, M.T., selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil Universitas Medan Area.
4. Bapak Ir. Kamaluddin Lubis, M.T., selaku Dosen Pembimbing I yang telah meluangkan waktu, tenaga dan pikiran dalam membantu penulis sehingga dapat menyelesaikan Skripsi ini.
5. Bapak Ir. Marwan Lubis, M.T., selaku Dosen Pembimbing II yang telah meluangkan waktu, tenaga dan pikiran dalam membantu penulis sehingga dapat menyelesaikan Skripsi ini.

6. Seluruh Dosen dan Pegawai di Fakultas Teknik Jurusan Teknik Sipil Universitas Medan Area.
7. Ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Bapak/Ibu Pimpinan, HRD, Quality Control dan seluruh Pegawai di PT. Growth Sumatra Industri yang telah memberi ijin untuk pengambilan bahan penelitian slag baja.
8. Ucapan terima kasih kepada kedua orangtua saya dan saudara-saudara saya yang telah memberi kasih sayang, materi, dukungan moril, dan Doa yang tiada henti untuk melancarkan penyusunan skripsi saya.
9. Ucapan terima kasih kepada Ketua Jurusan, Kepala Laboratorium dan Pranata Laboratorium yang telah memberi ijin melakukan penelitian di Laboratorium Aspal Politeknik Negeri Medan.

Dalam penyusunan Skripsi ini penulis menyadari bahwa isi maupun teknik penulisannya jauh dari kesempurnaan, maka untuk itu penulis mengharapkan kritikan maupun saran dari para pembaca yang bersifat positif demi menyempurnakan dari Skripsi ini.

Semoga Skripsi ini dapat memberikan manfaat khususnya bagi penulis dan umumnya para pembaca, penulis mengucapkan terima kasih.

Medan, 20 Februari 2020

Hormat saya



(Kuson Fransiskus Banurea)

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Limbah industri yang tidak memadai akan menimbulkan dampak bagi lingkungan. Banyak contoh tentang pencemaran lingkungan akibat dari limbah pabrik, yaitu berwujud pencemaran air, udara, tanah, sehingga akan mengganggu keadaan organisme. Untuk itu dikeluarkan SNI 8378:2017 dengan judul “Spesifikasi lapis fondasi dan lapis fondasi bawah menggunakan slag” dimaksudkan untuk memberikan acuan dalam pemanfaatan slag sebagai bahan suatu lapis fondasi pada perkerasan jalan dan SNI 8379:2017 dengan judul “Spesifikasi material pilihan menggunakan slag untuk konstruksi jalan” dimaksudkan untuk memberikan acuan dalam pemanfaatan slag dari produksi besi dan baja sebagai bahan material pilihan pada perkerasan jalan.

Sebelumnya juga sudah dilakukan penelitian oleh Nurani Hartatik-Gati Sri Utami-Novi Rohmania dengan judul Karakteristik Campuran Beton Aspal (AC - WC) menyatakan bahwa dalam penelitian tersebut digunakan abu slag baja sebagai bahan pengganti filler dengan variasi kadar abu slag 0%, 1%, 2%, 3%, 4%, dan 5%. Hasil penelitiannya menunjukkan penggunaan abu slag dalam campuran beton aspal, semakin banyak abu slag akan membuat nilai stabilitas semakin meningkat dan nilai fleksibilitas juga meningkat seiring pertambahan abu slag.

Sihtasari Devi dalam penelitiannya steel slag dipakai sebagai agregat kasar pada campuran AC – WC yaitu tertahan saringan No. 1/2” dan No. 8

sebanyak 0%, 10%, 20%, 30%, 40%, dan 50%. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa penambahan steel slag pada campuran aspal dapat dijadikan sebagai bahan pengganti agregat. Nilai stabilitas yang didapat dari penambahan steel slag pada campuran aspal untuk kadar 0%, 10%, 20%, 30%, 40%, dan 50% sudah memenuhi spesifikasi Marshall dengan hasil besar yaitu 2475,180 kg, 2279,345 kg, 2129,137 kg, 1707,024 kg, 1988,56 kg, dan 1817,092 kg. Untuk nilai VIM, VMA, VFA, flow dan MQ menunjukkan besaran yang memenuhi spesifikasi.

Penelitian yang dilakukan oleh Afif Ghina Hayati juga melakukan digunakan steel slag tertahan saringan 1/2” dan 3/8” sebanyak 0%, 10%, 20%, 30%, 40%, dan 50%. Hasil dari penelitian menunjukkan bahwa steel slag dapat dijadikan sebagai pengganti natural agregat. Dan hasil menunjukkan bahwa steel slag memiliki mutu yang lebih baik dibandingkan dengan natural agregat. Pengaruh penggantian agregat dengan steel slag pada campuran AC – WC terhadap karakteristik Marshall terlihat dan semua nilai karakteristik Marshall seperti stabilitas, VIM, VMA, VFA, flow, dan MQ yang memenuhi spesifikasi.

Untuk itu penelitian dilakukan guna memanfaatkan limbah terutama baja akan dicampurkan sebagai bahan campuran aspal. Limbah baja yang digunakan adalah abu slag baja sebagai filler dalam bahan campuran aspal. Filler berfungsi untuk mengisi rongga dalam campuran untuk mengikat daya ikat aspal dan dapat meningkatkan stabilitas dari campuran aspal.

1.2. Maksud dan Tujuan Penelitian

Maksud dari penelitian ini adalah menganalisa apakah abu slag baja dapat digunakan dalam campuran aspal AC - WC terhadap karakteristik Marshall.

Tujuan penelitian ini adalah menghitung nilai parameter Marshall pada abu slag baja sebagai bahan campuran aspal yang memenuhi Spesifikasi Umum Bina Marga 2010 Divisi 6 Revisi III

1.3. Rumusan Masalah

Permasalahan yang terdapat dalam penelitian ini adalah :

1. Bagaimana pengaruh slag baja sebagai bahan tambah terhadap karakteristik Marshall
2. Bagaimana tingkat perbedaan karakteristik aspal asli dibandingkan dengan penambahan abu slag baja tiap-tiap variasi campuran terhadap Marshall Test?

1.4. Pembatasan Masalah

Pembatasan masalah yang didapat dalam penelitian ini adalah :

1. Spesifikasi campuran aspal mengacu pada Spesifikasi Umum Bina Marga 2010 Divisi 6 Revisi III.
2. Pengujian yang dilakukan pada benda uji berupa Marshall Test meliputi : Stabilitas, Flow, Marshall Quotient, VIM, VMA, dan VFA.
3. Limbah baja yang digunakan diambil dari PT. Growth Sumatra Industri.

1.5. Manfaat Penelitian

Dengan adanya penelitian ini, diharapkan mampu memberikan pengetahuan yang lebih luas tentang pemakaian limbah baja sebagai salah satu

bahan tambah pengisi untuk campuran aspal AC – WC yang dapat dimanfaatkan khususnya konstruksi jalan raya.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Perkerasan Jalan

Perkerasan jalan merupakan lapis tambahan yang terletak diantara tanah dan roda kendaraan atau lapis paling atas dari badan jalan. Sukirman (2010) menjelaskan, sejarah perkerasan jalan sudah dimulai bersamaan dengan sejarah umat manusia yang selalu berhasrat untuk memenuhi kebutuhan hidup dan saling berkomunikasi dengan sesama.

Perkerasan jalan raya adalah bagian jalan raya yang diperkeras dengan lapisan konstruksi tertentu, yang memiliki ketebalan, kekuatan dan kekakuan, serta kestabilan tertentu agar mampu menyalurkan beban lalu lintas di atasnya ke tanah dasar secara aman. Lapisan perkerasan yang terletak diantara lapisan tanah dasar dan roda kendaraan, yang berfungsi memberikan pelayanan kepada sarana transportasi dan selama masa pelayanannya diharapkan tidak terjadi kerusakan yang berarti. Agar perkerasan jalan yang sesuai dengan mutu yang diharapkan, maka pengetahuan tentang sifat, pengadaan dan pengolahan dari bahan penyusun perkerasan jalan sangat diperlukan (Sukirman, 2003).

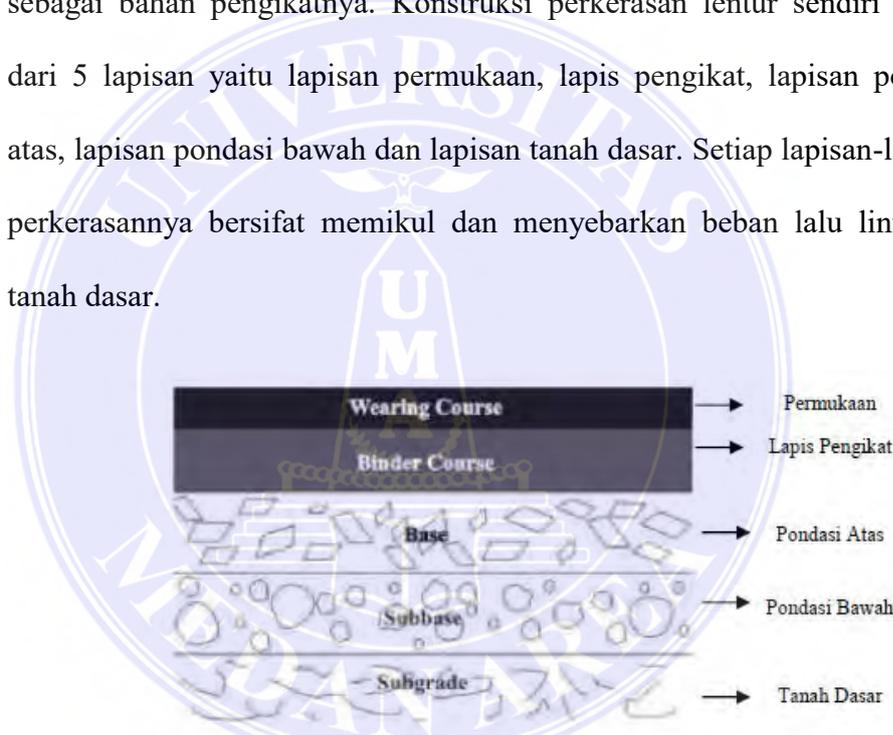
Perkerasan jalan raya adalah bagian dari jalan lalu lintas yang bila diperhatikan secara struktural pada penampang melintang jalan, merupakan penampang struktur dalam kedudukan yang paling sentral dalam suatu badan jalan. Lalu lintas langsung terkonsentrasi pada bagian ini dan boleh dikatakan merupakan urat nadi dari suatu konstruksi jalan. Perkerasan jalan dalam

kondisi baik maka arus lalu lintas akan berjalan dengan lancar, demikian sebaliknya kalau perkerasan jalan rusak, lalu lintas akan sangat terganggu.

Sukirman (2010) mengungkapkan, konstruksi perkerasan jalan dilihat dari bahan pengikatnya dibedakan atas:

1. Konstruksi Perkerasan Lentur (*flexible pavement*)

Perkerasan lentur merupakan jenis perkerasan yang menggunakan aspal sebagai bahan pengikatnya. Konstruksi perkerasan lentur sendiri terdiri dari 5 lapisan yaitu lapisan permukaan, lapis pengikat, lapisan pondasi atas, lapisan pondasi bawah dan lapisan tanah dasar. Setiap lapisan-lapisan perkerasannya bersifat memikul dan menyebarkan beban lalu lintas ke tanah dasar.



Gambar 1. Struktur perkerasan jalan lentur

2. Konstruksi Perkerasan Kaku (*rigid pavement*)

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

3. Konstruksi Perkerasan Komposit (*composite pavement*)

Perkerasan komposit yaitu perkerasan kaku yang dikombinasikan dengan perkerasan lentur, dapat berupa perkerasan lentur diatas perkerasan kaku atau sebaliknya perkerasan kaku di atas perkerasan lentur.

Tabel 1. Perbedaan Perkerasan Lentur dan Kaku

No	Jenis Perbedaan	Perkerasan Lentur	Perkerasan Kaku
1	Bahan pengikat	Aspal	Semen
2	Repitisi Beban	Timbul rutting (lendutan pada jalur roda	Timbul retak-retak pada permukaan
3	Penurunan tanah dasar	Jalan bergelombang (mengikuti tanah dasar)	Bersifat sebagai balok diatas perletakan
4	Perubahan temperatur	Modulus kekakuan berubah. Timbul tegangan dalam yang kecil	Modulus kekakuan tidak berubah. Timbul tegangan dalam yang besar

(Sumber : Fauzi, 2018)

2.2. Aspal

Aspal didefinisikan sebagai material berwarna hitam atau coklat tua, pada temperatur ruang berbentuk padat sampai agak padat. Jika dipanaskan sampai suatu temperatur tertentu aspal dapat menjadi lunak atau cair sehingga dapat membungkus partikel agregat pada waktu pembuatan aspal beton atau dapat masuk kedalam pori-pori yang ada pada penyemprotan perkerasan macadam. Jika temperatur mulai turun, aspal akan mengeras dan mengikat agregat pada tempatnya (Sukirman, 2010). Aspal sebagai salah satu

material konstruksi perkerasan lentur merupakan salah satu komponen kecil, umumnya hanya 4-10% berdasarkan berat atau 10-15% berdasarkan volume campuran perkerasan jalan.

Saodang (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.

