

**KAJIAN PARAMETER MARSHALL DENGAN
MENGUNAKAN LIMBAH SERBUK ASBES
SEBAGAI *FILLER* CAMPURAN LAPIS ASPAL BETON**



MUHAMMAD SYAHRU FUADI

5415107554

**Skripsi ini Ditulis untuk Memenuhi Sebagian Persyaratan dalam
Mendapatkan Gelar Sarjana**

PROGRAM STUDI PENDIDIKAN TEKNIK BANGUNAN

JURUSAN TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS NEGERI JAKARTA

2017

LEMBAR PENGESAHAN

Nama Dosen	Tanda Tangan	Tanggal
Winoto Hadi, MT (Dosen Pembimbing Materi)	-----	-----
Dr. Riyan Arthur, M.Pd (Dosen Pembimbing Metodologi)	-----	-----

PENGESAHAN PANITIA UJIAN SKRIPSI

Nama Dosen	Tanda Tangan	Tanggal
R. Eka Murti Nugraha, M.Pd (Ketua Penguji)	-----	-----
Drs. Prihantono, M.Eng (Penguji I)	-----	-----
Dra. Daryati, MT T (Penguji II)	-----	-----

HALAMAN PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa :

1. Karya tulis ini adalah asli dan belum pernah diajukan untuk mendapat gelar akademik sarjana, baik di Universitas Negeri Jakarta maupun di perguruan tinggi lain.
2. Karya tulis ini adalah murni gagasan, rumusan dan penelitian saya sendiri dengan arahan dosen pembimbing.
3. Dalam karya tulis ini tidak terdapat karya atau pendapat yang telah ditulis atau dipublikasikan orang lain, kecuali secara tertulis dengan jelas dicantumkan sebagai acuan dalam naskah dengan disebutkan nama pengarang dan dicantumkan dalam daftar pustaka.
4. Pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya dan apabila di kemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia untuk menerima sanksi akademik berupa pencabutan gelar yang telah diperoleh karena skripsi ini, serta sanksi lainnya sesuai dengan norma yang berlaku di Universitas Negeri Jakarta.

Jakarta, 31 Januari 2017
Yang membuat pernyataan

Muhammad Syahru Fuadi
5415 10 7554

ABSTRAK

Muhammad Syahrul Fuadi. **Kajian Parameter Marshall Dengan Menggunakan Limbah Serbuk Asbes Sebagai *Filler* Campuran Lapis Aspal Beton**. Skripsi, Jakarta: Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Jakarta, Oktober 2016.

Penelitian ini menggunakan limbah serbuk asbes sebagai bahan pengisi campuran Lapis Aus (AC-WC). Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui apakah terdapat perbedaan antara aspal beton yang menggunakan limbah serbuk asbes sebagai bahan pengisi dengan aspal beton konvensional yang menggunakan semen sebagai bahan pengisi pada nilai parameter *Marshall*.

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen yang menguji parameter *Marshall* pada 5 (lima) variasi kadar aspal benda uji yaitu 4%, 5%, 6%, 7%, 8% dengan sampel benda uji masing-masing varian 6 (enam) buah.

Hasil pengujian limbah serbuk asbes menghasilkan kadar aspal optimum sebesar 7% dengan nilai stabilitas 804,556 kg, nilai kelelahan (*Flow*) 3,0 mm, nilai *Marshall Quotient* (MQ) 271,333 kg/mm, nilai *Void in Mineral Aggregates* (VMA) 19.131%, nilai *Void Filled with Bitumen* (VFB) 73,826%, dan nilai *Void In the Mix* (VIM) 4,463%. Berdasarkan hasil penelitian tersebut dapat dinyatakan bahwa limbah serbuk asbes dapat dimanfaatkan sebagai bahan pengisi (*filler*) pada lapis aus permukaan aspal beton (AC-WC) untuk lalu-lintas berat dengan kadar aspal 7%.

Kata kunci : Limbah Serbuk Asbes, Laston AC-WC, Parameter *Marshall*, Bahan Pengisi

ABSTRACT

Muhammad Syahru Fuadi. *Study of Marshall Parameters By Using Asbestos Dust Waste As Filler In Asphalt Concrete Wearing Course Mixtures.*, Thesis, Jakarta: Civil Engineering, faculty of engineering, State University of Jakarta, October 2016.

This research uses Asbestos Dust Waste as a filler in The Wear Layer Mixture. The aim of this research is to examine if there is a difference between asphalt concrete that uses Asbestos Dust Waste as its filler and asphalt concrete that uses cement as its filler in terms of Marshall parameter.

This research uses experimental method that examines Marshall parameter on five variations of asphalt level, which are 4%, 5%, 6%, 7% and 8% with 6 (six) samples of specimen on each variation.

Marshall method resulting the maximum asphalt level at 7% percentage with it's stability value which is 804,556 kilograms, flow value 3,0 milimeters, Marshall Quotient (MQ) value 271,333 km/mm, Void in Mineral Aggregates (VMA) value 19.131%, Void Filled with Bitumen (VFB) value 73,826%, and Void In the Mix (VIM) value 4,463%. Based on the result of this research, it can be concluded that the Asbestos Dust Waste can be used as a filler in The Wear Layer Mixture for heavy traffic class with 6% of asphalt level.

Keyword: Asbestos Dust Waste, Laston AC-WC, Marshall Parameter, Filler

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum warahmatullahi wabarakatuh

Alhamdulillah dengan rasa syukur penulis panjatkan kepada ALLAH S.W.T karena atas segala rahmat dan inayah-Nya. Penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul ” Kajian Parameter Marshall Dengan Menggunakan Limbah Serbuk Asbes Sebagai *Filler* Campuran Lapis Aspal Beton”. Skripsi merupakan salah satu syarat kelulusan akademik di dalam jenjang Program S1 Pendidikan Teknik Sipil Universitas Negeri Jakarta. Adapun bahan-bahan yang digunakan dalam penulisan Skripsi ini antara lain berdasarkan penelitian eksperimen di Laboratorium dan data yang diperoleh dari hasil penelitian serta tanya jawab langsung dengan dosen pembimbing Skripsi Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Negeri Jakarta dan teknisi di Laboratorium Jalan Balai Irigasi.

Dalam proses penyelesaian Skripsi ini, penulis banyak mendapatkan bantuan dari berbagai pihak. Penulis menyampaikan rasa terima kasih kepada:

1. ALLAH S.W.T karena atas segala rahmat dan inayah-Nya dalam menyelesaikan skripsi ini.
2. Kedua Orang Tua tercinta, Ibunda Sunariah Mansur, S.Pd.I dan Ayahanda Usman yang selalu menyemangatiku disaat letih mengerjakan skripsi ini. Memberikan kebaikan di setiap doa dan kasih sayangnya, dukungan moril dan materil serta motivasi kepada penulis untuk memperoleh hasil terbaik dalam menyelesaikan skripsi ini, mungkin sebuah karya sederhana ini bisa membuat Ibunda dan Ayahanda terseym bangga melihat anaknya menjadi seorang sarjana.
3. R. Eka Murti Nugraha, M.Pd selaku Ketua Program Studi S1 Pendidikan Teknik Bangunan Jurusan Teknik Sipil, sekaligus Penasehat Akademik dan juga selaku Ketua Penguji Sidang skripsi.
4. Winoto Hadi, MT selaku Dosen Pembimbing Materi yang telah meluangkan waktu untuk memberikan bimbingan, sumbangan pikiran, saran dan referensi sehingga skripsi ini dapat diselesaikan.
5. Dr. Riyan Arthur, M.Pd selaku Dosen Pembimbing Metodologi yang telah meluangkan waktu untuk memberikan bimbingan, sumbangan pikiran dan saran sehingga skripsi ini dapat diselesaikan.
6. Drs. Prihantono, M.Eng dan Dra. Daryati, MT selaku Dosen Penguji Sidang Skripsi yang telah memberikan masukan dan koreksi materi skripsi ini.
7. Bapak Bejo dan Bapak Wawan selaku penyedia dan teknisi di Laboratorium Balai Irigasi yang telah membantu dalam seluruh kegiatan di laboratorium sehingga skripsi ini dapat diselesaikan.
8. Teman-teman S1 Pendidikan Teknik Bangunan semua angkatan yang kenal kepada penulis, dan memberikan dukungannya kepada penulis.
9. Teman-teman S1 Pendidikan Teknik Bangunan angkatan 2010 khususnya kelas Non Reguler yang tidak dapat disebutkan satu per satu karena keterbatasan tempat penulisan.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih banyak kekurangan, oleh karena itu penulis memohon maaf apabila terdapat kesalahan. Penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun demi tercapainya

penelitian serupa pada masa yang akan datang. Akhir kata penulis berharap semoga penelitian ini dapat bermanfaat dan menambah ilmu pengetahuan di bidang teknik sipil bagi yang membacanya serta dapat memberikan sedikit sumbangan yang bermanfaat bagi almamater tercinta.

Wassalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Jakarta, Januari 2017

Muhammad Syahru Fuadi
5415 10 7554

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN.....	II
HALAMAN PERNYATAAN	III
ABSTRAK	IV
ABSTRACT	V
KATA PENGANTAR.....	VI
DAFTAR ISI.....	VIII
DAFTAR TABEL	XI
DAFTAR GAMBAR.....	XII
DAFTAR LAMPIRAN	XIII
BAB I	
1.1 Latar Belakang Masalah	1
1.2 Identifikasi Masalah	5
1.3 Pembatasan Masalah	5
1.4 Perumusan Masalah.....	6
1.5 Manfaat Penelitian.....	6
BAB II	
2.1. Kerangka Teori	8
2.1.1 Perkerasan Jalan	8
2.1.2 Lapis Perkerasan Lentur.....	8
2.1.3 Lapisan Permukaan.....	10
2.1.4 Bahan Penyusun Lapis Aspal Beton (Laston).....	11
2.1.4.1. Aspal Beton.....	11
2.1.4.2. Agregat.....	13
2.1.4.3. Bahan Pengisi (Filler)	16
2.1.5 Limbah Serbuk Asbes	17
2.1.6. Parameter Pengujian Marshall.....	19
2.1.6.1. Kerapatan (<i>Density</i>).....	20
2.1.6.2. Stabilitas (<i>Stability</i>)	21
2.1.6.3. <i>Void In Mineral Aggregate</i> (VMA).....	21
2.1.6.4. <i>Void in The Mix</i> (VIM).....	22
2.1.6.5. <i>Void Filled With Asphalt</i> (VFA).....	23
2.1.6.6. Kelelehan (<i>Flow</i>).....	24
2.1.6.7. Hasil bagi Marshall (Marshall Quotient).....	25
2.1.7. Penelitian Relevan	25
2.2. Kerangka Berpikir	27
2.3. Hipotesis Statistik	28
BAB III	
3.1. Tujuan Penelitian	29

3.2. Tempat dan Waktu Penelitian	29
3.3. Metode Penelitian	29
3.4. Pengambilan Sampel	29
3.4.1. Populasi.....	30
3.4.2. Sampel.....	30
3.5. Prosedur Penelitian	30
3.5.1. Tahap Persiapan.....	30
3.5.1.1. Peralatan.....	31
3.5.1.2. Bahan	32
3.5.2. Tahap Pemeriksaan	33
3.5.3. Tahap Perencanaan Campuran	34
3.5.3.1. Perencanaan Agregat Gabungan Cara Analitis	34
3.5.3.2. Perencanaan Agregat Gabungan Cara Grafik	35
3.5.3.3. Penentuan Kadar Aspal Rencana	37
3.5.4. Tahap Pembuatan Benda Uji	37
3.5.5. Tahap Pengujian	39
3.5.5.1. Pengukuran Berat Jenis Campuran.....	40
3.5.5.2. Pengukuran Stabilitas dan Flow	41
3.5.5.3. Pengukuran Kerapatan dan Analisa Rongga.....	41
3.6. Teknik Pengambilan Data.....	43
3.7. Teknik Analisis Data	43
3.8 Hipotesis Statistik	43
BAB IV	
4.1. Deskripsi Uji Pendahuluan	47
4.1.1. Pengujian Aspal.....	47
4.1.2. Pengujian Agregat Kasar	48
4.1.3. Pengujian Agregat Halus	48
4.1.4. Pengujian <i>Filler</i>	49
4.2. Pembuatan Benda Uji.....	50
4.2.1 Perencanaan Campuran	50
4.2.2 Pencampuran Benda Uji	51
4.3. Deskripsi Hasil Pengujian Marshall	52
4.4. Pembahasan Hasil Pengujian.....	53
4.4.1. Uji Pendahuluan	53
4.4.2. Stabilitas	54
4.4.3. Kelelahan (<i>Flow</i>)	55
4.4.4. <i>Marshall Quotient (MQ)</i>	56
4.4.5. <i>Void In Mineral Aggregate (VMA)</i>	57
4.4.6 <i>Void Filled with Bitumen (VFB)</i>	58
4.4.7. <i>Void In the Mix (VIM)</i>	59
4.4.8. Pembahasan Hasil Pengujian Melalui Parameter Marshall	60

4.5. Pengujian Prasyarat Analisis	62
4.6. Pengujian Hipotesis	67
4.7. Keterbatasan Penelitian	68
BAB V	
5.1. Kesimpulan	69
5.2. Saran	70
DAFTAR PUSTAKA.....	72
RIWAYAT HIDUP.....	118

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Persyaratan Aspal Beton.....	13
Tabel 2.2 Jenis Pengujian Agregat	14
Tabel 2.3. Ketentuan Agregat Kasar.....	15
Tabel 2.4. Ketentuan Agregat Halus.....	16
Tabel 2.5 Ketentuan Bahan Pengisi (Filler)	17
Tabel 4.1. Hasil Pengujian Pendahuluan Aspal	47
Tabel 4.2. Hasil Pengujian Agregat Kasar	48
Tabel 4.3. Hasil Pengujian Agregat Halus	48
Tabel 4.4. Hasil Pengujian Bahan Pengisi Limbah Serbuk Asbes	48
Tabel 4.5. Analisa Saringan Filler Limbah Serbuk Asbes dan Semen	49
Tabel 4.6. Proporsi Mix-Design Campuran	50
Tabel 4.7. Hasil Pengujian Marshal.....	53
Tabel 4.8. Hasil Pengujian Normalitas Stabilitas	62
Tabel 4.9. Hasil Pengujian Normalitas Flow	63
Tabel 4.10. Hasil Pengujian Normalitas MQ	63
Tabel 4.11. Hasil Pengujian Normalitas VMA	64
Tabel 4.12. Hasil Pengujian Normalitas VFB	65
Tabel 4.13. Hasil Pengujian Normalitas VIM	65
Tabel 4.14. Hasil Pengujian Mann-Whitney.....	67

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Lapisan Perkerasan Jalan	9
Gambar 3.1. Diagram Alur Penelitian.....	46
Gambar 4.1. Persiapan pembuatan benda uji	51
Gambar 4.2. Pengadukan Benda Uji.....	51
Gambar 4.3. Pemadatan Benda Uji.....	52
Gambar 4.4. Grafik Stabilitas dengan Variasi Limbah Serbuk Asbes.....	55
Gambar 4.5. Grafik Flow dengan Variasi Limbah Serbuk Asbes	56
Gambar 4.6. Grafik MQ dengan Variasi Limbah Serbuk Asbes.....	57
Gambar 4.7. Grafik VMA dengan Variasi Limbah Serbuk Asbes	58
Gambar 4.8. Grafik VFB dengan Variasi Limbah Serbuk Asbes	59
Gambar 4.9. Grafik VIM dengan Variasi Limbah Serbuk Asbes	60
Gambar 4.10. Gambar Ilustrasi Kadar Aspal Optimum 7%	62

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Surat Izin laboratorium.....	74
Lampiran 2. Lembar Konsultasi 1	75
Lampiran 2. Lembar Konsultasi 2	76
Lampiran 2. Lembar Konsultasi 3	77
Lampiran 2. Lembar Konsultasi 4	78
Lampiran 3. Berat Jenis Aspal.....	79
Lampiran 4. Daktilitas Aspal.....	80
Lampiran 5. Titik Lembek Aspal.....	81
Lampiran 6. Penetrasi Aspal	82
Lampiran 7. Titik Nyala Aspal.....	83
Lampiran 8. Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar.....	84
Lampiran 9. Keausan Agregat Kasar	85
Lampiran 10. Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus.....	86
Lampiran 11. Kadar Lumpur Agregat Halus.....	87
Lampiran 12. Berat Jenis <i>Filler</i> Semen PC.....	88
Lampiran 13. Berat Jenis <i>Filler</i> Limbah Serbuk Asbes.....	89
Lampiran 14. Kandungan Limbah Serbuk Asbes.....	90
Lampiran 15. Analisa Saringan Agregat (<i>Filler</i> Limbah Serbuk Asbes)	91
Lampiran 16. Perencanaan Campuran Aspal Cara Analitis.....	92
Lampiran 17. Penjabaran Perhitungan Proporsi Mix Design Campuran.....	93
Lampiran 18. Perencanaan Campuran Aspal Cara Grafik	95
Lampiran 19. Angka Korelasi Stabilitas	97
Lampiran 20. Hasil Pengujian	98
Lampiran 21. Uji Prasyarat Normalitas dan Homogenitas	99
Lampiran 22. Uji Mann-Whitney	102
Lampiran 23. Dokumentasi Alat – alat Pengujian Aspal dan Marshall.....	105
Lampiran 24. Perbandingan Bahan Pengganti Filler untuk Pembuatan Aspal ...	107
Lampiran 25. Rencana Pelaksanaan Pembelajaran (RPP) dan Job Sheet Aspal.	109

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Pertumbuhan volume lalu lintas memberikan dampak terhadap permintaan akan pembangunan struktur perkerasan jalan dan pemakaian material yang digunakan. Jalan raya di Indonesia pada umumnya mengalami kelebihan muatan beban lalu lintas yang berlebihan (*over loading*) dan temperatur udara yang tinggi, sehingga perlu pertimbangan dalam melakukan pembangunan jalan.

Untuk wilayah DKI Jakarta kepadatan penduduk semakin bertambah maka otomatis meningkatkan kebutuhan akan transportasi guna memperlancar aktifitas. meningkatkan kebutuhan akan transportasi guna memperlancar aktifitas. Tercatat dari data (Dirlantas Polda Metro Jaya, 2017), pada tahun 2016 jumlah kendaraan di Jakarta dan sekitarnya mencapai 17 juta unit yang terdiri dari 12 juta unit kendaraan roda dua, 5 juta unit mobil, 390 ribu unit bus, 635 unit mobil barang, dan 120 unit kendaraan khusus seperti alat berat antara lain bulldozer, traktor, mesin gilas (*stoomwartz*), forklift, loader, excavator, dan crane. Jumlah volume kendaraan tersebut mengalami peningkatan sebesar 9,8 persen dari tahun 2014. Jalan melayani hampir seluruh mobilisasi kegiatan orang dan angkutan barang, sehingga penambahan volume lalu lintas, baik jumlah maupun beban yang ditanggung akibat aktivitas mobilisasi tersebut semakin meningkat. Kota Jakarta terletak di daerah iklim tropis, sehingga temperatur, kelembaban, curah hujan yang tinggi, dan intensitas sinar matahari yang tinggi sepanjang tahun juga

menjadi salah satu faktor penyebab kerusakan jalan selain dari meningkatnya jumlah volume kendaraan.

Indonesia mengenal dua jenis konstruksi lapisan perkerasan jalan yaitu perkerasan kaku yang dibuat dari beton semen dan perkerasan lentur yang dibuat dari campuran aspal dan agregat. Perkerasan lentur ada yang bersifat non struktural seperti Burtu, Burda, Latasir, Buras, Latasbum, dan HRS-WC dan struktural seperti Lapen, Lasbutag, Laston (Lapisan Aspal Beton).

Laston yang direncanakan di Indonesia setara dengan spesifikasi Laston Bina Marga (Spesifikasi Bina Marga 13 / PT/B/1983). Spesifikasi tersebut digunakan untuk jalan-jalan dengan lalu lintas berat, tanjakan, pertemuan jalan dan daerah-daerah lainnya dimana permukaan menanggung beban roda yang berat. Lapis aspal beton diperuntukan untuk kelas lalu lintas berat dapat ditinjau dari ketentuan parameter Marshall menurut Pelaksanaan Lapis Aspal Beton Untuk Jalan Raya (AASHTO T245-90) dan penetrasi aspal yang dipakai. Aspal dengan penetrasi rendah dipakai untuk daerah yang memiliki cuaca panas atau volume lalu-lintas tinggi, sedangkan aspal dengan penetrasi tinggi dipakai untuk daerah dingin atau volume lalu-lintas rendah (Departemen Perhubungan, 2013).

Lapisan permukaan aspal membutuhkan persyaratan dan spesifikasi khusus dalam proses pembuatannya. Persyaratan dan spesifikasi campuran lapisan permukaan diatur dalam SNI 03-1737-1989. Metode pengujian melalui parameter *Marshall* merupakan metode yang paling umum dipergunakan dan distandarisasikan dalam *American Society for Testing and Material 1993* (ASTM D6927).

Berbagai kendala sering terjadi pada proses pembuatan campuran aspal, salah satunya yaitu dalam pengadaan bahan pengisi rongga aspal (*filler*) yang umumnya menggunakan serbuk batu. Selain karena semakin mahalnya harga serbuk batu tersebut, juga karena penggunaan serbuk batu yang semakin banyak menyebabkan bahan tersebut kian lama sulit didapat. Serbuk batu tersebut merupakan bahan alam yang tidak dapat diperbaharui. Oleh karena itu, perlu dicari alternatif yang dapat digunakan sebagai bahan pengisi (*filler*) pada campuran aspal.

Salah satu bahan alternatif yang sekaligus sebagai solusi dari permasalahan adalah dengan penggunaan beberapa limbah sebagai bahan pengganti sebagian atau seluruh dari material penyusun aspal. Limbah asbes merupakan salah satu solusi sebagai bahan pengganti seluruh dari bahan pengisi (*filler*). Material ini banyak terbuang di lingkungan sehingga perlu dimanfaatkan untuk mengurangi pencemaran lingkungan. Indonesia menduduki peringkat ke-4 sebagai pengguna asbes di dunia. Pada tahun 2009 bahan baku asbes yang masuk ke Indonesia mencapai 90 ribu ton. Kawasan Cikarang terdapat industri bahan bangunan asbes yang memproduksi kurang lebih 100 ribu asbes perbulan, menghasilkan limbah 15% – 20% dapat diperkirakan dalam satu tahun akan menghasilkan limbah asbes 500 ton – 850 ton untuk satu industri.

Bahan asbes mempunyai banyak peranan dan manfaat dalam kegiatan industri. Pemanfaatan serat asbes terutama dikaitkan pada sifatnya yang khas, yaitu : sangat kuat, tahan terhadap bahan kimia serta kemampuannya bertahan pada temperatur tinggi. Secara umum, asbes merupakan jenis bahan yang cukup ringan, tahan api serta kedap air. Berdasarkan hasil pengujian SEM (*Scanning Electron Microscope*) di laboratorium *Fire Engineering* Universitas Negeri

Jakarta, didapatkan hasil bahwa limbah serbuk asbes dari PT. Djabesmen di Cikarang, Bekasi memiliki unsur Kalsium (Ca) 26,34%, Besi (Fe) 1,35%, Silika (Si) 5,49%, Magnesium (Mg) 1,50% , Kalium (K) 0,89%, Sulfur (S) 1,90%, dan Oksigen (O) 62,53%.

Hasil pengujian analisa saringan limbah serbuk asbes yang dilakukan di balai irigasi mencapai 100% yang lolos saringan dengan ukuran saringan no.200 dan didapat berat jenis sebesar 2,54 memenuhi syarat berat jenis minimal 2,5 dan gradasinya memenuhi spesifikasi pengujian analisa saringan *filler* (SNI 03-4142-1996). Bahan dasar pembuatan Asbes itu sendiri terbuat dari semen, dengan penelitian lebih lanjut Limbah Asbes yang di haluskan seperti semen memungkinkan untuk dipakai pada campuran Lapis Aus (AC-WC) permukaan aspal beton.

Penelitian mengenai pemanfaatan limbah asbes sebagai bahan pengganti sebagian semen pada batako berlubang telah dilakukan oleh (Daru, 2013) dengan variasi bubuk limbah asbes 0%, 25% 50%, 75% dan 100%. Penelitian tersebut menghasilkan batako yang lebih ringan dengan kuat tekan yang lebih rendah, berat volume yang semakin rendah dan mempunyai nilai porositas yang semakin tinggi.

Berdasarkan penelitian yang sudah diteliti oleh (Daru, 2013) Maka dalam penelitian ini saya akan mencoba membuat aspal menggunakan filler limbah serbuk asbes dengan variasi kadar aspal rencana 4%, 5%, 6%, 7%, 8% dan penggunaan limbah serbuk asbes sebagai *filler* 100%. komposisi ini didapatkan bukan dari hasil yang sudah diteliti oleh (Daru, 2013) tetapi komposisi ini didapatkan dari perhitungan kadar aspal rencana (lampiran 16).

1.2 Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah, maka dapat diidentifikasi beberapa masalah diantaranya:

1. Apakah limbah serbuk asbes dapat digunakan sebagai alternatif bahan pengisi (*filler*) dalam pembuatan campuran lapis aus permukaan aspal beton (AC-WC)?
2. Berapa persen kadar aspal yang optimal untuk bahan pengisi (*filler*) 100% limbah serbuk asbes ?
3. Apakah pemanfaatan limbah serbuk asbes efektif meningkatkan nilai parameter *Marshall* yang sesuai dengan standar perkerasan jalan ?
4. Termasuk kedalam kelas manakah campuran lapis aus aspal beton yang menggunakan limbah serbuk asbes sebagai *filler* ?
5. Apakah limbah serbuk asbes dengan variasi kadar aspal 4%, 5%, 6%, 7%, 8% dapat memenuhi persyaratan sebagai bahan pengisi (*filler*) dalam mutu campuran aspal standar nasional ?

1.3 Pembatasan Masalah

Karena penulisan memiliki keterbatasan dari segi kemampuan pengetahuan yang dimiliki, ketersediaan dana yang ada, waktu yang tersedia, maka dalam penelitian ini terdapat batasan – batasan, yaitu:

1. Menggunakan limbah asbes dari salah satu industri asbes yang berlokasi di PT. Djabesmen Cikarang, Bekasi.
2. Jenis perkerasan yang digunakan adalah jenis permukaan struktural dari perkerasan lentur yaitu Lapis Aspal Beton *wearing course*

3. Bahan pengisi yang digunakan adalah 100% limbah asbes dalam bentuk serbuk.
4. Variasi kadar aspal untuk benda uji berkisar antara 4% sampai dengan 8% dengan interval 1% dan enam benda uji untuk masing-masing kadar.
5. Metode yang digunakan dalam penelitian adalah metode pengujian Marshall, yang meliputi : stabilitas, kelelahan, VFWA, VMA, VITM, marshall quotient.
6. Bahan Aspal yang digunakan menggunakan aspal penetrasi 80 yang memenuhi persyaratan aspal keras menurut SNI 06-2456-1991 dari Pertamina Cilacap

1.4 Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang, identifikasi masalah, dan pembatasan masalah, dapat disusun suatu rumusan masalah, yaitu: Apakah penggunaan serbuk asbes sebagai bahan pengisi (*filler*) dalam campuran lapis aus permukaan aspal beton dapat meningkatkan nilai parameter *Marshall* pada konstruksi lapisan perkerasan jalan raya ?

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini antara lain:

1. Memberikan informasi mengenai pemanfaatan limbah asbes sebagai bahan *filler* dalam pembuatan aspal.
2. Memberikan alternatif bahan pengisi murah dan mudah didapat pada campuran aspal.

3. Hasil penelitian ini diharapkan dapat diterapkan dalam pembuatan perkerasan jalan.

Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadikan salah satu sumber dalam menambah pengetahuan terhadap dunia pendidikan umumnya dan mahasiswa teknik sipil Fakultas Teknik Universitas Negeri Jakarta pada khususnya.