Berdasarkan cara diperolehnya aspal dapat dibedakan menjadi 2 yaitu aspal alam dan aspal buatan (Suprpto, 2004).

a. Aspal alam

Aspal alam adalah aspal yang diperoleh karena adanya minyak bumi yang mengalir keluar melalui retak-retak kulit bumi. Setelah minyak menguap, maka tinggal aspal yang melekat pada batuan yang dilalui. Contoh dari aspal ini adalah aspal gunung (*rock asphalt*) dan aspal danau (*lake asphalt*).

b. Aspal buatan

Aspal buatan adalah aspal yang diperoleh dari hasil penyulingan bahan-bahan seperti minyak dan batu bara. Contoh dari aspal buatan adalah aspal minyak dan tar. Aspal minyak adalah aspal yang diambil dari proses penyulingan minyak bumi. Aspal minyak sebagai bahan dasar aspal dapat dibedakan atas aspal keras (*asphalt cement, AC*), aspal dingin (*cut back asphalt*), dan aspal emulsi (*emulsion asphalt*). Aspal keras yaitu aspal yang

digunakan dalam keadaan cair dan panas dan berbentuk padat pada keadaan penyimpanan, sedangkan aspal dingin adalah aspal yang digunakan dalam keadaan cair dan dingin. Aspal emulsi adalah aspal yang disediakan dalam bentuk emulsi dan dapat digunakan dalam keadaan dingin ataupun panas (Sukirman, 2010).

2.3. Jenis Campuran Beraspal

Jenis campuran dan ketebalan lapisan harus seperti yang ditentukan pada gambar.

2.3.1 Lapis Tipis Aspal Pasir (Sand Sheet, SS) Kelas A dan B

Lapis Tipis Aspal Pasir (Latasir) yang selanjutnya disebut SS, terdiri dari dua jenis campuran, SS-A dan SS-B. Pemilihan SS-A dan SS-B tergantung pada tebal nominal minimum. Latasir biasanya memerlukan penambahan filler agar memenuhi kebutuhan sifat-sifat yang disyaratkan.

2.3.2 Lapis Tipis Aspal Beton (Hot Rolled Sheet, HRS)

Lapis Tipis Aspal Beton (Lataston) yang selanjutnya disebut HRS, terdiri dari dua jenis campuran, HRS Pondasi (HRS-Base) dan HRS Lapis Aus (HRS Wearing Course, HRS-WC) dan ukuran maksimum agregat masing-masing campuran adalah 19 mm. HRS-Base mempunyai proporsi fraksi agregat kasar lebih besar daripada HRS-WC.

2.3.3 Lapis Aspal Beton (Asphalt Concrete, AC)

Lapis Aspal Beton (Laston) yang selanjutnya disebut AC, terdiri dari tiga jenis campuran, AC Lapis Aus (AC-WC), AC Lapis Antara (AC-Binder Course, AC-BC), dan AC Lapis Pondasi (AC-Base) dan ukuran maksimum agregat masing-masing campuran adalah 19 mm, 25,4 mm, 37,5 mm. Setiap

jenis campuran AC yang menggunakan bahan Aspal Polimer atau Aspal dimodifikasi dengan Aspal Alam disebut masing-masing sebagai AC-WC Modified, AC-BC Modified, dan AC-Base Modified.

2.4. Tebal Lapisan dan Toleransi

Tebal setiap lapisan campuran beraspal bukan perata harus diperiksa dengan benda uji “inti” (core) perkerasan yang diambil oleh Penyedia Jasa sesuai petunjuk Direksi Pekerjaan. Benda uji inti (core) paling sedikit harus diambil dua titik pengujian per penampang melintang per lajur dengan jarak memanjang antar penampang melintang yang diperiksa tidak lebih dari 100 m.

Toleransi tebal untuk tiap lapisan campuran beraspal :

- Latasir tidak lebih dari 2,0 mm
- Lataston Lapis Aus tidak lebih dari 3,0 mm
- Lataston Lapis Pondasi tidak lebih dari 3,0 mm
- Laston Lapis Aus tidak lebih dari 3,0 mm
- Laston Lapis Antara tidak lebih dari 4,0 mm
- Laston Lapis Pondasi tidak lebih dari 5,0 mm

Tabel 2. Tebal Nominal Minimum Campuran Beraspal

Jenis Campuran		Simbol	Tebal Nominal Minimum (cm)
Latasir Kelas A		SS-A	1,5
Latasir Kelas B		SS-B	2,0
Lataston	Lapis Aus	HRS-WC	3,0
	Lapis Pondasi	HRS-Base	3,5
Laston	Lapis Aus	AC-WC	4,0
	Lapis Antara	AC-BC	6,0
	Lapis Pondasi	AC-Base	7,5

(Sumber : Spesifikasi Umum Bina Marga 2010 Divisi 6 Revisi III)

2.5. Bahan Perkerasan

Bahan dalam perkerasan jalan terdiri dari agregat dan bahan tambah yang digunakan sebagai campurannya. Ada 3 golongan batuan yang umumnya digunakan untuk agregat yaitu batuan beku, batuan endapan, dan batuan methamorphik.

Kadar agregat dalam campuran bahan perkerasan konstruksi jalan pada umumnya berkisar antara 90-95% dari berat total, atau berkisar antara 75-95% dari volume total.

Agregat merupakan bahan utama yang turut menahan beban yang diterima oleh bagian perkerasan jalan, begitu pula dalam pelaksanaan perkerasan dimana digunakan bahan pengikat aspal, sangat dipengaruhi oleh mutu agregat.

Agregat adalah suatu bahan keras dan kaku yang digunakan sebagai bahan campuran, yang berupa butiran atau pecahan yang termasuk didalamnya antara lain : pasir, kerikil, agregat pecah, terak dapur tinggi, abu (debu) agregat.

Agregat yang akan digunakan dalam pekerjaan harus sedemikian rupa agar campuran beraspal, yang proporsinya dibuat sesuai dengan rumusan campuran kerja memenuhi semua ketentuan yang diisyaratkan.

2.5.1 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.

Agregat kasar harus mempunyai angularitas seperti yang disyaratkan. Angularitas agregat kasar didefinisikan sebagai persen terhadap berat agregat yang lebih besar dari 4,75 mm dengan muka 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 feeds) sedemikian rupa sehingga gradasi gabungan agregat dapat dikendalikan dengan baik.

Tabel 3. Ukuran Nominal Agregat Kasar Penampung Dingin untuk
Campuran Aspal

Jenis Campuran	Ukuran nominal agregat kasar (mm)			
	5 – 10	10 - 14	14 - 22	22 - 30
Lataston Lapis Aus	Ya	Ya	-	-
Lataston Lapis Pondasi	Ya	Ya	-	-
Laston Lapis Aus	Ya	Ya	-	-
Laston Lapis Antara	Ya	Ya	Ya	-
Laston Lapis Pondasi	Ya	Ya	Ya	Ya

(Sumber : Spesifikasi Umum Bina Marga 2010 Divisi 6 Revisi III)

2.5.2 Agregat Halus

Agregat halus adalah bahan yang lewat saringan No.4 dan tertahan saringan No.200. Biasanya berupa pasir murni hasil screening dari mesin pemecah batu atau kombinasi dari keduanya.

Agregat halus harus bersih, keras, tahan lama, bebas dari lumpur dan bahan organis. Butiran yang lewat saringan No.40 harus non plastis, atau mempunyai nilai plastis yang masih dalam batas toleransi. Tidak ada nilai batas gradasi untuk bahan berbutir halus, kecuali bahwa bahan yang lolos saringan No.200 agar tahan lama dan campuran mudah dikerjakan memenuhi tabel 4.

Tabel 4. Persyaratan Agregat Halus

Jenis Agregat Halus	% Lolos Saringan No. 200
Pasir Murni	Max 5%
Hasil Screening Batu Kapur	Max 20%
Hasil Screening Batuan Lain	Max 15%

(Sumber : Buku 2 Konstruksi Jalan Raya, Saodang 2005)

Bila pasir berasal dari sumber alam, kehilangan soundness pada material yang tertahan pada saringan No. 50 adalah $\leq 15\%$. Bila pasir yang mengandung garam dari sumber di pantai, diyakini tidak mengganggu campuran, bahan tersebut dapat dipakai.

2.5.3 Bahan Pengisi (Filler) Untuk Campuran Beraspal

Bahan pengisi yang ditambahkan (filler added) terdiri atas debu batu kapur (limestone dust, Calcium Carbonate, CaCO_3), atau debu kapur padam yang sesuai dengan AASHTO M303-89 (2006), semen atau mineral yang berasal dari Asbuton yang sumbernya disetujui oleh Direksi Pekerjaan. Jika digunakan Aspal Modifikasi dari jenis Asbuton yang diproses maka bahan pengisi yang ditambahkan (filler added) sudah memperhitungkan kadar filler yang terkandung dalam Asbuton tersebut.

Bahan pengisi yang ditambahkan harus kering dan bebas dari gumpalan-gumpalan dan bila diuji dengan pengayakan sesuai SNI ASTM C136: 2012 harus mengandung bahan yang lolos ayakan No.200 (75 micron) tidak kurang dari 75% terhadap beratnya kecuali untuk mineral Asbuton. Semua campuran beraspal harus mengandung bahan pengisi yang ditambahkan (filler added) min. 1% dari berat total agregat.

2.6. Slag Baja

Slag adalah limbah padat bukan logam yang dihasilkan dari proses peleburan logam pada tanur (furnace) dan merupakan kumpulan oksida dalam keadaan lebur dan terpisah dari fasa logam cair selama proses peleburan. Limbah ini berasal dari hasil residu pembakaran tanur tinggi yang dihasilkan oleh industri peleburan baja, yang secara fisik menyerupai agregat. Slag termasuk limbah B3 (Bahan Berbahaya Beracun), setelah Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK) bersama dengan asosiasi baja melakukan penelitian bersama. Slag menjadi bahan material lapis fondasi dan lapis fondasi bawah seiring dengan dikeluarkannya SNI 8378:2017 dan SNI 8379:2017. Penggunaan slag baja sebagai agregat bahan pembangunan jalan setidaknya bisa menggantikan material seperti batu alam yang semakin lama habis karena ditambang. Persyaratan kimia dan fisik untuk slag yang akan digunakan harus memenuhi dan persyaratan material pilihan slag harus memenuhi persyaratan.

Tabel 5. Persyaratan Kimia dan Fisik

Sifat Kimia dan Fisik	Standar	Persyaratan
Kandungan Sulfur (S)	BS EN 1744-1:2009+A1:2012	Maks. 2%
pH Slag	SNI 6787:2015	8-10
Ukuran Slag	SNI ASTM C136:2012	Maks. 75 mm

(Sumber : SNI 8379:2017)

Tabel 6. Persyaratan Sifat-Sifat Material Pilihan

Sifat Material Pilihan	Standar	Persyaratan
CBR rendaman	SNI 1744:2012	Min. 35%
Pengembangan	ASTM D4792/D4792M-13:2013	Maks. 0,5%

(Sumber : SNI 8379:2017)

2.7. Gradasi Agregat Gabungan

Fannisa H. dan Wahyudi M (2010) berpendapat, gradasi agregat adalah distribusi ukuran butiran dari agregat, baik agregat kasar maupun halus dan dinyatakan dalam persentase terhadap total beratnya. Gradasi ditentukan dengan melewati sejumlah material melalui serangkaian saringan dari ukuran besar ke ukuran kecil dan menimbang berat material yang tertahan pada masing-masing saringan.

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. Agregat yang mempunyai ukuran seragam akan menghasilkan pori antar butiran menjadi besar. Sebaliknya jika agregat mempunyai ukuran yang bervariasi akan mempunyai volume pori kecil, dimana butiran kecil mengisi pori diantara butiran besar sehingga pori-porinya menjadi sedikit (Sukirman, 2010).

Gradasi agregat gabungan untuk campuran aspal, ditunjukkan dalam persen terhadap berat agregat dan bahan pengisi harus memenuhi batas-batas yang diberikan. Rancangan dan perbandingan campuran untuk gradasi agregat gabungan harus mempunyai jarak terhadap batas-batas yang

diberikan. Berikut adalah ukuran butir agregat menurut Spesifikasi Umum Bina Marga 2010 Divisi 6 Revisi 3 :

Tabel 7. Amplop Gradasi Agregat Gabungan Untuk Campuran Aspal

Ukuran ayakan		% Berat Yang Lolos Laston AC		
(Inch)	(mm)	AC-WC	AC-BC	AC-Base
1 ½"	37,5	-	-	100
1"	25	-	100	90-100
¾"	19	100	90-100	76-90
½"	12,5	90-100	75-90	60-78
3/8"	9,5	77-90	66-82	52-71
No. 4	4,75	53-69	46-64	35-54
No. 8	2,36	33-53	30-49	23-41
No. 16	1,18	21-40	18-38	13-30
No. 30	0,6	14-30	12-28	10-22
No. 50	0,3	9-22	7-20	6-15
No. 100	0,15	6-15	5-13	4-10
No. 200	0,075	4-9	4-8	3-7

(Sumber : Spesifikasi Umum Bina Marga 2010 Divisi 6 Revisi III)

Tabel 8. Contoh Batas-Batas Bahan Bergradasi Senjang

Ukuran Ayakan	Alternatif 1	Alternatif 2	Alternatif 3	Alternatif 4
% lolos No.8	40	50	60	70
% lolos No.30	Min. 32	Min. 40	Min. 48	Min. 56
% Kesenjangan	< 8	< 10	< 12	< 14

(Sumber : Spesifikasi Umum Bina Marga 2010 Divisi 6 Revisi III)

Gradasi agregat dibedakan menjadi 3 jenis yaitu:

1. Gradasi Buruk (*poorly graded*)

Gradasi buruk adalah campuran yang tidak memenuhi kategori gradasi seragam dan rapat. Gradasi ini biasanya dipakai untuk lapisan perkerasan lentur yaitu gradasi celah, dimana berupa campuran agregat dengan 1 fraksi hilang atau 1 fraksi sedikit sekali (Sukirman, 1999). Saodang (2005) dapat menjelaskan, gradasi yang jelek mengakibatkan kepadatan rendah dan stabilitas kecil karena kondisi kontak butir agregat buruk.