BAB II
KERANGKA TEORI, KERANGKA BERPIKIR DAN HIPOTESIS
PENELITIAN

2.1. Kerangka Teori

2.1.1 Perkerasan Jalan

Berdasarkan bahan pengikatnya, konstruksi perkerasan jalan raya dapat dibedakan menjadi tiga macam (Sukirman, 1999):

1. Perkerasan lentur, yaitu lapis keras yang menggunakan aspal sebagai bahan ikat. Lapisan-lapisan perkerasannya bersifat memikul dan menyebarkan beban lalu-lintas ke tanah dasar.
2. Perkerasan kaku, yaitu lapis keras yang menggunakan semen pc sebagai bahan ikat. Pelat beton dengan atau tanpa tulangan diletakkan di atas tanah dasar dengan atau tanpa lapis pondasi bawah. Beban lalu-lintas diterima oleh pelat beton.
3. Perkerasan komposit, yaitu perkerasan kaku yang dikombinasikan dengan perkerasan lentur, dapat berupa perkerasan lentur di atas perkerasan kaku atau perkerasan kaku di atas perkerasan lentur.

2.1.2 Lapis Perkerasan Lentur

Perkerasan lentur sebagai lapisan yang bersifat memikul dan menyebarkan beban lalu-lintas haruslah memenuhi syarat berikut (Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No.28/PRT/M/2007) :

1. Ketebalan yang cukup sehingga mampu menyebarkan beban ke tanah dasar.
2. Kedap air, sehingga air tidak mudah meresap ke lapisan di bawahnya.
3. Permukaan yang mudah mengalirkan air sehingga air hujan yang jatuh di atasnya dapat cepat dialirkan.
4. Kekakuan untuk memikul beban tanpa menimbulkan deformasi yang berarti.

Perkerasan lentur terdiri dari lapisan–lapisan yang diletakkan di atas tanah dasar yang telah dipadatkan. Lapisan–lapisan tersebut berfungsi untuk menerima

beban lalu–lintas dan menyebarkannya ke lapisan dibawahnya. Konstruksi perkerasan terdiri dari :

1. Lapisan permukaan (*surface course*)

Lapisan yang terletak paling atas dan berfungsi sebagai lapis penahan beban roda, lapisan kedap air, lapis aus (*wearing course*) dan lapisan yang menyebarkan beban ke lapisan bawah.

2. Lapisan pondasi atas (*base course*)

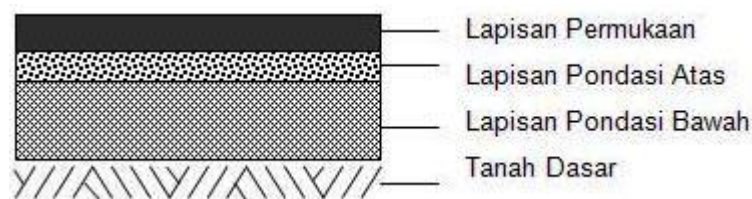
Lapisan yang terletak diantara lapis pondasi bawah dan lapis permukaan, berfungsi sebagai bagian perkerasan yang menahan gaya lintang dari beban roda dan menyebarkan beban ke lapisan di bawahnya, sebagai lapisan peresapan untuk lapisan pondasi bawah, dan untuk bantalan terhadap lapis permukaan.

3. Lapisan pondasi bawah (*subbase course*)

Merupakan lapisan diantara lapis pondasi atas dan tanah dasar, berfungsi sebagai penyebar beban roda ke tanah dasar, untuk efisiensi penggunaan material, sebagai lapis peresapan, lapisan pencegah partikel-partikel halus dari tanah dan sebagai lapisan pertama di atas tanah dasar.

4. Lapisan tanah dasar (*sub grade*)

Merupakan lapisan tanah setebal 50-100 cm dimana bagian atasnya diletakkan lapisan pondasi bawah.



Gambar 2.1. Lapisan Perkerasan Jalan

2.1.3 Lapisan Permukaan

Lapisan permukaan adalah bagian perkerasan jalan yang paling atas. Lapis permukaan adalah lapisan penutup konstruksi jalan yang mempunyai nilai struktural yang pertama kali dikembangkan di Amerika oleh *The Asphalt Institute* dengan nama *Asphalt Concrete (AC)*. Lapisan tersebut berfungsi sebagai berikut (Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No.28/PRT/M/2007):

1. Lapis perkerasan penahan beban roda, yang mempunyai stabilitas tinggi untuk menahan roda selama masa pelayanan.
2. Lapisan kedap air, agar air hujan yang jatuh di atasnya tidak meresap ke lapisan di bawahnya dan melemahkan lapisan-lapisan tersebut.
3. Lapis aus (*wearing coarse*) yaitu lapisan ulang yang langsung terkena gesekan akibat roda kendaraan.
4. Lapis-lapis yang menyebabkan beban ke lapisan di bawahnya sehingga dapat dipikul oleh lapisan lain dengan gaya dukung yang lebih buruk.

Pada umumnya lapisan permukaan dibuat dengan menggunakan bahan pengikat aspal sehingga dapat menghasilkan lapisan permukaan yang kedap air dengan stabilitas yang tinggi dan daya tahan yang lama. Lapis permukaan harus cukup halus agar ban kendaraan yang lewat tidak cepat rusak, tergelincir dan cukup nyaman bagi penumpangnya. Jenis lapis permukaan yang umum digunakan di Indonesia antara lain :

1. Lapisan bersifat struktural

Lapisan ini berfungsi sebagai lapisan yang menahan dan menyebarkan beban roda kendaraan jenisnya yaitu penetrasi macadam (lapen), lasbutag, dan lapis aspal beton (laston).

2. Lapisan bersifat non struktural

Lapisan ini berfungsi sebagai lapisan aus dan kedap air. Jenis lapisan ini yaitu burtu (lserbukran aspal satu lapis), burda (lserbukran aspal dua lapis), latasir (lapis tipis aspal pasir), buras (lserbukran aspal), latasbum (lapis tipis asbuton murni), dan HRS-WC (lapis tipis aspal beton).

2.1.4 Bahan Penyusun Lapis Aspal Beton (Laston)

2.1.4.1. Aspal Beton

Aspal beton merupakan salah satu jenis dari lapis perkerasan konstruksi perkerasan lentur (Sukirman, 1999). Aspal beton adalah jenis perkerasan jalan yang terdiri dari campuran agregat dan aspal, dengan atau tanpa bahan tambahan. Material-material pembentuk aspal beton dicampur pada suhu tertentu, kemudian diaduk dengan alat *mixer*. Jenis aspal beton dapat dibedakan berdasarkan suhu pencampuran material pembentuk aspal beton, dan fungsi aspal beton.

Berdasarkan temperatur ketika mencampur dan memadatkan campuran, aspal beton dapat dibedakan menjadi:

1. Aspal beton campuran panas (*hotmix*), yaitu aspal beton yang material pembentuknya dicampur pada suhu pencampuran sekitar 170°C.
2. Aspal beton campuran sedang (*warm mix*), yaitu aspal beton yang material pembentuknya dicampur pada suhu pencampuran sekitar 60°C.
3. Aspal beton campuran dingin (*cold mix*), yaitu aspal beton yang material pembentuknya dicampur pada suhu pencampuran sekitar 25°C.

Definisi aspal menurut ASTM D6373 adalah material berwarna hitam atau coklat tua dan merupakan senyawa dari *hydrocarbon* dan turunannya. Aspal bersifat viskoelastis, sehingga akan melunak dan mencair bila mendapat cukup pemanasan sehingga dapat membungkus partikel agregat pada waktu pembuatan aspal beton atau dapat masuk ke dalam pori-pori yang ada pada penyemprotan/penyiraman pada perkerasan jalan. Dan jika temperatur mulai menurun, aspal akan mengeras dan mengikat agregat pada tempatnya (sifatnya termoplastis) (Sukirman, 1999).

Aspal merupakan suatu produk berbasis minyak yang merupakan turunan dari proses penyulingan minyak bumi. Pada proses destilasi fraksi ringan yang

terkandung dalam minyak bumi dipisahkan dengan destilasi sederhana hingga menyisakan suatu residu yang dikenal dengan nama aspal keras. Dalam proses destilasi ini, aspal keras baru dihasilkan melalui proses destilasi hampa pada temperatur sekitar 480°C. Temperatur ini bervariasi tergantung pada sumber minyak mentah yang disuling atau tingkat aspal keras yang akan dihasilkan. Aspal keras dapat dijadikan aspal cair dengan cara dilarutkan dengan bahan pelarut berbasis minyak. Selain itu aspal keras dapat dijadikan aspal emulsi dengan cara mengemulsikan aspal keras dengan emulsifier (emulgator). Tingkat pengontrolan yang dilakukan pada tahapan proses penyulingan akan menghasilkan aspal dengan sifat-sifat yang khusus yang cocok untuk pemakaian yang khusus pula, seperti untuk pembuatan campuran beraspal, pelindung atap dan penggunaan khusus lainnya. Selain itu, aspal juga terdapat di alam secara alamiah, aspal ini disebut aspal alam.