2. Gradasi Seragam (*uniform graded*)

Sukirman (1999), gradasi seragam adalah gradasi dengan agregat yang mempunyai ukuran hampir sejenis atau mengandung agregat halus yang sedikit jumlahnya sehingga tidak dapat mengisi rongga antar agregat. Gradasi seragam dari komposisi butiran akan menghasilkan suatu kepadatan yang bervariasi akibat kontak butir sebagian, sedang stabilitas tergantung pada sifat penyekatan (*confined*), (Saodang, 2005).

3. Gradasi Rapat (*dense graded*)

Gradasi rapat adalah gradasi agregat dimana terdapat butiran dari agregat kasar sampai halus, sehingga disebut gradasi menerus atau bergradasi baik (*well graded*) (Prameswari, 2016). Saodang (2005) berpendapat, agregat dengan gradasi baik akan memberikan suatu keadaan kepadatan dan stabilitas yang baik akibat kontak butir yang hampir menyeluruh pada bidang permukaan.

2.8. Karakteristik Campuran Aspal - Aspal Lapisan AC – WC (Asphalt Concrete – Wearing Course)

Lapisan AC –WC adalah jenis perkerasan jalan yang terdiri dari campuran agregat dan aspal, dengan atau tanpa bahan tambah. Material – material pembentuk beton aspal dicampur di instalasi pencampur pada suhu tertentu, kemudian diangkut ke lokasi, dihamparkan, dan dipadatkan. Suhu pencampuran ditentukan berdasarkan jenis aspal yang akan digunakan. Jika semen aspal, maka pencampuran umumnya antara 145° - 155°C, sehingga disebut beton aspal campuran panas. Campuran ini dikenal dengan Hot Mix (Sylvia Sukirman, 2003).

Material utama penyusun suatu campuran aspal sebenarnya hanya dua macam, yaitu agregat dan aspal. Namun dalam pemakaiannya aspal dan agregat bisa menjadi bermacam-macam, tergantung kepada metode dan kepentingan yang dituju pada penyusunan suatu perkerasan. Salah satu produk campuran aspal yang kini banyak digunakan oleh Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah adalah AC – WC (*Asphalt Concrete – Wearing Course*) / Lapis Aus Aspal Beton. AC – WC adalah salah satu dari tiga macam campuran lapis aspal beton yaitu AC – WC, AC – BC, dan AC – Base. Ketiga jenis Laston 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 – WC yaitu untuk lapis permukaan (paling atas) dalam perkerasan dan mempunyai tekstur yang paling halus dibandingkan dengan jenis laston lainnya. Pada campuran laston yang bergradasi menerus tersebut mempunyai sedikit rongga dalam struktur agregatnya dibandingkan dengan

campuran bergradasi senjang. Hal tersebut menyebabkan campuran AC – WC lebih peka terhadap variasi dalam proporsi campuran.

2.9. Perencanaan Gradasi Campuran

Pemilihan gradasi agregat campuran sangat penting dalam komposisi aspal. Jenis campuran yang akan digunakan untuk pembuatan benda uji adalah campuran AC – WC. Spesifikasi Gradasi campuran aspal AC – WC menurut Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah 2004 terlihat pada tabel 9.

Tabel 9. Gradasi Agregat Untuk Campuran Aspal AC - WC

Ukuran	Berat yang lolos	% Contoh	Gradasi
Ayakan	Batasan	Daerah Target	Tertahan
ASTM (mm)	Larangan	Lolos	
1 ½ ”	37.5	-	-
1”	25	-	-
¾”	19	100	100
½”	12,5	90-100	93,0
⅜”	9,5	Maks. 90	80,0
No. 4	4,75	-	55,0
No. 8	2,36	25 - 58	36,0
No. 16	1,18	-	25,6 – 31,6
No. 30	0,6	-	19,1 – 23,1
No. 50	0,3	-	15,5
No. 100	0,15	-	8,0
No. 200	0,075	-	6,0
Pan			6,0

(Sumber : Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah 2004)

2.10. Kadar Aspal Rencana

Persentase aspal yang aktual ditambahkan ke dalam campuran ditentukan berdasarkan percobaan laboratorium dan lapangan sebagaimana tertuang dalam Rencana Campuran Kerja (JMF) dengan memperhatikan penyerapan agregat yang digunakan.

Pengujian yang diperlukan meliputi analisa ayakan, berat jenis dan penyerapan air dan semua jenis pengujian lainnya sebagaimana yang dipersyaratkan pada seksi ini untuk semua agregat yang digunakan. Pengujian pada campuran beraspal percobaan akan meliputi penentuan Berat Jenis Maksimum campuran beraspal (SNI 03-6893-2002), pengujian sifat-sifat Marshall (SNI 06-2489-1990) dan Kepadatan Membal (Refusal Density) campuran rancangan (BS 598 Part 104-1989).

2.11. Metode Pengujian Marshall

Setelah semua benda uji dibuat maka tahapan selanjutnya adalah melakukan pengujian untuk memperoleh hasil yang diinginkan dengan alat yang bernama *Marshall Test*. Pemeriksaan dengan *Marshall Test* pertama kali diperkenalkan oleh Bruce Marshall dan dikembangkan oleh U.S Corps of Engineer. Hasil pemeriksaannya, Marshall menggunakan prosedur PC-0201-76, AASHTO T 245-74 atau ASTM D 1559-62T (Sukirman, 2010). *Marshall Test* 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 kelelahan (*flow meter*) berfungsi untuk mengukur

kelelahan plastis (*flow*). Setelah dilakukan *Marshall Test* menurut Sukirman (2010), metode Marshall akan diperoleh data- data sebagai berikut :

1. Stabilitas yang dinyatakan dalam bilangan bulat. Stabilitas menunjukkan kekuatan dan ketahanan terhadap terjadinya alur (*ruting*).
2. Kelelahan plastis (*flow*) yang dinyatakan dalam mm atau 0,01 inch. *Flow* dapat digunakan sebagai indikator terhadap lentur.
3. VIM yang merupakan persen rongga dalam campuran dan dinyatakan dalam bilangan desimal satu angka belakang koma. VIM merupakan indikator dari durabilitas.
4. VMA yang merupakan persen rongga terhadap agregat dan dinyatakan dalam bilangan bulat. VMA bersama dengan VIM merupakan indicator dari durabilitas.

Berikut adalah rumus-rumus yang digunakan untuk mencari nilai dari parameter-parameter marshall:

2.11.1. Berat jenis *bulk* dari total agregat

Berat jenis *bulk* adalah perbandingan antara berat bahan di udara (termasuk rongga yang cukup kedap dan yang menyerap air) pada satuan volume dan suhu tertentu dengan berat air suling serta volume yang sama pada suhu tertentu pula.

Setiap masing-masing fraksi dari agregat (agregat kasar, agregat halus dan *filler*) mempunyai nilai berat jenis *bulk* sendiri-sendiri. Berikut adalah rumus untuk mencari berat jenis *bulk* dari total agregat:

$$G_{sb\text{total}} = \frac{P_1 + P_2 + P_3 + \dots + P_n}{\frac{P_1}{G_{sb1}} + \frac{P_2}{G_{sb2}} + \frac{P_3}{G_{sb3}} + \dots + \frac{P_n}{G_{sbn}}} \dots\dots\dots (\text{pers 1})$$

Keterangan :

- Gsbtotal : Berat jenis *bulk* agregat gabungan, (gr/cc)
- P1, P2, P3 : Persentase berat dari masing-masing agregat, (%)
- Gsb1, Gsb2, Gsb3 : Berat jenis *bulk* masing-masing agregat, (gr/cc)

2.11.2. Berat jenis semu dari total agregat

Berikut adalah rumus untuk mencari nilai dari berat jenis semu dari total agregat:

$$G_{s\text{total}} = \frac{P_1 + P_2 + P_3 + \dots + P_n}{\frac{P_1}{G_{sa1}} + \frac{P_2}{G_{sa2}} + \frac{P_3}{G_{sa3}} + \dots + \frac{P_n}{G_{san}}} \dots\dots\dots(\text{pers 2})$$

Keterangan :

- G_stotal : Berat jenis semu agregat gabungan, (gr/cc)
- P1, P2, P3 : Persentase berat dari masing-masing agregat, (%)
- G_{sa}1, G_{sa}2, G_{sa}3 : Berat jenis semu dari masing-masing agregat, (gr/cc)

2.11.3. Berat jenis efektif agregat

Berat jenis efektif adalah perbandingan antara berat bahan di udara (tidak termasuk rongga yang menyerap aspal) pada satuan volume dan suhu tertentu dengan berat air destilasi dengan volume yang sama dan suhu tertentu.

Berat jenis efektif total agregat dapat ditentukan dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$G_{se} = \frac{G_{sb} + G_{sa}}{2} \dots\dots\dots(\text{Pers 3})$$

Keterangan :

- G_{se} : Berat jenis efektif total agregat, (gr/cc)

Gsb : Berat jenis *bulk* agregat, (gr/cc)

Gsa : Berat jenis semu agregat, (gr/cc)

2.11.4. Berat jenis maksimum campuran

Berat jenis maksimum campuran diperlukan untuk mencari atau menghitung kadar rongga udara dalam campuran. Berikut adalah rumus yang digunakan untuk mencari nilai dari berat jenis maksimum campuran:

$$G_{mm} = \frac{P_{mm}}{\frac{P_{mm} - P_b}{G_{se}} + \frac{P_b}{G_b}} \dots\dots\dots (\text{pers 4})$$

Keterangan :

G_{mm} : Berat jenis maksimum campuran (gr/cc)

P_{mm} : Persentase berat total campuran (=100)

P_s : Persentase kadar agregat terhadap berat total campuran, (%)

P_b : Persentase kadar aspal terhadap berat total campuran, (%)

G_{se} : Berat jenis efektif agregat, (gr/cc)

G_b : Berat jenis aspal, (gr/cc)

2.11.5. Berat jenis *bulk* campuran padat

Berat jenis *bulk* campuran padat dapat dihitung menggunakan rumus sebagai berikut:

$$G_{mb} = \frac{W_a}{V_{bulk}} \dots\dots\dots (\text{pers 5})$$

Keterangan :

G_{mb} : Berat jenis campuran setelah dipadatkan, (gr/cc)

V_{bulk} : Volume campuran setelah pemadatan, (cc)

W_a : Berat di udara, (gr)

2.11.6. Kepadatan (*density*)

Density merupakan tingkat kerapatan campuran setelah campuran dipadatkan. Nilai kepadatan dihitung dengan rumus berikut ini:

$$\text{Kepadatan} = \frac{W_m}{W_{mssd} - W_{mpw}} \dots\dots\dots (\text{pers } 6)$$

Keterangan :

W_m : Berat benda uji kering, (gr)

W_{mssd} : Berat benda uji ssd setelah dipadatkan, (gr)

W_{mpw} : Berat benda uji dalam air setelah dipadatkan, (gr)

2.11.7. VIM (*Void in the mix*)

VIM merupakan persentase rongga yang terdapat dalam total campuran. Syarat nilai VIM adalah sekitar 3% - 5% sesuai dengan spesifikasi Bina Marga 2010. Nilai VIM dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$\text{VIM} = \frac{G_{mm} - G_{mb}}{G_{mm}} \times 100 \dots\dots\dots (\text{pers } 7)$$

Keterangan:

VIM : Rongga udara pada campuran, (%)

G_{mm} : Berat jenis campuran maksimum setelah pemadatan, (gr/cc)

G_{mb} : Berat jenis *bulk* campuran setelah pemadatan, (gr/cc)

2.11.8. VMA (*Void In Mineral Agregate*)

VMA adalah kadar persentase ruang rongga diantara partikel agregat pada benda uji, termasuk rongga udara dan volume aspal efektif (tidak termasuk volume aspal yang diserap agregat). Nilai VMA yang disyaratkan adalah minimal 15 % sesuai dengan persyaratan Bina Marga 2010. VMA dapat dihitung dengan rumus berikut:

$$VMA = \frac{100 (G_{sb} - G_{mb}) + G_{mb} . P_s}{G_{sb}} \dots\dots\dots(\text{pers } 8)$$

Keterangan :

VMA : Rongga udara pada mineral agregat, (%)

G_{mb} : Berat jenis *bulk* campuran setelah pemadatan, (gr/cc)

G_{sb} : Berat jenis *bulk* dari total agregat, (gr/cc)

P_s : Persentase kadar agregat terhadap berat total campuran (%)

2.11.9. VFA (*Void Filled With Asphalt*)

VFA merupakan persentase rongga terisi aspal pada campuran setelah mengalami proses pemadatan. Nilai VFA yang disyaratkan adalah minimal 65%. Nilai VFA dapat dihitung dengan rumus seperti berikut:

$$VFA = \frac{(VMA - VIM)}{VMA} \times 100 \dots\dots\dots(\text{pers } 9)$$

Keterangan :

VFA : Persentase rongga udara yang terisi aspal, (%)

VMA : Persentase rongga udara pada mineral agregat, (%)

VIM : Persentase rongga udara pada campuran, (%)

2.11.10. Kelelehan (*Flow*)

Flow adalah tingkat kelelehan campuran ketika diuji dalam keadaan suhu ekstrim yaitu 60 °C. Dikarenakan tidak tersedianya alat *flowmeter* di laboratoium, maka nilai flow didapat dari hasil mengurangi rata-rata diameter awal benda uji sebelum pengujian dengan rata-rata diameter benda uji setelah pengujian.

2.11.11. Stabilitas

Nilai stabilitas benda uji diperoleh dari pembacaan arloji stabilitas pada saat pengujian dengan alat marshall. Selanjutnya dicocokkan dengan angka kalibrasi *proving ring* dengan satuan Ibs atau kilogram, dan masih harus dikoreksi dengan faktor koreksi tebal benda uji. Berikut adalah rumus untuk mencari nilai stabilitas:

$$S = p \times q \dots\dots\dots(\text{pers } 10)$$

Keterangan :

- S : Nilai stabilitas (kg)
- p : Pembacaan arloji stabilitas x kalibrasi alat
- q : Angka koreksi tebal benda uji

Tabel 10. Faktor koreksi stabilitas

Isi benda uji	Tebal benda uji (mm)	Angka korelasi
200 – 213	25,4	5,56
214 – 225	27,0	5,00
226 – 237	28,6	4,55
238 – 250	30,2	4,17
251 – 264	31,8	3,85
265 – 276	33,3	3,57
277 – 289	34,9	3,33
290 – 301	36,5	3,03
302 – 316	38,1	2,78
317 – 328	39,7	2,50
329 – 340	41,3	2,27
341 – 353	42,9	2,08
354 – 367	44,4	1,92
368 – 379	46,0	1,79
380 – 392	47,6	1,67
393 – 405	49,2	1,56
406 – 420	50,8	1,47
421 – 431	52,4	1,39
432 – 443	54,0	1,32
444 - 456	55,6	1,25
457 - 470	57,2	1,19
471 - 482	58,7	1,14
483 - 495	60,3	1,09
496 - 508	61,9	1,04
509 - 522	63,5	1,00
523 - 535	65,1	0,96
536 - 546	66,7	0,93
547 - 559	68,3	0,89
560 - 573	69,9	0,86
574 - 585	71,4	0,83
586 - 598	73,0	0,81
599 - 610	74,6	0,78
611 - 625	76,2	0,76

(Sumber : SNI 06-2489-1991)

2.11.12. Marshall Quotient (MQ)

Nilai MQ menyatakan sifat kekakuan suatu campuran. Bila nilai MQ terlalu tinggi, maka campuran akan cenderung terlalu kaku dan mudah retak. Sebaliknya bila nilai MQ terlalu rendah, maka perkerasan menjadi terlalu lentur dan cenderung kurang stabil.

Dari hasil yang telah didapatkan tersebut dapat diperoleh kadar aspal optimum berdasarkan kriteria di batas, untuk kemampuan campuran yang sesuai dengan Standar Bina Marga.

Dalam perencanaan campuran aspal yang ideal maka harus memenuhi syarat antara stabilitas yang tinggi, fleksibilitas yang rendah, rongga pori yang kecil, dan rongga dalam campuran yang kecil.

Marshall quotient adalah hasil bagi antara stabilitas dengan flow. Nilai marshall quotient yang disyaratkan adalah lebih besar dari 250 kg/mm sesuai dengan persyaratan Bina Marga 2010. Nilai dari marshall quotient diperoleh dengan rumus sebagai berikut:

$$MQ = S / F \dots\dots\dots (pers 11)$$

Keterangan :

MQ : Nilai marshall quotient, (kg/mm)

S : Nilai stabilitas, (kg)

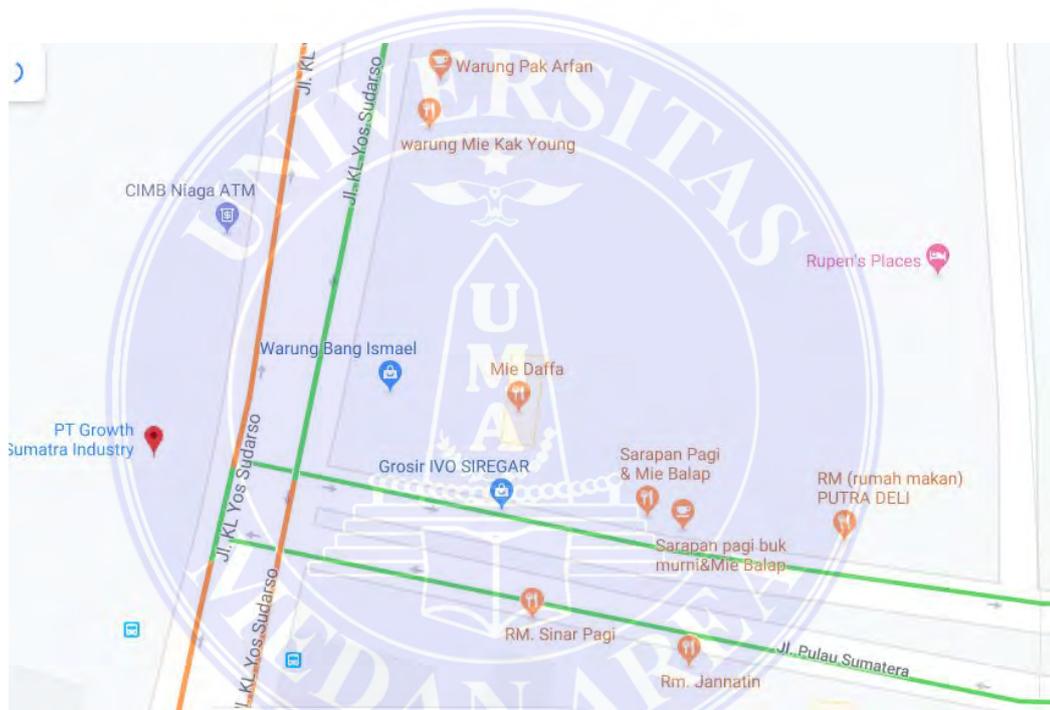
F : Nilai flow, (mm)

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Teknik Sipil Politeknik Negeri Medan. Dan mengambil limbah baja di PT. GROWTH SUMATRA INDUSTRI dan mengambil data langsung dari objek penelitian.



Gambar 2. Peta Lokasi PT. Growth Sumatra Industri

3.2. Metode dan Desain

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah eksperimen. Peneliti melakukan eksperimen terhadap karakteristik Marshall dan penambahan abu slag baja sebagai *filler* Laston (AC-WC) sesuai Spesifikasi Bina Marga 2010 Divisi 6 Revisi III.

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh dari abu slag baja terhadap karakteristik aspal dengan menggunakan pengujian Marshall. Penelitian ini dibuat benda uji sebanyak 17 benda uji, dimana benda uji yang menggunakan bahan tambah slag abu baja 20%, 40%, 60%, dan 80% masing masing dibuat sebanyak 3 benda uji. Sedangkan benda uji yang tidak diberi abu slag baja juga dibuat sebanyak 5 benda uji.

Proses penelitian ini dilakukan secara bertahap, mulai dari pengujian aspal yaitu untuk mengetahui nilai dari berat jenis, penetrasi aspal, daktilitas, titik lembek dan titik nyala. Selanjutnya dilakukan pengujian agregat halus yang lolos saringan No. 8, 16, 30, 50, 100, dan 200. Serta pengujian agregat kasar yang lolos ayakan 3/4", 1/2", 3/8", dan No 4. Pengujian ini meliputi analisa saringan, berat jenis, dan penyerapan air pada agregat. Pengujian terakhir yang dilakukan pada proses ini adalah pengujian terhadap campuran aspal menggunakan *Marshall Test*.

Pengujian ini dilakukan guna mengetahui nilai dari :

Tabel 11. Jenis Pengujian

Jenis Pengujian	
1.	Kepadatan (<i>density</i>)
2.	VIM (<i>Void in the mix</i>)
3.	VMA (<i>Void In Mineral Agregate</i>)
4.	VFA (<i>Void Filled With Asphalt</i>)
5.	Pelelehan (<i>flow</i>)
6.	Stabilitas
7.	MQ (<i>marshall quotient</i>)

(Spesifikasi : Spesifikasi Umum Bina Marga 2010 Divisi 6 Revisi 3)

3.3. Sampel Pengujian

3.3.1. Agregat

Agregat halus berfungsi sebagai bahan pengisi campuran beton yang memiliki ukuran butiran kurang dari 4,75 mm atau lolos saringan No. 4 dan tertahan pada saringan No. 200.

Agregat kasar adalah agregat yang ukuran butirannya lolos saringan 19 mm dan tertahan pada saringan No. 4.

3.3.2. Aspal

Aspal akan mencair jika dipanaskan sampai temperatur tertentu, dan kembali membeku jika temperatur turun. Banyaknya aspal dalam campuran perkerasan berkisar antara 5% sampai 7% berdasarkan berat campuran, atau 10 - 15% berdasarkan volume campuran.

3.3.3. Filler

Filler merupakan material pengisi dalam lapisan aspal. Bahan pengisi *filler* yang merupakan material berbutir halus yang lolos saringan No. 200 (0,075 mm), dapat terdiri dari debu batu, kapur padam, semen portland, atau bahan non plastis lainnya. Bahan pengisi atau *filler* yang digunakan dalam penelitian ini adalah abu slag baja yang lolos saringan No. 200, yang didapatkan dari PT. GROWTH SUMATRA INDUSTRI.

Penambahan kadar *filler* harus dibatasi pada suatu batas yang menguntungkan karena jika terlalu tinggi kadar *filler*, maka campuran akan menjadi getas dan mudah retak. Saodang (2005), dijelaskan bahwa *filler* juga memiliki persyaratan untuk bisa digunakan sebagai bahan penyusun campuran aspal beton.

3.4. Gambaran Umum Penelitian

Penelitian ini menggunakan abu slag baja sebagai filler. Penelitian ini juga menggunakan pengujian Marshall untuk mendapat nilai stabilitas, flow, density, VIM, VMA, VFA, dan MQ.

Penelitian ini diawali dengan :

3.4.1. Persiapan Alat dan Bahan

Adapun bahan dan peralatan yang diperlukan adalah :

- 1) Bahan material yang digunakan :
 - Agregat kasar.
 - Agregat halus.
 - Aspal
 - Filler sebagai bahan tambah abu slag baja
- 2) Peralatan yang diperlukan :
 - a. Alat uji pemeriksaan aspal
Alat yang digunakan untuk pemeriksaan aspal antara lain: alat uji berat jenis (piknometer dan timbangan), alat uji penetrasi, alat uji titik lembek, alat uji titik nyala, alat uji daktilitas, dan alat uji kelarutan digunakan bahan yang serupa yaitu CCl₄.
 - b. Alat uji pemeriksaan agregat
Alat uji yang digunakan untuk pemeriksaan agregat antara lain mesin Los Angeles (tes abrasi), saringan standar, alat uji kepipihan, alat pengering (oven), timbangan berat, alat uji berat jenis (piknometer, timbangan, pemanas), bak perendam dan tabung sand equivalent.
 - c. Alat uji karakteristik campuran agregat aspal

Alat uji yang digunakan adalah seperangkat alat untuk metode Marshall.

d. Alat uji durabilitas

Alat yang digunakan adalah bak perendaman dan termometer.

3.4.2. Penyediaan dan Pengujian Bahan

Pemeriksaan yang dimaksudkan untuk meneliti yang akan dipakai dapat memenuhi persyaratan atau tidak. Pengujian bahan meliputi aspal, agregat kasar, agregat halus dan bahan *filler*.

- Pengujian Aspal

Aspal merupakan bahan yang sangat penting untuk menyatukan semua komponen campuran dengan standar pengujian yang sesuai dengan ketentuan berikut :

- 1) Penetrasi : SNI-06-2456-1991
- 2) Titik lembek : SNI-06-2434-1991
- 3) Daktalitas : SNI-06-2432-1991
- 4) Berat Jenis : SNI-06-2441-1991

- Pengujian Agregat

Pemeriksaan agregat kasar dan halus dilakukan untuk memenuhi standar agregat sesuai dengan spesifikasi yang disyaratkan.

Pemeriksaan agregat ini meliputi:

- 1) Pemeriksaan Gradasi Agregat (SNI-03-1968-1990)
- 2) Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar (SNI- 03-1959-1990)

- 3) Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus (SNI- 03-1970-1990)
- 4) Penentuan Berat Isi Agregat (SNI-03-4804-1998)

3.4.3. Perencanaan Campuran

Urutan proses atau dapat disebut tahapan dalam menentukan campuran benda uji adalah sebagai berikut:

- a. Menentukan kadar bahan tambah abu slag baja masing-masing benda uji yaitu sebanyak 20%, 40%, 60% dan 80% dari berat total campuran. Tiap - tiap variasi sebanyak 3 benda uji.
- b. Menentukan kadar aspal masing-masing benda uji yaitu sebesar 6% dari berat total campuran sesuai dengan acuan penelitian. Variasi campuran aspal 100% tanpa bahan penambah slag baja sebanyak 5 benda uji.
- c. Menentukan jenis gradasi agregat gabungan untuk campuran, yang digunakan dalam penelitian ini adalah gradasi agregat gabungan jenis AC-WC dan memakai batas tengah dari tiap-tiap persentase lolos saringan.
- d. Menghitung kebutuhan berat bahan untuk masing-masing benda uji sesuai dengan variasi yang sudah direncanakan.