Karakteristik campuran yang harus dimiliki oleh campuran aspal beton campuran panas adalah (Sukirman, 1999):

1. Stabilitas
Yaitu kemampuan lapisan perkerasan menerima beban lalu-lintas tanpa terjadi perubahan bentuk tetap seperti gelombang, alur ataupun *bleeding*.
2. Durabilitas
Merupakan kemampuan menahan keausan akibat pengaruh cuaca, air dan perubahan suhu ataupun keausan akibat gesekan kendaraan.
3. Fleksibilitas
Merupakan kemampuan lapisan untuk dapat mengikuti deformasi yang terjadi akibat beban lalu-lintas berulang tanpa timbulnya retak dan perubahan volume.
4. Tahanan geser (*skid resistance*)
Adalah kekesatan yang diberikan oleh perkerasan sehingga kendaraan tidak mengalami slip baik di waktu hujan atau basah maupun di waktu kering. Kekesatan dinyatakan dengan koefisien gesek antar permukaan jalan dan ban kendaraan.
5. Ketahanan kelelahan (*fatigue resistance*)

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

6. Kemudahan pelaksanaan (*workability*)

Adalah mudahnya suatu campuran untuk dihampar dan dipadatkan sehingga diperoleh hasil yang memenuhi kepadatan yang diharapkan.

Tabel 2.1. Persyaratan Aspal Beton

No	Jenis Pemeriksaan	Satuan	Metode	Tingkat Penetrasi Aspal	
				Pen. 60	Pen. 80
1	Penetrasi (25°C, 100 gr, 5 detik)	0,1 mm	SNI 06-2456-1991	60-79	80-99
2	Titik Lembek, 25 C	°Celcius	SNI 06-2434-1991	48-58	46-54
3	Titik Nyala	°Celcius	SNI 06-2433-1991	>200	>225
4	Kehilangan Berat	% berat	SNI 06-2441-1991	<0,4	<0,6
5	Kelarutan (CCl ₄ atau CS ₂)	% berat	SNI 06-2438-1991	>99	>99
6	Daktilitas (25°C, 5 cm / menit)	Cm	SNI 06-2432-1991	>100	>100
7	Penetrasi setelah	% awal	SNI 06-2456-1991	>75	>75
8	Berat Jenis (25°C)		SNI 06-2488-1991	>1,0	>1,0

Catatan : Penggunaan pengujian spot tes adalah pilihan (optional)

Apabila disyaratkan direksi dapat menentukan pelarut yang akan digunakan, *naphtha*, *naphtha xylene* atau *heptane xylene*.

Sumber : *Manual Pekerjaan Campuran Beraspal Panas Ditjen Bina Marga, 1983.*

2.1.4.2. Agregat

Agregat didefinisikan sebagai material granular misalnya pasir, kerikil, dan batu pecah yang dipakai bersama-sama dengan suatu media pengikat (SNI 03-1737-1989). Sifat agregat bukan hanya mempengaruhi sifat struktur, akan tetapi juga mempengaruhi ketahanan (*durability*), daya tahan terhadap kemunduran mutu akibat siklus dari pembekuan-pencairan. Agregat ini harus bergradasi sedemikian rupa sehingga seluruh massa struktur dapat berfungsi sebagai benda yang utuh, homogen, dan rapat, dimana agregat yang berukuran lebih kecil berfungsi sebagai pengisi celah yang ada di antara agregat berukuran besar.

Tabel 2.2. Jenis Pengujian Agregat

No	Judul pengujian	Nomor standar
1	Metode pengujian jumlah bahan dalam agregat yang lolos saringan No.200 (0,075 mm).	SNI 03-4142-1996
2	Metode pengujian tentang analisis saringan agregat halus dan kasar.	SNI 03-1968-1990
3	Metode pengujian Berat Jenis dan penyerapan air agregat kasar.	SNI 03-1969-1990
4	Metode pengujian Berat Jenis dan penyerapan air agregat halus.	SNI 03-1970-1990

Sumber: *Manual Pekerjaan Campuran Beraspal Panas Ditjen Bina Marga, 1983.*

Agregat berdasarkan ukuran butirannya dibedakan menjadi:

1. Agregat Kasar

Agregat kasar adalah kerikil sebagai hasil desintegrasi alami dari batu atau berupa batu pecah (kerikil) yang diperoleh dari industri pemecah batu. Agregat kasar yang dipakai pada penelitian campuran aspal panas ini adalah batu pecah yang secara umum berfungsi memberikan stabilitas dengan kondisi saling mengunci dari masing-masing partikel agregat kasar, serta diperoleh juga stabilitas dari tahan gesek. Bentuk dan tekstur permukaan agregat kasar sangat menentukan dalam memberikan stabilitas yang tinggi, oleh karena itu agregat kasar yang ideal adalah agregat yang memiliki bentuk persegi-segi (*Angular course aggregate*).

Tabel 2.3. Ketentuan Agregat Kasar

Pengujian	Standar	Nilai
Kekekalan bentuk agregat terhadap larutan natrium dan magnesium sulfat	SNI 03-3407-1994	Maks. 12%
Kelekatan agregat terhadap aspal	SNI 03-2417-1991	Maks. 40%
Abrasi dengan mesin Los Angeles	SNI 03-2439-1991	Min. 95%
Angularitas	SNI 03-6877-2002	95/90(*)
Partikel Pipih dan Lonjong (**)	(RSNI T-01-2005)	Maks. 10 %
Material lolos Saringan No.200	SNI 03-4142-1996	Maks. 1 %

Sumber: *SNI 03-1737-1989*

Catatan:

(*) 95/90 menunjukkan bahwa 95% agregat kasar mempunyai muka bidang pecah satu atau lebih dan 90% agregat kasar mempunyai muka bidang pecah dua atau lebih.

(**) Pengujian dengan perbandingan lengan alat uji terhadap poros 1 : 5.

Agregat kasar yang digunakan adalah agregat yang tertahan saringan No.4 (4,75 mm) dan lolos saringan 1” (25,4 mm) dan harus bersih, keras, awet dan bebas dari lempung atau bahan yang tidak dikehendaki lainnya dan memenuhi ketentuan yang ditetapkan dalam Tabel 2.3. Agregat kasar harus batu pecah atau kerikil pecah dan harus disiapkan dalam ukuran normal. Agregat kasar harus mempunyai angularitas seperti yang diisyaratkan dalam Tabel 2.3. Angularitas agregat kasar didefinisikan sebagai persen terhadap berat agregat yang lebih besar dari saringan No.4 (4,75 mm) dengan muka bidang satu pecah atau lebih.

2. Agregat Halus

Agregat halus adalah bagian dari material yang lolos ayakan No.4 (4,75 mm) dan tertahan saringan No.200. Agregat halus terdiri dari pasir bersih, pasir batu, bahan-bahan halus pemecah batu atau kombinasi dari bahan-bahan tersebut. Agregat halus tersebut harus bersih, keras, bebas dari lempung, atau bahan yang tidak dikehendaki lainnya.

Sesuai dengan SNI 03-1737-1989 Agregat halus harus memenuhi ketentuan sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 2.4.

Tabel 2.4. Ketentuan Agregat Halus

Pengujian	Standar	Nilai
Nilai Setara Pasir	SNI 03-4428-1997	Min. 50 %
Material Lolos Saringan No.200	SNI 03-4428-1997	Maks. 8 %
Angularitas	SNI 03-6877-2002	Min. 45%

Sumber: SNI 03-1737-1989

Seperti halnya dengan agregat kasar, agregat halus harus memiliki berat jenis (*bulk specific gravity*) minimum 2,5, penyerapan air maksimum 3%.

2.1.4.3. Bahan Pengisi (Filler)

Mineral *filler* adalah suatu mineral agregat dari fraksi halus yang sebagian besar (± 65 %) lolos saringan nomor 200 (0,075 mm) (SNI 03-1737-1989). Dalam campuran aspal panas material filler bersama-sama dengan aspal membentuk mortar dan berperan sebagai pengisi rongga sehingga meningkatkan stabilitas campuran.

Pada praktiknya fungsi dari filler adalah untuk meningkatkan viskositas dari aspal dan mengurangi kepekaan terhadap temperatur. Peningkatan komposisi filler dalam campuran dapat meningkatkan stabilitas campuran tetapi menurunkan kadar air void (rongga udara) dalam campuran. Meskipun demikian komposisi filler dalam campuran tetap dibatasi, karena terlalu tinggi kadar filler dalam campuran akan mengakibatkan campuran menjadi getas (*brittle*) dan akan retak (*crack*) ketika menerima beban lalu lintas. Akan tetapi terlalu rendah kadar *filler* akan mengakibatkan campuran akan terlalu lunak pada saat cuaca panas. Material yang sering digunakan sebagai *filler* adalah semen portland (PC), batu kapur, dan serbuk batu dari *stone crusher*. Akan tetapi bahan-bahan tersebut terkadang sulit didapat dan terkadang harganya relatif mahal. Untuk itu para ahli material perkerasan mencoba inovasi-inovasi baru untuk menggunakan bahan-bahan lain yang bisa digunakan sebagai *filler*.

Spesifikasi standar *filler* untuk campuran perkerasan lentur jalan raya (SNI 03-1737-1989) adalah sebagai berikut :

1. Bahan pengisi harus terdiri dari serbuk batu, serbuk batu kapur, kapur padam, semen (PC) atau bahan non-plastis lainnya.
2. Bahan pengisi harus kering dan bebas dari gumpalan-gumpalan, dan apabila dilakukan pemeriksaan analisa saringan harus memenuhi gradasi sebagai ditunjukkan pada Tabel 2.5.