3.5. Prosedur Perencanaan Penelitian

Menentukan kadar aspal yang direncanakan untuk campuran aspal beton AC – WC dengan menggunakan kadar aspal 6%, kemudian dilakukan penyiapan benda uji tes Marshall sesuai dengan tahapan yang akan diuraikan berikut:

3.5.1. Tahap I

Berdasarkan sudah ditentukan kadar aspal yang digunakan 6%, jenis aspal pertamina pen 60/70. Kemudian dilakukan pengujian Marshall standar dengan penumbukan sebanyak 75 kali yang dilakukan pada kedua sisi benda uji. Pengujian durabilitas untuk menentukan Stabilitas, Flow, VIM, VMA, VFA, Density (kepadatan), dan MQ. Dari hubungan kadar aspal 6% dapat ditentukan kadar agregat.

3.5.2. Tahap II

Setelah ditentukan kadar aspal yang digunakan 6% pada tiap-tiap variasi benda uji sebanyak 17 benda uji, maka dilakukan pembuatan benda uji 100% Aspal Pen 60/70 sebanyak 5 benda uji, variasi 20% slag baja sebagai filler sebanyak 3 benda uji, variasi 40% slag baja sebagai filler sebanyak 3 benda uji, variasi 60% slag baja sebagai filler sebanyak 3 benda uji, dan variasi 80% slag baja sebagai filler sebanyak 3 benda uji. Dalam pengerjaannya, semua agregat campuran yang sudah ditimbang tiap-tiap variasi campuran diletakkan dalam cawan dan dipisah-pisah sesuai variasi. Kemudian agregat dipanaskan dalam oven minimum selama 4 jam dalam suhu 145°C. Setelah itu agregat dikeluarkan dalam oven tunggu sampai beratnya tetap. Lalu timbang agregat dalam cawan dan hitung berat aspal dari kadar aspal 6%. Setelah dihitung berat aspal lalu tuangkan aspal kedalam campuran agregat sesuai dengan perhitungan kadar aspal 6%. Setelah aspal dituang kedalam campuran agregat lalu aduklah campuran sampai merata dan panaskan diatas kompor sambil mengaduk-aduk hingga semua tercampur merata warna hitam pada suhu 145°C dalam cawan. Sesudah semua tercampur merata kemudian masukkan kedalam alat cetak dan ditumbuk 2 x 75 tumbukan.

Setelah itu benda uji disimpan sampai 17 benda uji dicetak. Setelah 17 benda uji dicetak lalu keluarkan benda uji dari cetakan, langsung uji density (kepadatan) untuk mengetahui kepadatan benda uji. Setelah itu benda uji direndam selama 30 menit tiap benda uji pada suhu 60°C. Kemudian dilakukan Marshall Test (Pengujian Marshall). Perincian perkiraan jumlah sampel yang akan digunakan dalam pengujian dapat dilihat pada tabel 12.

Tabel 12. Jumlah Sampel Pengujian

Variasi Benda Uji	Jumlah Benda Uji
100% Aspal	5
20% Slag	3
40% Slag	3
60% Slag	3
80% Slag	3

3.6. Pengujian Marshall

1. Dilakukan penimbangan agregat sesuai dengan hitungan persentase pada target gradasi yang diinginkan untuk masing – masing variasi dengan berat campuran kira – kira 1200 gram untuk diameter 4 inci, kemudian dilakukan pengeringan campuran agregat tersebut sampai beratnya tetap pada suhu $\pm 145^{\circ}\text{C}$.
2. Hitung berat aspal yang akan dimasukkan kedalam campuran agregat lalu timbang berat aspal.
3. Dilakukan pemanasan aspal untuk pencampuran pada viskositas kinematik, agar temperatur campuran agregat dan aspal tetap maka pencampuran

dilakukan diatas pemanas (kompor) dan diaduk merata hingga lapisan aspal tercampur dengan baik pada agregat.

4. Setelah pencampuran merata dengan baik dalam temperatur 145°C, maka campuran dimasukkan kedalam cetakan sebelumnya masukkan kertas karton atau kertas filter pada bagian bawah cetakan kemudian dijerojok dengan spatula sebanyak 25 kali dimana 15 kali bagian tepi dan 10 kali bagian tengah. Tutup kembali dengan kertas pada bagian atasnya.
5. Pemadatan dilakukan dengan pemadatan manual dengan jumlah tumbukan sebanyak 75 kali dibagian sisi atas, kemudian dibalik dan ditumbuk lagi dengan volume yang sama sebanyak 75 kali tumbukan.
6. Setelah pemadatan selesai, benda uji didiamkan agar suhunya perlahan menurun kemudian benda uji dikeluarkan dengan ejector dan kemudian setiap benda uji diberikan kode/nama sesuai variasi.
7. Benda uji diukur ketebalannya dalam 4 sisi sejajar untuk mendapatkan ketebalan rata-rata benda uji. Dan timbanglah berat tiap - tiap benda uji untuk mendapatkan berat sampel kering.
8. Lalu benda uji direndam dalam air agar udara dalam pori - pori benda uji keluar dalam bentuk gelembung. Perendaman benda uji ini dilakukan selama 15 atau 20 menit sampai gelembung dalam pori - pori benda uji tidak ada lagi.
9. Setelah perendaman lakukan penimbangan didalam air untuk mendapatkan berat sampel dalam air.
10. Benda uji dikeluarkan dan dikeringkan dengan handuk atau kain lap pada permukaan kemudian ditimbang untuk mendapatkan berat sampel SSD.
11. Setelah itu rendam benda uji pada suhu 61°C selama 30 menit.

12. Bagian dalam permukaan kepala penekan dibersihkan dan dilumasi agar benda uji mudah dilepaskan setelah pengujian.
13. Keluarkan benda uji dari bak perendam setelah 30 menit, kemudian letakkan benda uji tepat ditengah kepala penekan benda uji bagian bawah kepala penekan dan bagian atas kepala penekan dengan baik.
14. Setelah pemasangan sudah dipasang dengan baik lalu benda uji diletakkan tepat ditengah alat pembebanan. Kemudian arloji/dial kelelahan (flow meter) dipasang pada dudukan diatas salah satu batang penuntun.
15. Kepala penekan dinaikkan dengan tombol keatas hingga menyentuh atas ring/cincin penguji, kemudian aturlah kedudukan jarum arloji/dial penekan dan arloji/dial kelelahan pada angka 0 (nol).
16. Pengujian dilakukan pada saat pembacaan arloji stabilitas berhenti dan mulai kembali berputar menurun maka pada saat itu pula pembacaan arloji/dial diberhentikan. Catatlah pembacaan arloji stabilitas dan pembacaan arloji kelelahan.
17. Setelah pengujian selesai, angkat kembali kepala penekan lalu buka bagian atas dan benda uji dikeluarkan. Bersihkan kembali kepala penekan dan lumasi kembali dengan oli atau minyak.
18. Lakukan seterusnya dengan langkah yang sama untuk semua benda uji.

3.7. Prosedur Pengujian Material

Pengujian material yang dilaksanakan pada penelitian ini, meliputi pemeriksaan terhadap agregat kasar, agregat halus filler dan aspal dengan mengacu pada standar Spesifikasi Umum Bina Marga 2010 Divisi 6 Revisi III.

3.7.1. Pengujian Material Agregat

Dalam pemilihan agregat yang baik diupayakan menjamin tingkat penyerapan air yang paling rendah. Hal itu merupakan cara antisipasi atas hilangnya material aspal yang terserap oleh agregat.

Pemilihan agregat yang baik dapat meningkatkan mutu yang baik dalam campuran aspal. Agregat terdiri atas beberapa fraksi, misalnya fraksi kasar, fraksi medium dan abu batu atau pasir alam. Pada umumnya fraksi kasar dan fraksi medium digolongkan sebagai agregat kasar sedangkan abu batu dan pasir sebagai agregat halus.

a. Agregat Kasar

Fraksi agregat kasar yang digunakan untuk penelitian ini adalah yang tertahan ayakan No. 4 (4,75 mm). Fraksi agregat kasar untuk keperluan pengujian harus terdiri dari batu pecah atau kerikil pecah dan harus disediakan dalam ukuran – ukuran nominal. Sedangkan ketentuannya dapat dilihat dalam tabel 13.

Tabel 13. Ketentuan Agregat Kasar

No	Pengujian	Standar	Nilai (%)
1	Kekekalan bentuk agregat terhadap larutan	Natrium sulfat Magnesium sulfat	Maks. 12 Maks. 18
		SNI 3407:2008	
2	Abrasi dengan mesin Los Angeles	Semua jenis campuran aspal	100 Maks. 8
		putaran bergradasi	500 2417:2008
		lainnya putaran	Maks. 40
3	Kelekatan agregat terhadap aspal	SNI 2439:2011	Min. 95
4	Butir Pecah pada Agregat Kasar	SNI 7619:2012	95/90
		ASTM D4791	Maks. 10
5	Partikel Pipih dan Lonjong	SNI 03- 4142-1996	Maks. 2
6	Material lolos Ayakan No.200		

(Sumber : Spesifikasi Umum Bina Marga 2010 Divisi 6 Revisi III)

b. Agregat Halus

Agregat halus dari sumber bahan manapun, harus terdiri dari pasir 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 pencampur aspal dengan menggunakan pemasok penampung

dingin (cold bin feeds) yang terpisah sehingga gradasi gabungan dan presentase pasir didalam 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 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.

Tabel 14. Ketentuan Agregat Halus

Pengujian	Standar	Nilai
Nilai Setara Pasir	SNI 03-4428-1997	Min. 60%
Angularitas dengan Uji Kadar Rongga	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	Maks. 10%

(Sumber : Spesifikasi Umum Bina Marga 2010 Divisi 6 Revisi III)

c. Filler

Bahan pengisi harus bebas dijaga kebersihannya dari semua bahan yang tidak dikehendaki atau campur aduk dari bahan lain. Bahan pengisi agregat halus harus kering dan lolos saringan No. 200. Filler diyakini dapat memperbaiki adhesi antara agregat dan aspal. Ketentuan filler dapat dilihat pada tabel 15.

Tabel 15. Ketentuan Filler untuk Slag Baja

Jenis Filler	Karakteristik	Standar	Hasil	Spesifikasi
	Berat Jenis Bulk	SNI 03-1969-1990	3,47 gr/cc	Min. 3,3%
	Berat Jenis SSD	SNI 03-1969-1990	3,48 gr/cc	Min. 3,3%
Abu Slag	Berat Jenis Semu	SNI 03-1969-1990	3,48 gr/cc	Min. 3,3%
	Lolos saringan No.200	SNI 03-4142-1996	7,04 %	Maks. 8%

(Sumber : Pd T 04-2005-B Departemen Pekerjaan Umum)

3.7.2. Pengujian Material Aspal

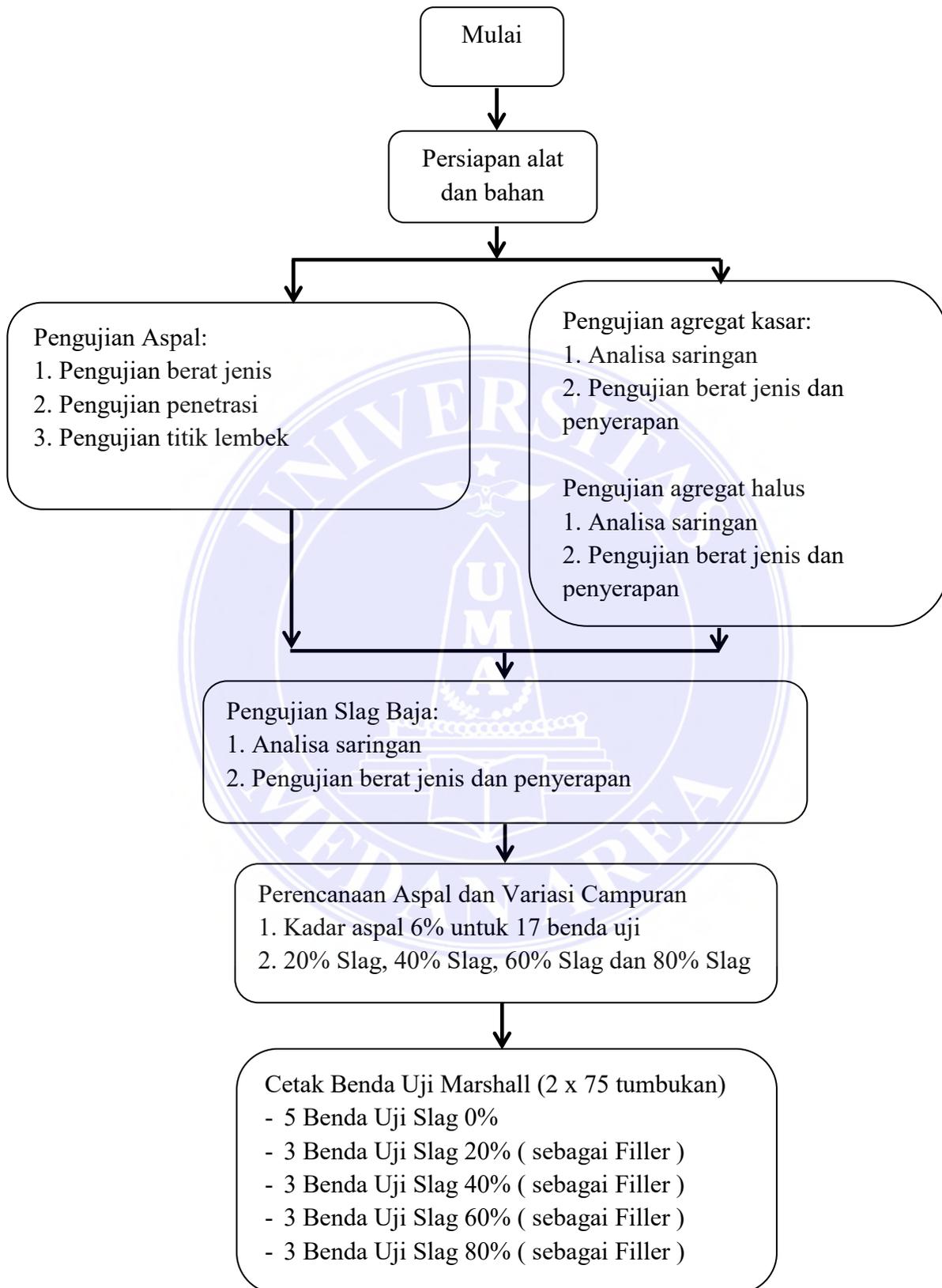
Dalam penggunaan aspal pen 60/70 disesuaikan dengan kondisi suhu udara rata-rata 25°C. Metode pengujian aspal sesuai Spesifikasi Umum Bina Marga 2010 Divisi 6 Revisi III dan SNI 06-6399-2000 terlihat pada tabel 16.