Tabel 2.5. Ketentuan Bahan Pengisi (Filler)

No.	Ukuran Saringan	Persentase Lolos
1.	No. 30 (0,590 mm)	100
2.	No. 50 (0,279 mm)	95 – 100
3.	No. 100 (0,149 mm)	90 – 100
4.	No. 200 (0,074 mm)	65 – 100

2.1.5 Limbah Serbuk Asbes

Asbes (asbestos) merupakan mineral-mineral berbentuk serat halus yang terjadi secara alamiah. Sesuai dengan definisi yang diberikan oleh *Occupational Safety and Health Administration (OSHA)*, ada enam jenis mineral yang dikategorikan sebagai bahan asbes, yaitu: *chrysotile, riebeckite, grunerite, actinolite, anthrophyllite dan thremolite*

Asbes termasuk dalam golongan limbah Bahan Berbahaya dan Beracun (B3). Limbah B3 adalah sisa suatu usaha atau kegiatan yang mengandung bahan berbahaya dan beracun yang karena sifat dan konsentrasinya atau jumlahnya, baik secara langsung maupun tidak langsung, dapat mencemarkan dan merusak lingkungan hidup atau dapat membahayakan lingkungan hidup, kesehatan, kelangsungan hidup. Proses pengolahan Limbah Asbes tersebut hingga menjadi

serbuk dilakukan di Pusat Penelitian Biomaterial LIPI Cibinong. Kemudian Limbah Asbes tersebut dihaluskan dengan mesin *hammer mill* dan diayak melewati ayakan 0,075mm (No.200) untuk dijadikan serbuk sehingga kehalusan Serbuk Asbes dapat dibuat butiran yang relatif sama dengan ukuran butir semen. Saat proses penghalusan dan pengayakan saat dianjurkan menggunakan masker penutup hidung supaya bisa melindungi ancaman dari bahayanya limbah B3 tersebut (Permen LH No. 03/2008 Tentang Tata Cara Perizinan Pengelolaan Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun).

Mekanisme pembuatan aspal dengan material limbah asbes ini dengan cara menghancurkan hingga lolos saringan No.200 minimum 75% dan mencampurkannya pada material aspal lainnya yaitu aspal, agregat dan semen sehingga limbah asbes yang berbahaya ini akan mengeras oleh aspal panas 170°C, kemudian akan terikat dan terbungkus oleh agregat dan semen sehingga lebih aman. Bahan asbes mempunyai banyak peranan dan manfaat dalam kegiatan industri. Pemanfaatan serat asbes terutama dikaitkan pada sifatnya yang khas, yaitu : sangat kuat, tahan terhadap bahan kimia serta kemampuannya bertahan pada temperatur tinggi. Secara umum, asbes merupakan jenis bahan yang cukup ringan, tahan api serta kedap air. Berdasarkan hasil pengujian SEM (*Scanning Electron Microscope*) di laboratorium *Fire Engineering* Universitas Negeri Jakarta, didapatkan hasil bahwa limbah serbuk asbes dari PT. Djabesmen di Cikarang, Bekasi memiliki unsur Kalsium (Ca) 26,34%, Besi (Fe) 1,35%, Silika (Si) 5,49%, Magnesium (Mg) 1,50% , Kalium (K) 0,89%, Sulfur (S) 1,90%, dan Oksigen (O) 62,53%.

Filler limbah serbuk asbes merupakan salah satu bahan perekat yang jika dicampur dengan air mampu mengikat bahan-bahan padat seperti pasir dan batu menjadi suatu kesatuan kompak. Sifat pengikatan filler serbuk asbes ditentukan oleh susunan kimia yang dikandungnya. Fungsi filler serbuk asbes adalah mengikat butir-butir agregat hingga membentuk suatu massa padat dan mengisi rongga-rongga udara di antara butir-butir agregat. Walaupun komposisi filler limbah serbuk asbes dalam komposisi agregat hanya sekitar 1%, namun karena fungsinya sebagai bahan pengikat maka peranan filler menjadi penting. Sehingga dengan pemanfaatan limbah serbuk asbes sebagai *filler* ini diharapkan menghasilkan perpaduan yang baik antara agregat kasar, agregat halus, aspal dan *filler* yang nantinya akan diperoleh lapisan permukaan yang lentur dan dapat mendukung beban lalu lintas dengan baik dan nyaman tanpa mengalami deformasi atau kerusakan yang berarti dalam jangka waktu tertentu.

Hasil pengujian analisa saringan limbah serbuk asbes yang dilakukan di balai irigasi mencapai 100% yang lolos saringan dengan ukuran saringan no.200 dan didapat berat jenis sebesar 2,54 memenuhi syarat berat jenis minimal 2,5 dan gradasinya memenuhi spesifikasi pengujian analisa saringan *filler* (SNI 03-4142-1996)

2.1.6. Parameter Pengujian Marshall

Metode pengujian *Marshall* merupakan metode yang paling umum dipergunakan dan distandarisasikan dalam Pelaksanaan Lapis Aspal Beton (Laston) Untuk Jalan Raya (SNI 03-3425-1994). Rancangan campuran berdasarkan metode Marshall ditemukan oleh Bruce Marshall, dan telah distandarisasi oleh ASTM ataupun AASHTO melalui beberapa modifikasi

(ASTM D 1559-76) (AASHTO T245-90). Prinsip dasar metode Marshall adalah pemeriksaan stabilitas dan kelelahan (flow), serta analisis kepadatan dan pori dari campuran padat yang terbentuk. Alat Marshall merupakan alat tekan yang dilengkapi dengan *proving ring* (cincin penguji) berkapasitas 22,2 KN (5000 lbs) dan *flowmeter*. *Proving ring* digunakan untuk mengukur nilai stabilitas, dan *flowmeter* untuk mengukur kelelahan plastis atau flow.

Karakteristik campuran panas agregat aspal dapat diukur dari sifat-sifat *Marshall* yang ditunjukkan pada nilai-nilai sebagai berikut:

2.1.6.1. Kerapatan (*Density*)

Density merupakan tingkat kerapatan campuran setelah campuran dipadatkan. Semakin tinggi nilai *density* suatu campuran menunjukkan bahwa kerapatannya semakin baik. Nilai *density* dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti gradasi campuran, jenis dan kualitas bahan penyusun, faktor pemadatan baik jumlah pemadatan maupun temperatur pemadatan, penggunaan kadar aspal dan penambahan bahan *additive* dalam campuran. Campuran dengan nilai *density* yang tinggi akan mampu menahan beban yang lebih besar dibanding dengan campuran yang memiliki nilai *density* yang rendah, karena butiran agregat mempunyai bidang kontak yang luas sehingga gaya gesek (*friction*) antar butiran agregat menjadi besar. Selain itu *density* juga mempengaruhi kekedapan campuran, semakin besar nilai *density*, maka akan semakin kedap terhadap air dan udara.

Nilai kerapatan (*density*) dapat dicari dengan rumus:

$$\text{Density} = \frac{\text{Berat benda uji}}{\text{Volume benda uji}}$$

2.1.6.2. Stabilitas (*Stability*)

Stabilitas merupakan kemampuan lapis keras untuk menahan deformasi akibat beban lalu lintas yang bekerja di atasnya tanpa mengalami perubahan bentuk tetap seperti gelombang (*wash boarding*) dan alur (*rutting*). Nilai stabilitas dipengaruhi oleh bentuk, kualitas, tekstur permukaan dan gradasi agregat yaitu gesekan antar butiran agregat (*internal friction*) dan penguncian antar agregat (*interlocking*), daya lekat (*cohesion*) dan kadar aspal dalam campuran. Penggunaan aspal dalam campuran akan menentukan nilai stabilitas campuran tersebut. Seiring dengan penambahan aspal, nilai stabilitas akan meningkat hingga batas maksimum. Penambahan aspal di atas batas maksimum justru akan menurunkan stabilitas campuran itu sendiri sehingga lapis perkerasan menjadi kaku dan bersifat getas. Nilai stabilitas berpengaruh pada fleksibilitas lapis perkerasan yang dihasilkan. Nilai stabilitas yang disyaratkan adalah lebih dari 800 kg. Lapis perkerasan dengan stabilitas kurang dari 800 kg akan mudah mengalami *rutting*, karena perkerasan bersifat lembek sehingga kurang mampu mendukung beban. Sebaliknya jika stabilitas perkerasan terlalu tinggi maka perkerasan akan mudah retak karena sifat perkerasan menjadi kaku.

Nilai stabilitas didapat dari pembacaan arloji stabilitas pada saat pengujian *Marshall*.

2.1.6.3. Void In Mineral Aggregate (VMA)

Void in Mineral Aggregate (VMA) adalah rongga udara antar butir agregat aspal padat, termasuk rongga udara dan kadar aspal efektif yang dinyatakan dalam persen terhadap total volume. Kuantitas rongga udara berpengaruh terhadap kinerja suatu campuran, karena jika *VMA* terlalu kecil maka

campuran bisa mengalami masalah durabilitas dan jika *VMA* terlalu besar maka campuran bisa memperlihatkan masalah stabilitas dan tidak ekonomis untuk diproduksi. Nilai *VMA* dipengaruhi oleh faktor pemadatan, yaitu jumlah dan temperatur pemadatan, gradasi agregat dan kadar aspal. Nilai *VMA* ini berpengaruh pada sifat kekedapan campuran terhadap air dan udara serta sifat elastis campuran. Dapat juga dikatakan bahwa nilai *VMA* menentukan stabilitas, fleksibilitas dan durabilitas. Nilai *VMA* minimum yang disyaratkan adalah 15 %. *VMA* dihitung menggunakan rumus:

$$VMA = 100 \times \frac{G_{mb} \times P_s}{G_{sb}}$$

Keterangan:

VMA = Kadar rongga antara mineral agregat. (%)

G_{mb} = Berat Jenis curah campuran padat. (gr/cc)

G_{sb} = Berat jenis curah agregat. (gr/cc)

2.1.6.4. Void in The Mix (VIM)

Void in The Mix (VIM) merupakan persentase rongga yang terdapat dalam total campuran. Nilai *VIM* berpengaruh terhadap keawetan lapis perkerasan, semakin tinggi nilai *VIM* menunjukkan semakin besar rongga dalam campuran sehingga campuran bersifat porous. Hal ini mengakibatkan campuran menjadi kurang rapat sehingga air dan udara mudah memasuki rongga-rongga dalam campuran yang menyebabkan aspal mudah teroksidasi sehingga menyebabkan lekatan antar butiran agregat berkurang sehingga terjadi pelepasan butiran (*ravelling*) dan pengelupasan permukaan (*stripping*) pada lapis perkerasan. Nilai *VIM* yang terlalu rendah akan menyebabkan *bleeding* karena suhu yang tinggi, maka viskositas aspal menurun sesuai sifat termoplastisnya.