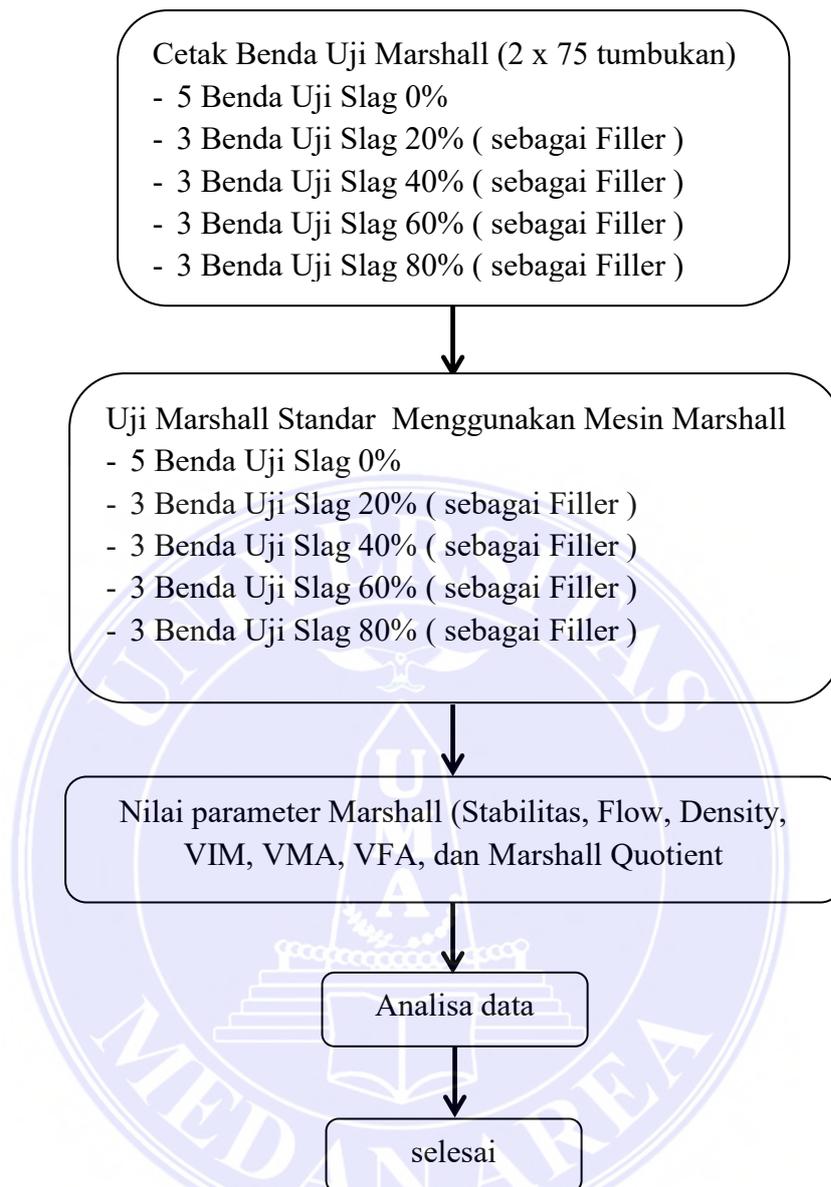
Tabel 16. Ketentuan – ketentuan untuk Aspal Keras

Jenis Pengujian	Metoda Pengujian	Tipe I Aspal Pen 60/70
Penetrasi pada 25°C (0,1 mm)	SNI 06-2456-1991	60 - 70
Viskositas Dinamis 60°C (Pa.s)	SNI 06-6441-2000	160 - 240
Viskositas Kinematis 135°C (cSt)	SNI 06-6441-2000	≥ 300
Titik Lembek (°C)	SNI 2434:2011	≥ 48
Daktilitas pada 25°C (cm)	SNI 2432:2011	≥ 100
Titik Nyala (°C)	SNI 2433:2011	≥ 232
Kelarutan dalam Trichloroethylene (%)	AASHTO T44-03	≥ 99
Berat Jenis	SNI 2441:2011	≥ 1,0
Stabilitas Penyimpanan: Perbedaan Titik Lembek (°C)	ASTM D 5976 part 6.1	-

(Sumber : Spesifikasi Umum Bina Marga 2010 Divisi 6 Revisi 3)

3.8. Alur Penelitian





Gambar 3. Diagram alur penelitian

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

1. Pada Pengujian Marshall dengan kadar slag baja 0% didapatkan nilai stabilitasnya lebih tinggi daripada campuran slag baja 20%, 40%, 60%, dan 80%. Dimana nilai stabilitas slag baja 0% rata-rata sebesar 1230,215 kg, pada kadar slag baja 20% rata-rata sebesar 1164,295 kg, slag baja 40% rata-rata sebesar 980,234 kg, slag baja 60% rata-rata sebesar 1147,173 kg, slag baja 80% rata-rata sebesar 1147,173 kg. Namun nilai stabilitasnya sudah memenuhi Spesifikasi Umum Bina Marga 2010 Divisi 6 Revisi III yang min. 800 kg.
2. Penggunaan slag baja menurunkan nilai stabilitas. Hal ini disebabkan oleh karakter slag baja yang mudah menyerap panas dan mengakibatkan pemadatan kurang maksimal sehingga campuran memiliki nilai stabilitas yang kurang baik dibandingkan menggunakan agregat alami.
3. Untuk slag baja 0% dapat digunakan pada akses Jalan Kelas II yang dilalui oleh kendaraan bermotor termasuk kendaraan dengan muatan sumbu paling berat yang diijinkan adalah 10 ton.
4. Untuk slag baja 20%, 40%, 60%, dan 80% dapat digunakan pada akses Jalan Kelas III C yang dilalui oleh kendaraan bermotor termasuk kendaraan dengan muatan sumbu terberat yang diijinkan adalah 8 ton.
5. Dari hasil pengujian Marshall dapat kita simpulkan bahwa dengan semakin tinggi penambahan kadar slag baja pada campuran aspal AC – WC dapat

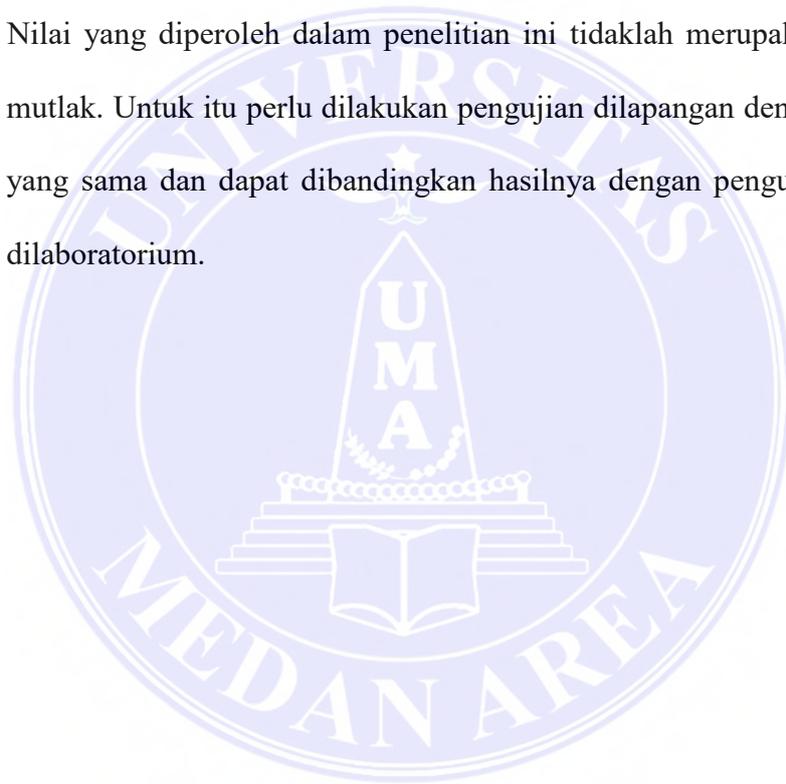
menurunkan nilai kelelahan dan sebaliknya jika penambahan slag baja semakin turun akan meningkatkan stabilitas.

6. Semakin banyak penambahan kadar slag baja cenderung menaikkan nilai VMA dikarenakan sifat slag baja yang berongga (porus).
7. Slag baja dapat digunakan sebagai filler dalam campuran aspal AC – WC.



5.2. Saran

1. Pada konstruksi jalan raya campuran slag baja 20%, 40%, 60%, dan 80% dapat digunakan untuk jalan lokal dan jalan akses – akses tertentu.
2. Pada penelitian selanjutnya bisa dikombinasikan dengan inovasi limbah yang berbeda.
3. Pada Penelitian selanjutnya bisa menggunakan slag baja sebagai pengganti filler 100% dengan jumlah tumbukan yang berbeda.
4. Nilai yang diperoleh dalam penelitian ini tidaklah merupakan nilai yang mutlak. Untuk itu perlu dilakukan pengujian dilapangan dengan campuran yang sama dan dapat dibandingkan hasilnya dengan pengujian yang ada dilaboratorium.



DAFTAR PUSTAKA

- Afif Ghina Hayati, 2017. *Pengaruh Penggunaan Steel Slag (Limbah Baja) Sebagai Pengganti Agregat Tertahan Saringan 1/2" dan 3/8" Terhadap Karakteristik Marshall Pada Campuran AC – WC*, Yogyakarta.
- Bina Marga, 2010. *Spesifikasi Umum 2010 Divisi 6 (Revisi 3)*.
- Buku Diktat Lab. Perkerasan, 2012. *Laboratorium Uji Aspal 2012 Politeknik Negeri Medan*.
- Nurani Hartatik, dkk. 2014. *Karakteristik Campuran Beton Aspal (AC – WC) Dengan Penambahan Abu Slag Baja Sebagai Bahan Pengganti Filler*, Surabaya.
- Pd T-04-2005-B, *Pedoman Penggunaan Agregat Slag Besi Dan Baja Untuk Campuran Beraspal Panas*.
- Saodang, 2004. *Konstruksi Jalan Raya*, penerbit Nova, Bandung.
- Sihtasari Devi, 2017. *Pengaruh Penambahan Limbah Steel Slag Dalam Campuran AC – WC Sebagai Pengganti Agregat Kasar No. 1/2" dan No. 8 Terhadap Parameter Marshall*.
- SNI 03-6723-2002, *Spesifikasi Bahan Pengisi Untuk Campuran Beraspal, Puslitbang Jalan dan Jembatan, Departemen Pekerjaan Umum*.
- SNI 8378:2017, *Spesifikasi Lapis Fondasi dan Lapis Fondasi Bawah Menggunakan Slag*.
- SNI 8379:2017, *Spesifikasi Material Pilihan (Selected Material) Menggunakan Slag Untuk Konstruksi Jalan*.
- Soehartono, 2014. *Teknologi Aspal dan Penggunaannya Dalam Konstruksi Perkerasan Jalan*
- Sukirman, 1999. *Perkerasan Lentur Jalan Raya*, penerbit Nova, Bandung.
- Sukirman, 2003. *Beton Aspal Campuran Panas*, Jakarta.