Pada saat itu apabila lapis perkerasan menerima beban lalu lintas maka aspal akan terdesak keluar permukaan karena tidak cukupnya rongga bagi aspal untuk melakukan penetrasi dalam lapis perkerasan.

Nilai *VIM* yang lebih dari ketentuan akan mengakibatkan berkurangnya keawetan lapis perkerasan, karena rongga yang terlalu besar akan mudah terjadi oksidasi. *VIM* dihitung dengan rumus:

$$VIM = 100 \times \frac{G_{mm} - G_{mb}}{G_{mm}}$$

Keterangan:

VIM = Kadar rongga dalam campuran. (%)

G_{mb} = Berat jenis curah campuran padat. (gr/cc)

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

2.1.6.5. Void Filled With Asphalt (VFA)

Void Filled With Asphalt (VFA) merupakan persentase rongga terisi aspal pada campuran setelah mengalami proses pemadatan, yaitu jumlah dan temperatur pemadatan, gradasi agregat dan kadar aspal. Nilai *VFA* berpengaruh pada sifat kedapcampuran terhadap air dan udara serta sifat elastisitas campuran. Dengan kata lain *VFA* menentukan stabilitas, fleksibilitas dan durabilitas. Semakin tinggi nilai *VFA* berarti semakin banyak rongga dalam campuran yang terisi aspal sehingga kedapcampuran terhadap air dan udara juga semakin tinggi, tetapi nilai *VFA* yang terlalu tinggi akan menyebabkan *bleeding*. Nilai *VFA* yang terlalu kecil akan menyebabkan campuran kurang kedap terhadap air dan udara karena lapisan *film* aspal akan menjadi tipis dan akan mudah retak bila menerima penambahan beban sehingga campuran aspal mudah teroksidasi yang akhirnya menyebabkan lapis perkerasan tidak tahan lama.

VFA dapat dihitung dengan rumus:

$$VFA = 100 \times \frac{VMA - VIM}{VMA}$$

Keterangan:

VFA = Rongga terisi aspal, persen terhadap VMA.

VMA = Rongga di antara mineral agregat.

VIM = Rongga dalam campuran.

2.1.6.6. Kelelehan (*Flow*)

Kelelehan (*Flow*) adalah besarnya deformasi vertikal benda uji yang terjadi pada awal pembebanan sehingga stabilitas menurun, yang menunjukkan besarnya deformasi yang terjadi pada lapis perkerasan akibat menahan beban yang diterimanya. Deformasi yang terjadi erat kaitannya dengan sifat-sifat *Marshall* yang lain seperti stabilitas, *VIM* dan *VFA*. Nilai *VIM* yang besar menyebabkan berkurangnya *interlocking resistance* campuran dan dapat berakibat timbulnya deformasi. Nilai *VFA* yang berlebihan juga menyebabkan aspal dalam campuran berubah konsistensinya menjadi pelicin antar batuan. Nilai *flow* dipengaruhi oleh kadar dan viskositas aspal, gradasi agregat jumlah dan temperatur pemadatan. Campuran yang memiliki angka kelelehan rendah dengan stabilitas tinggi cenderung menjadi kaku dan getas. Sedangkan campuran yang memiliki angka kelelehan tinggi dan stabilitas rendah cenderung plastis dan mudah berubah bentuk apabila mendapat beban lalu lintas. Kerapatan campuran yang baik, kadar aspal yang cukup dan stabilitas yang baik akan memberikan pengaruh penurunan nilai *flow*. Nilai *flow* yang rendah akan mengakibatkan campuran menjadi kaku sehingga lapis perkerasan menjadi mudah retak, sedangkan campuran dengan nilai *flow* tinggi akan menghasilkan lapis perkerasan yang plastis sehingga perkerasan

akan mudah mengalami perubahan bentuk seperti gelombang (*washboarding*) dan alur (*rutting*). Nilai flow itu sendiri dapat langsung dibaca pada arloji *flow* saat pengujian *Marshall* dengan satuan mm.

2.1.6.7. Hasil bagi Marshall (Marshall Quotient)

Marshall Quotient merupakan hasil bagi antara stabilitas dengan *flow*. Nilai *Marshall Quotient* akan memberikan nilai fleksibilitas campuran. Semakin besar nilai *Marshall Quotient* berarti campuran semakin kaku, sebaliknya bila semakin kecil nilainya maka campuran semakin lentur. Nilai *Marshall Quotient* dipengaruhi oleh stabilitas dan *flow*. Nilai *Marshall Quotient* yang disyaratkan minimal 200 kg/mm. Nilai *Marshall Quotient* dibawah 200 kg/mm mengakibatkan perkerasan mudah mengalami *washboarding*, *rutting* dan *bleeding*.

$$MQ = \frac{o}{p}$$

Keterangan:

MQ = Marshall Quotient (kg/mm)

o = Nilai Stabilitas (kg)

p = Nilai kelelahan plastis / *flow* (mm)

2.1.7. Penelitian Relevan

1. Pemanfaatan Limbah Asbes Untuk Pembuatan Batako (Daru, 2013).

Penggantian limbah asbes adalah 0 %, 25%, 50%, 75% dan 100% dari berat semen. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kuat tekan bata beton berlubang dengan substitusi 0% kuat tekan yang diperoleh 92,90 kg/cm². Kuat tekan bata beton berlubang dengan substitusi 25% kuat tekan yang diperoleh 88,3

kg/cm². Kuat tekan bata beton berlubang dengan substitusi 50% kuat tekan yang diperoleh 79,6 kg/cm². Kuat tekan bata beton berlubang dengan substitusi 75% kg/cm². kuat tekan yang diperoleh 68,8 kg/cm². Kuat tekan bata beton berlubang dengan substitusi 100% kuat tekan yang diperoleh 61,7% kg/cm².

2. Pengaruh Penggunaan Filler Fly Ash Terhadap Nilai Karakteristik Campuran Aspal Emulsi Bergradasi Rapat (CEBR) (Mutohar, 2002).

Pada penelitian ini digunakan *filler fly ash* dengan kadar variasi 0%, 1,6%, 4,6%, 6,1%, dan 7,6% dari berat agregat dengan kadar aspal pada campuran sebesar 4,375 %, 5,625 %, 6,25 %, dan 6,875 %. Dari hasil penelitian ini, menunjukkan bahwa campuran yang memenuhi spesifikasi yaitu campuran benda uji pada variasi penambahan kadar *filler* 4,6 % dengan kadar aspal 5,625 %. Dimana nilai *density* dan *Void Filled With Asphalt* (VWA) mengalami penurunan dan nilai *Void In The Mix* (VIM) mengalami peningkatan, sedangkan nilai stabilitas, *flow*, dan *Marshall Quotient* (QM) mengalami peningkatan dan penurunan yang tidak konstan akibat penambahan kadar filler serbuk keramik pada setiap variasi campurannya.

3. Analisis Campuran Aspal Dengan Limbah Padat Industri Manufaktur Berupa *Fly Ash Finishing* Sebagai Bahan *Filler* (Fahmi, 2007).

Pada penelitian ini digunakan komposisi campuran *filler* limbah *fly ash finishing* dan *filler* konvensional dengan kadar 0%, 25%, 50%, 75%, dan 100%. Kadar aspal yang digunakan yaitu antara 5% – 7%. Dari hasil penelitian tersebut, yang diperoleh melalui analisa dengan tes *Marshall* menunjukkan bahwa limbah padat yang dikomposisikan pada campuran aspal tersebut memenuhi

standar untuk kadar aspal 6,5% dengan komposisi *filler* antara 0% - 75% limbah.

2.2. Kerangka Berpikir

Berdasarkan bahan pengikatnya lapisan perkerasan dibagi menjadi lapis perkerasan lentur, kaku, dan komposit. Perkerasan lentur terdiri dari lapisan permukaan (*surface course*), lapisan pondasi atas (*base course*), lapisan pondasi bawah (*subbase course*), dan lapisan tanah dasar (*sub grade*). Lapis permukaan adalah bagian perkerasan jalan yang paling atas. Lapis permukaan adalah lapisan penutup konstruksi jalan yang mempunyai nilai struktural.

Material penyusun lapis aspal permukaan terdiri dari agregat, aspal, dan Bahan pengisi (*filler*). Aspal material berwarna hitam atau coklat tua dan merupakan senyawa dari *hydrocarbon* dan turunannya. Aspal bersifat viskoelastis, sehingga akan melunak dan mencair bila mendapat cukup pemanasan sehingga dapat membungkus partikel agregat pada waktu pembuatan aspal beton atau dapat masuk ke dalam pori-pori yang ada pada penyemprotan/penyiraman pada perkerasan jalan. Agregat didefinisikan sebagai material granular misalnya pasir, kerikil, dan batu pecah yang dipakai bersama-sama dengan suatu media pengikat. Bahan pengisi (*filler*) adalah suatu mineral agregat dari fraksi halus yang sebagian besar ($\pm 85\%$) lolos saringan nomor 200 (0,075 mm).