LABORATORIUM REKAYASA JALAN RAYA
JURUSAN TEKNIK SIPIL
POLITEKNIK NEGERI MEDAN

Pemeriksaan Analisa Saringan Agregat Halus (FA)
(AASHTO T-27-74)

Berat sampel = 502 gram

Ukuran Saringan (mm)	Berat		Persentase	
	Tertahan (gr)	Kumulatif Berat Tertahan (gr)	Tertahan	Lolos
19,5	0,00	0,00	0,00	100
12,5	0,00	0,00	0,00	100
9,5	0,00	0,00	0,00	100
4,75	0,00	0,00	0,00	100
2,36	127,10	127,10	25,40	74,60
1,18	132,20	259,30	26,42	48,18
0,6	79,60	338,90	15,91	32,27
0,3	51,10	390,00	10,21	22,06
0,15	41,10	431,10	8,21	13,85
0,075	32,90	464,00	6,57	7,27
Pan	36,40	500,40	7,27	0,00
Jumlah	500,40		100	

Selisih (gr)

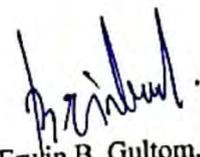
$$= 502 - 500,40 = 1,6 \text{ gr}$$

Kehilangan Agregat (%)

$$= (1,6 \times 100\%) / 502 = 0,32\%$$

Medan, 15 Oktober 2019

Pranata Laboratorium Pendidikan


Erwin B. Gultom, A.Md.
NIP. 19820417200801 1 014



LABORATORIUM REKAYASA JALAN RAYA
JURUSAN TEKNIK SIPIL
POLITEKNIK NEGERI MEDAN

Pemeriksaan Analisa Saringan Agregat Kasar (CA)
(AASHTO T-27-74)

Berat sampel = 4910,2 gram

Ukuran Saringan (mm)	Berat Tertahan (gr)	Kumulatif Berat Tertahan (gr)	Persentase	
			Tertahan	Lolos
19,5	0,00	0,00	0,00	100
12,5	3089,40	3089,40	62,98	37,02
9,5	1202,90	4292,30	24,52	12,50
4,75	590,50	4882,80	12,04	0,47
2,36	0,00	4882,80	0,00	0,47
1,18	0,00	4882,80	0,00	0,47
0,6	0,00	4882,80	0,00	0,47
0,3	0,00	4882,80	0,00	0,47
0,15	0,00	4882,80	0,00	0,47
0,075	0,00	4882,80	0,00	0,47
Pan	22,90	4905,70	0,47	0,00
Jumlah	4905,70		100	

Selisih (gr)

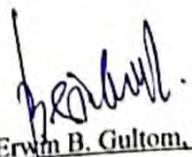
$$= 4910,2 - 4905,70 = 4,5 \text{ gr}$$

Kehilangan Agregat (%)

$$= (4,5 \times 100\%) / 4910,2 = 0,091\%$$

Medan, 15 Oktober 2019

Pranata Laboratorium Pendidikan


Erwin B. Gultom, A.Md.
NIP. 19820417200801 1 014



LABORATORIUM REKAYASA JALAN RAYA
JURUSAN TEKNIK SIPIL
POLITEKNIK NEGERI MEDAN

Pemeriksaan Analisa Saringan Agregat Sedang (MA)
(AASHTO T-27-74)

Berat sampel = 3000 gram

Ukuran Saringan (mm)	Berat Tertahan (gr)	Kumulatif Berat Tertahan (gr)	Persentase	
			Tertahan	Lolos
19,5	0,00	0,00	0,00	100
12,5	0,00	0,00	0,00	100
9,5	205,10	205,10	6,84	93,16
4,75	2069,80	2274,90	69,02	24,14
2,36	532,40	2807,30	17,75	6,39
1,18	108,50	2915,80	3,62	2,77
0,6	27,60	2943,40	0,92	1,85
0,3	11,60	2955,00	0,39	1,47
0,15	0,00	2955,00	0,00	1,47
0,075	0,00	2955,00	0,00	1,47
Pan	44,00	2999,00	1,47	0,00
Jumlah	2999,00		100	

Selisih (gr)

$$= 3000 - 2999,00 = 1,0 \text{ gr}$$

Kehilangan Agregat (%)

$$= (1,0 \times 100\%) / 3000 = 0,033\%$$

Medan, 15 Oktober 2019

Pranata Laboratorium Pendidikan

Erwin B. Gultom, A.Md.
NIP. 19820417200801 1 014



LABORATORIUM REKAYASA JALAN RAYA
JURUSAN TEKNIK SIPIL
POLITEKNIK NEGERI MEDAN

Pemeriksaan Analisa Saringan Slag Baja
(AASHTO T-27-74)

Berat sampel = 6000 gram

Ukuran Saringan (mm)	Berat Tertahan (gr)	Kumulatif Berat Tertahan (gr)	Persentase	
			Tertahan	Lolos
19,5	0,00	0,00	0,00	100
12,5	0,00	0,00	0,00	100
9,5	0,00	0,00	0,00	100
4,75	0,00	0,00	0,00	100
2,36	1080,98	1080,98	18,02	81,98
1,18	1248,69	2329,67	20,82	61,16
0,6	1127,55	3457,22	18,80	42,37
0,3	965,44	4422,66	16,09	26,27
0,15	680,36	5103,02	11,34	14,93
0,075	473,43	5576,45	7,89	7,04
Pan	422,38	5998,83	7,04	0,00
Jumlah	5998,83		100	

Selisih (gr)

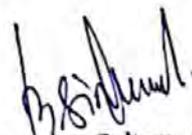
$$= 6000 - 5998,83 = 1,17 \text{ gr}$$

Kehilangan Agregat (%)

$$= (1,17 \times 100\%) / 6000 = 0,02\%$$

Medan, 16 Oktober 2019

Pranata Laboratorium Pendidikan


Erwin B. Gultom, A.Md.
NIP. 19820417200801 1 014



LABORATORIUM REKAYASA JALAN RAYA
JURUSAN TEKNIK SIPIL
POLITEKNIK NEGERI MEDAN

Pemeriksaan Berat Jenis Agregat Halus
(AASHTO T-85-81)

Pemeriksaan	I (gr)	II (gr)	Rata - rata
Berat benda uji kering permukaan (Bs)	500,0	500,0	500,0
Berat benda uji kering oven (Bk)	496,80	497,0	496,90
Berat piknometer + air (B)	548,10	553,30	550,70
Berat piknometer + air + benda uji (Bt)	860,50	861,50	861,0

Perhitungan		I (gr)	II (gr)	Rata - rata
Berat Jenis (Bulk)	$Bk / (B + Bs - Bt)$	2,65	2,59	2,62
Berat SSD	$Bs / (B + Bs - Bt)$	2,67	2,61	2,64
Berat Jenis Semu (Apparent)	$Bk / (B + Bk - Bt)$	2,69	2,63	2,66
Berat Jenis Efektif	$(Bulk + Apparent) / 2$	2,67	2,61	2,64
Penyerapan (%)	$((Bs - Bk) \times 100\%) / Bk$	0,64	0,60	0,62

Berat Jenis Agregat Halus = 2,64 gr

Penyerapan (%) = 0,62%

Medan, 14 Oktober 2019

Pranata Laboratorium Pendidikan

Erwin B. Gultom, A.Md.
NIP. 19820417200801 1 014



LABORATORIUM REKAYASA JALAN RAYA
JURUSAN TEKNIK SIPIL
POLITEKNIK NEGERI MEDAN

Pemeriksaan Berat Jenis Agregat Kasar
(AASHTO T-85-74)

Pemeriksaan	I (gr)	II (gr)	Rata - rata
Berat benda uji kering permukaan jenuh (Bj)	3000	3298,8	3149,40
Berat benda uji dalam air (Ba)	1889	2079,3	1324,50
Berat benda uji kering oven (Bk)	2982,7	3281	3131,85

Perhitungan	I (gr)	II (gr)	Rata - rata
Berat Jenis (Bulk) $Bk / (Bj - Ba)$	2,68	2,69	2,69
Berat Jenis Kering Permukaan Jenuh (SSD) $Bj / (Bj - Ba)$	2,70	2,71	2,70
Berat Jenis Semu (Apparent) $Bk / (Bk - Ba)$	2,73	2,73	2,73
Berat Jenis Efektif $(Bulk + Apparent) / 2$	2,71	2,71	2,71
Penyerapan (%) $((Bj - Bk) \times 100\%) / Bk$	0,58	0,54	0,56

Berat Jenis Agregat Kasar = 2,71 gr

Penyerapan (%) = 0,56%

Medan, 14 Oktober 2019

Pranata Laboratorium Pendidikan

Erwin B. Gultom, A.Md.
NIP. 19820417200801 1 014



**LABORATORIUM REKAYASA JALAN RAYA
JURUSAN TEKNIK SIPIL
POLITEKNIK NEGERI MEDAN**

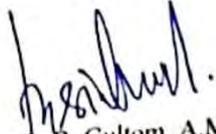
GRADASI GABUNGAN CAMPURAN AC - WC

PENGGABUNGAN

Material	Kasar		Sedang		Halus		Combined Gradation	Target value	Spesifikasi Limit		
	14.00%		32.00%		54.00%						
Persent Used											
U.S	%	%	%	%	%	%					
Sieve	Pass	Batch	Pass	Batch	Pass	Batch				-	
1"	100.00	14.00	100.00	32.00	100.00	54.00	100.00	100.00	100	-	100
3/4"	100.00	14.00	100.00	32.00	100.00	54.00	100.00	100.00	100	-	100
1/2"	37.02	5.18	100.00	32.00	100.00	54.00	91.18	95.00	90	-	100
3/8"	12.50	1.75	93.16	29.81	100.00	54.00	85.56	83.50	77	-	90
No.4	0.47	0.07	24.14	7.73	100.00	54.00	61.79	61.00	53	-	69
No.8	0.47	0.07	6.39	2.05	74.60	40.28	42.40	43.00	33	-	53
No.16	0.47	0.07	2.77	0.89	48.18	26.02	26.97	30.50	21	-	40
No.30	0.47	0.07	1.85	0.59	32.27	17.43	18.09	22.00	14	-	30
No.50	0.47	0.07	1.47	0.47	22.06	11.91	12.45	15.50	9	-	22
No.100	0.47	0.07	1.47	0.47	13.85	7.48	8.01	10.50	6	-	15
No.200	0.47	0.07	1.47	0.47	7.27	3.93	4.46	6.50	4	-	9

Medan, 23 Oktober 2019

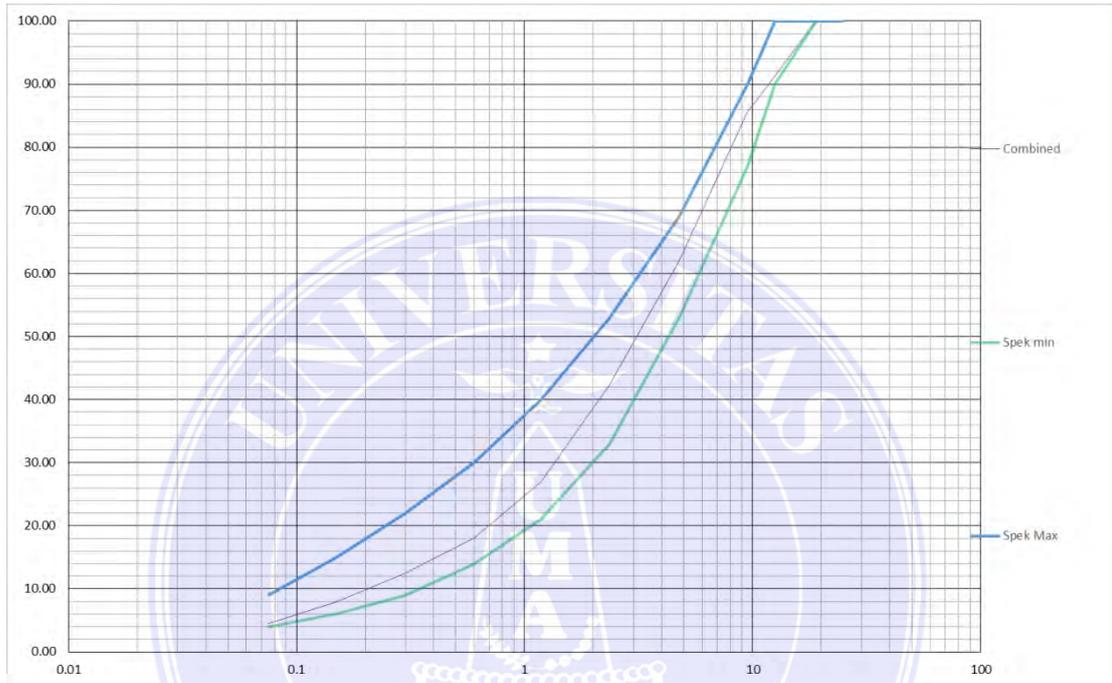
Pranata Laboratorium Pendidikan


Erwin B. Gultom, A.Md.
 NIP. 19820417200801 1 014



LABORATORIUM REKAYASA JALAN RAYA
JURUSAN TEKNIK SIPIL
POLITEKNIK NEGERI MEDAN

GRAFIK GRADASI GABUNGAN CAMPURAN AC - WC



Slag Baja Sebelum Abrasi



Slag Baja Sesudah Abrasi



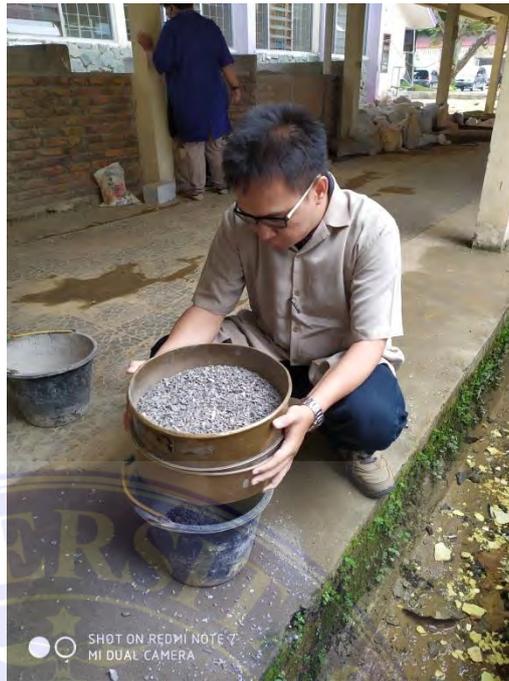
Mengayak Slag Baja Yang Sudah Diabradi



Slag Baja Sesudah Diayak Lolos Saringan No 200



Persiapan Bahan Agregat CA, MA, dan FA



Menimbang Berat Agregat



Agregat Yang Sudah Ditimbang



Pencampuran Agregat Dengan Berat Yang Sudah Ditentukan



Agregat Yang Sudah Dicampur Dan Ditimbang Masukkan Dalam Oven



Timbang Berat Agregat Yang Sudah Dioven Untuk Mendapatkan Berat Kering



6% aspal jadi = $(72/1128) \times 1193,5 = 76,18$ gr berat aspal yang akan ditambahkan



Berat aspal ditambahkan = 76,18 gr

Memasak Agregat Yang Sudah Dicampur Dengan Aspal



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 4/9/20

Access From (repository.uma.ac.id)4/9/20

Menumbuk Benda Uji 75 Kali Tumbukan Atas dan Bawah



Mengeluarkan Benda Uji Dari Cetakan



Mengukur Tebal Benda Uji dan Menimbang Benda Uji (Berat Udara/Kering)



Menimbang Benda Uji (Berat Dalam Air) dan Mengelap Benda Uji



Menimbang Benda Uji (Berat SSD) dan Merendam Benda Uji pada Suhu 61°C



Memasukkan Benda Uji ke Dalam Proving Ring dan Uji Marshall





LABORATORIUM REKAYASA JALAN RAYA
JURUSAN TEKNIK SIPIL
POLITEKNIK NEGERI MEDAN

MARSHALL TEST

A. Persyaratan Mutu Campuran yang diperlukan :

1	Kadar aspal terhadap berat campuran (%)	5	7
2	Density (gr/ml)	min 2.228	
3	Stability (kg)	min 800	
4	Flow (mm)	2	4
5	% Rongga terhadap campuran (VIM)	3	5
6	% Rongga terisi aspal (VMA)	min 65	

B. Data Pemeriksaan Agregat

Jenis Aspal : Agregat penetrasi 60/70 BJ 1.03125 gr/ml

Agregat : Untuk memenuhi gradasi, digunakan tiga jenis agregat dengan komposisi

Ukuran Agregat	Komposisi %	BJ Efektif gr/ml
Agregat kasar (CA = Course Agregat)	14.00%	2.708
Agregat Sedang (MA = Medium Agregat)	33.00%	2.710
Agregat Halus (FA = Fine Agregat)	53.00%	2.641

C. Data Pemeriksaan Benda Uji

Nomor Sampel	Kadar slag thdp.Camp	Tebal (mm)	Berat (gram)			Dial Stabilitas	Dial Flow(mm)
			Di udara	Di Air	SSD		
1a	0.0	68,4	1258.9	722.3	1263.6	480	3.60
1b	0.0	69,11	1267.4	725.6	1272.7	470	3.40
1c	0.0	67,82	1255.5	718.5	1259.8	525	3.20
1d	0.0	69,71	1274.6	731	1279.2	490	3.30
1e	0.0	69,49	1265.4	721.5	1271.6	430	3.30
2a	20.0	70.00	1266.5	719.2	1273.1	410	2.80
2b	20.0	68,97	1270.1	728.2	1273.2	500	2.70
2c	20.0	69,50	1269.4	725	1272.4	450	2.90
3a	40.0	69,66	1269	723.4	1275.5	330	2.85
3b	40.0	69,12	1267.6	725.3	1272.5	390	2.60
3c	40.0	69,53	1277.2	727.7	1281.2	425	2.65
4a	60.0	69,13	1265.7	726.1	1270.1	425	2.75
4b	60.0	69,48	1266.9	723.7	1273.7	440	2.50
4c	60.0	68,13	1245.7	711.2	1250.6	475	2.65
5a	80.0	70,62	1265.7	721	1275	410	2.20
5b	80.0	68,42	1258.8	719.7	1263.1	490	2.40
5c	80.0	69,27	1278.3	730.5	1283.5	440	2.30



LABORATORIUM REKAYASA JALAN RAYA
JURUSAN TEKNIK SIPIL
POLITEKNIK NEGERI MEDAN

Pemeriksaan Berat Jenis Aspal
(AASHTO T-228-68)

Mencapai suhu	Direndam pada suhu 25°C	Pembacaan waktu	Pembacaan suhu
Pemeriksaan	Mulai jam :	15:07	water bath
	Selesai jam :	15:37	Temperatur : °C
Pemeriksaan	Berat jenis		
	Mulai jam :	15:43	
	Selesai jam :	16:13	

Pemeriksaan	Benda Uji I (gr)	Benda Uji II (gr)
Berat piknometer kosong + contoh	35,20	32,10
Berat piknometer kosong	31,80	28,70
1. Berat contoh	3,40	3,40
Berat piknometer + air	55,20	53,30
Berat piknometer	31,80	28,70
2. Berat air	23,40	24,60
Berat piknometer + contoh + air	55,40	53,30
Berat piknometer + contoh	35,20	32,10
3. Isi air	20,20	21,20
4. Isi contoh : (2 - 3)	3,20	3,40

Berat Jenis I = Berat contoh / Isi contoh = 1,0625 gr/cm³
 Berat Jenis II = Berat contoh / Isi contoh = 1,0 gr/cm³
Rata - Rata Berat Jenis Aspal = 1,0312 gr/cm³

Medan, 17 Oktober 2019

Pranata Laboratorium Pendidikan

Erwin B. Gultom
Erwin B. Gultom, A.Md.
 NIP. 198204172008011014



LABORATORIUM REKAYASA JALAN RAYA
JURUSAN TEKNIK SIPIL
POLITEKNIK NEGERI MEDAN

Pemeriksaan Berat Jenis Slag Baja
(AASHTO T-85-81)

Pemeriksaan	I (gr)	II (gr)	Rata - rata
Berat benda uji kering permukaan (Bs)	519,70	510,20	514,95
Berat benda uji kering oven (Bk)	518,80	509,30	514,05
Berat piknometer + air (B)	548,70	543,60	546,15
Berat piknometer + air + benda uji (Bt)	921,20	904,90	913,05

Perhitungan	I (gr)	II (gr)	Rata - rata
Berat Jenis (Bulk) $Bk / (B + Bs - Bt)$	3,52	3,42	3,47
Berat SSD $Bs / (B + Bs - Bt)$	3,53	3,43	3,48
Berat Jenis Semu (Apparent) $Bk / (B + Bk - Bt)$	3,55	3,44	3,49
Berat Jenis Efektif $(Bulk + Apparent) / 2$	3,54	3,43	3,48
Penyerapan (%) $((Bs - Bk) \times 100%) / Bk$	0,17	0,18	0,18

Berat Jenis Slag Baja

= 3,48 gr

Penyerapan (%)

= 0,18%

Medan, 16 Oktober 2019

Pranata Laboratorium Pendidikan

Erwin B. Gultom, A.Md.
NIP. 19820417200801 1 014

PEMERIKSAAN CAMPURAN ASPAL DENGAN ALAT MARSHALL

Ukuran Agregat	Komposisi %	BJ Efektif gr/ml
Agregat kasar (CA = Course Agregat)	14.00%	2.708
Agregat Sedang (MA = Medium Agregat)	33.00%	2.710
Agregat Halus (FA = Fine Agregat)	53.00%	2.641

BJ Aspal = 1.031
 BJ Agregat = 2.673
 % Filler =
 Kalibrasi alat = 2.5683

Nama Sampel	Tebal Sampel (mm)	Kadar Aspal		Hasil Penimbangan			Volume Sampel (ml)	Density		% Vol.dari Vol,Total			% Rongga			Stabilitas			Flow (mm)
		% Slag thp Campuran	% Aspal thp Campuran	Berat Sampel kering (gr)	Berat Sampel SSD (gr)	Berat Sampel dalam Air (gr)		Berat Isi Sampel	BJ Maksimum (Teoritis)	Volume Aspal	Volume Agregat	Volume Rongga	% Rongga thp. Agregat (VMA)	% Rongga terisi Aspal (VFA)	% Rongga thp. Camp (VIM)	Pembacaan Arloji Stabilitas	Stabilitas dgn kalibrasi alat	Stabilitas dgn koreksi ketebalan	
		a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o	p	q	r
1a	68,4	0	6.00	1258.9	1263.6	722.3	541.3	2.326	2.440	13.531	81.772	4.696	18.228	74.236	4.696	480	1232.8	1069.6	3.60
1b	69,11	0	6.00	1267.4	1272.7	725.6	547.1	2.317	2.440	13.478	81.452	5.070	18.548	72.666	5.070	470	1207.1	1026.9	3.40
1c	67,82	0	6.00	1255.5	1259.8	718.5	541.3	2.319	2.440	13.495	81.552	4.954	18.448	73.149	4.954	525	1348.4	1189.0	3.20
1d	69,71	0	6.00	1274.6	1279.2	731.0	548.2	2.325	2.440	13.528	81.750	4.722	18.250	74.125	4.722	490	1258.5	1053.653	3.30
1e	69.49	0	6.00	1265.4	1271.6	721.5	550.1	2.300	2.440	13.384	80.880	5.737	19.120	69.997	5.737	430	1104.4	929.73	3.30
2a	70.00	20	6.00	1266.5	1273.1	719.2	553.9	2.287	2.440	13.303	80.395	6.302	19.605	67.856	6.302	410	1053.0	874.2	2.80
2b	68.97	20	6.00	1270.1	1273.2	728.2	545.0	2.330	2.440	13.559	81.940	4.501	18.060	75.077	4.501	500	1284.1	1096.7	2.70
2c	69.50	20	6.00	1269.4	1272.4	725.0	547.4	2.319	2.440	13.492	81.536	4.972	18.464	73.071	4.972	450	1155.7	972.7	2.90
3a	69.66	40	6.00	1269.0	1275.5	723.4	552.1	2.298	2.440	13.373	80.816	5.811	19.184	69.710	5.811	330	847.5	710.2	2.85
3b	69.12	40	6.00	1267.6	1272.5	725.3	547.2	2.317	2.440	13.478	81.450	5.072	18.550	72.656	5.072	390	1001.6	851.9	2.60
3c	69.53	40	6.00	1277.2	1281.2	727.7	553.5	2.307	2.440	13.425	81.133	5.442	18.867	71.157	5.442	425	1091.5	917.9	2.65
4a	69.13	60	6.00	1265.7	1270.1	726.1	544.0	2.327	2.440	13.537	81.806	4.657	18.194	74.403	4.657	425	1091.5	928.1	2.75
4b	69.48	60	6.00	1266.9	1273.7	723.7	550.0	2.303	2.440	13.402	80.990	5.608	19.010	70.501	5.608	440	1130.1	951.6	2.50
4c	68.13	60	6.00	1245.7	1250.6	711.2	539.4	2.309	2.440	13.437	81.200	5.363	18.800	71.472	5.363	475	1219.9	1066.4	2.65
5a	70.62	80	6.00	1265.7	1275.0	721.0	554.0	2.285	2.440	13.293	80.329	6.378	19.671	67.576	6.378	410	1053.0	859.6	2.20
5b	68.42	80	6.00	1258.8	1263.1	719.7	543.4	2.317	2.440	13.478	81.450	5.072	18.550	72.657	5.072	490	1258.5	1091.3	2.40
5c	69.27	80	6.00	1278.3	1283.5	730.5	553.0	2.312	2.440	13.449	81.276	5.275	18.724	71.828	5.275	440	1130.1	957.1	2.30

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



LABORATORIUM REKAYASA JALAN RAYA
JURUSAN TEKNIK SIPIL
POLITEKNIK NEGERI MEDAN

Pemeriksaan Penetrasi
(AASHTO T-49-68)

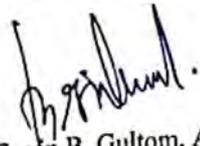
Mendinginkan contoh	Didiamkan pada suhu 25°C	Pembacaan waktu	
	Mulai jam :	13:55	
	Selesai jam :	14:55	
Mencapai suhu pemeriksaan	Direndam pada suhu 25°C		Pembacaan suhu water bath
	Mulai jam :	14:55	Temperatur : 25°C
	Selesai jam :	16:25	
Pemeriksaan	Penetrasi pada suhu 25°C		Pembacaan penetromteter
	Mulai jam :	16:30	Temperatur : 25°C
	Selesai jam :	17:00	

Penetrasi pada 25°C 100 gr, 5 detik		Benda Uji I	Benda Uji II
Pengamatan	1	67	69
	2	70	67
	3	66	63
	4	65	66
	5	62	64
Rata - rata		66	65,8

$$\text{Rata - Rata Penetrasi} = (66 + 65,8)/2 = 65,9$$

Medan, 18 Oktober 2019

Pranata Laboratorium Pendidikan


Erwin B. Gultom, A.Md.
NIP. 19820417200801 1 014



LABORATORIUM REKAYASA JALAN RAYA
JURUSAN TEKNIK SIPIL
POLITEKNIK NEGERI MEDAN

Pemeriksaan Titik Lembek

(AASHTO T-53-74)

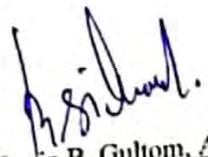
Pembukaan contoh	Contoh dipanaskan	Pembacaan waktu	
	Mulai jam :	08:35	
	Selesai jam :	09:05	
Pemeriksaan	Titik lembek		Pembacaan suhu
	Mulai jam :	09:37	lemari es
	Selesai jam :	10:04	Temperatur : °C

No	Suhu (°C)	Waktu (detik)		Titik Lembek (°C)	
		Benda Uji I	Benda Uji II	Benda Uji I	Benda Uji II
1	5	09:37	09:37		
2	10	09:41	09:41		
3	15	09:45	09:45		
4	20	09:49	09:49		
5	25	09:51	09:51		
6	30	09:53	09:53		
7	35	09:55	09:55		
8	40	09:59	09:59		
9	47	10:02	10:02		48
10	48	10:03	10:03	49	
11	49	10:04	10:04		

$$\text{Rata - Rata Titik Lembek} = (49 + 48)/2 = 48,5^{\circ}\text{C}$$

Medan, 21 Oktober 2019

Pranata Laboratorium Pendidikan


Erwin B. Gultom, A.Md.
NIP. 19820417200801 1 014