Limbah serbuk asbes mempunyai banyak peranan dan manfaat dalam kegiatan industri. Pemanfaatan serat asbes terutama dikaitkan pada sifatnya yang khas, yaitu : sangat kuat, tahan terhadap bahan kimia serta kemampuannya bertahan pada temperatur tinggi. Secara umum, asbes merupakan jenis bahan yang cukup ringan, tahan api serta kedap air. Dilihat dari sudut pandang ilmu kimia, asbes

adalah salah satu zat terdiri dari magnesium (Mg) – calcium (Ca) – silikat (Si) berbangun serat dengan sifat fisiknya yang sangat kuat. Jika ditinjau dari berat jenis, gradasi serta unsur kandungan yang terkandung di dalamnya, maka limbah serbuk asbes dapat digunakan sebagai *filler* untuk lapis aspal beton.

Tahun 2013 penelitian mengenai pemanfaatan limbah asbes sebagai bahan pengganti sebagian semen pada batako berlubang telah dilakukan oleh Setiyo Daru Cahyono dengan variasi bubuk limbah asbes 0%, 25%, 50%, 75% dan 100%. Penelitian tersebut menghasilkan batako yang lebih ringan dengan kuat tekan yang lebih rendah, berat volume yang semakin rendah dan mempunyai nilai porositas yang semakin tinggi.

Berdasarkan hal tersebut di atas maka perlu diteliti lebih lanjut mengenai pengaruh limbah serbuk asbes pada campuran aspal. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui apakah limbah serbuk asbes mampu menghasilkan nilai optimalisasi dengan penambahan persentase limbah serbuk asbes yang merujuk pada penelitian sebelumnya. Maka akan dilakukan penelitian dengan penambahan persentase 4%, 5%, 6%, 7% dan 8% kadar aspal dan 100% serbuk asbes dari berat bahan pengisi (*filler*) terhadap parameter pengujian Marshall.

2.3. Hipotesis Statistik

Berdasarkan kerangka berpikir tersebut dapat diduga bahwa penggunaan Limbah Serbuk Asbes akan meningkatkan parameter *Marshall* yang berarti dapat dijadikan bahan alternatif *filler* yang digunakan untuk lapis perkerasan aspal beton atau dinyatakan dalam hipotesis statistik.

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui nilai parameter *Marshall* dari variasi limbah serbuk asbes sebagai alternatif bahan pengisi (*filler*) dalam campuran aspal lapis permukaan aus AC-WC.

3.2. Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan mulai bulan Agustus 2016 sampai November 2016. Keseluruhan pengujian meliputi pengujian sifat fisik bahan hingga pengujian *Marshall* dilakukan di Laboratorium Jalan Balai Irigasi Departemen Pekerjaan Umum yang terletak di jalan Cut Mutiah Bekasi Timur. Material limbah serbuk asbes diperoleh dari PT. Djabesmen di Cikarang, Bekasi.

3.3. Metode Penelitian

Metode penelitian dilihat dari perspektif cara pengumpulan data, yaitu dengan menggunakan metode penelitian eksperimen yang kemudian ditunjang dengan berbagai literatur yang erat hubungannya dengan pokok masalah. Semua bahan campuran berupa agregat dan aspal diuji sifat fisik bahan terlebih dahulu sebelum dicampur. Kemudian dari campuran tersebut dibuat benda uji berbentuk silinder dengan diameter 10,16 cm dan tinggi 7,62 cm yang menggunakan bahan pengisi (*filler*) limbah serbuk asbes sebagai pengganti seluruh semen.

3.4. Pengambilan Sampel

Pengambilan sampel dalam penelitian ini mencakup pemilihan populasi dan penentuan sampel sebagai berikut:

3.4.1. Populasi

Populasi adalah kumpulan dari semua aspal dengan menggunakan limbah serbuk asbes dan semen (bahan pengisi aspal non-limbah) sebagai bahan pengisi (*filler*) sejumlah 36 buah.

3.4.2. Sampel

Sampel yang akan diuji dalam penelitian berjumlah 36 sampel yang merupakan keseluruhan dalam populasi yang akan diuji parameter *Marshall* nya.

Tabel 3.1. Sampel Benda Uji

Variasi Kadar Aspal	Diameter	Tinggi	Jumlah benda uji yang menggunakan bahan pengisi (<i>filler</i>) dengan Limbah Serbuk Asbes
4%	101,6 mm (4 in)	76,2 mm (3 in)	6
5%			6
6%			6
7%			6
8%			6
6% (konvensional)			6 (konvensional)
Jumlah			36

3.5. Prosedur Penelitian

Prosedur pada penelitian ini meliputi: tahap persiapan, tahap pemeriksaan bahan, tahap perencanaan proporsi campuran (*mix design*), tahap pembuatan benda uji, tahap pengujian *marshall* benda uji. Penjelasan mengenai prosedur kerja tersebut adalah sebagai berikut:

3.5.1. Tahap Persiapan

Dalam persiapan penelitian ini dilakukan segala hal yang mendukung terlaksananya proses penelitian. Perlengkapan yang digunakan dalam penelitian

ini berdasarkan perencanaan campuran Metode Bina Marga, perlengkapan peralatan dan bahan yang akan digunakan dalam penelitian ini, yaitu :

3.5.1.1. Peralatan

Terdiri atas :

1. 6 buah cetakan benda uji diameter 101,6 mm (4 in), tinggi 76,2 mm (3 in) lengkap dengan pelat atas dan leher sambung.
2. Mesin penumbuk manual atau otomatis lengkap dengan :
 - a. Penumbuk yang mempunyai permukaan tumbuk rata yang berbentuk silinder, dengan berat 4.536 gram (± 9 gram), tinggi jatuh bebas 457,2 mm $\pm 15,24$ mm (18 inch $\pm 0,6$ in).
 - b. Landasan pemadat terdiri atas balok kayu (jati atau yang sejenis) mempunyai berat isi 0,67 – 0,77 kg/cm³ (dalam kondisi kering) dengan ukuran 203,2 x 203,2 x 457,2 mm (8 x 8 x 18 in) dilapisi dengan pelat baja berukuran 304,8 x 304,8 x 25,4 mm (12 x 12 x 1 in) dan dijangkarkan pada lantai beton di keempat bagian sudutnya.
 - c. Pemegang cetakan benda uji.
3. Alat pengeluar benda uji; untuk mengeluarkan benda uji yang sudah dipadatkan dari dalam cetakan, digunakan alat pengeluar benda uji (*extruder*) dengan diameter 100 mm (3,95 in).
4. Alat *marshall* lengkap dengan :
 - a. Kepala penekan (*breaking head*) berbentuk lengkung, dengan jari-jari bagian dalam 50,8 mm (2 in);
 - b. Dongkrak pembebanan (*loading jack*) yang digerakkan secara elektrik dengan kecepatan pergerakan vertikal 50,8 mm/menit (2 in/menit);

- c. Cincin penguji (*proving ring*) dengan kapasitas 2500 kg dan atau 5000 kg, dilengkapi arloji (*dial*) tekan dengan ketelitian 0,0025 mm (0,001 in).
 - d. Arloji pengukur pelelehan dengan ketelitian 0,25 mm (0,1 in) beserta perlengkapannya.
5. Oven, yang dilengkapi dengan pengatur temperatur yang mampu memanaskan campuran sampai $200^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$;
 6. Bak perendam (*water bath*) dengan kedalaman 152,4 mm (6 in) yang dilengkapi dengan pengatur temperatur yang dapat memelihara temperatur bak perendam pada $60^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$;
 7. Timbangan yang dilengkapi dengan penggantung benda uji berkapasitas 2 kg dengan ketelitian 0,1 gram dan timbangan berkapasitas 5 kg dengan ketelitian 1 gram;
 8. Pengukur suhu dari logam (*metal thermometer*) berkapasitas 250°C dan 100°C dengan ketelitian 1% dari kapasitas.
 9. Perlengkapan lain :
 - a. Wadah untuk memanaskan agregat, aspal dan campuran beraspal;
 - b. Sendok pengaduk dan spatula.
 - c. Kompor atau pemanas (*hot plate*).
 - d. Sarung tangan dari asbes, karet serta pelindung pernafasan (masker).
 - e. Kantong plastik kapasitas 2 kg,
 - f. Kompor gas elpiji atau minyak tanah.

3.5.1.2. Bahan

1. Aspal keras penetrasi 80 dari Pertamina Cilacap.

2. Agregat kasar (*split*) dengan ukuran maksimum 19 mm yang berasal dari Bekasi.
3. Agregat halus berupa 100 % pasir gunung yang diambil dari pangkalan pasir di daerah Bekasi.
4. Bahan pengisi (*filler*) semen PC merek Tiga Roda dari PT. Indocement Tunggal Prakarsa Tbk. jenis I yang sudah memenuhi SNI 15-7064-2004.
5. Bahan pengisi (*filler*) limbah serbuk asbes dari industri Djabesmen Cikarang, Bekasi.

3.5.2. Tahap Pemeriksaan

Sebelum bahan-bahan yang sudah tersedia digunakan dalam penelitian, maka harus diadakan pemeriksaan terhadap bahan-bahan tersebut. adapun pemeriksaan terhadap tiap-tiap bahan adalah sebagai berikut:

1. Semen Portland

Semen Portland yang digunakan dalam penelitian hanya akan diuji pengayakan sesuai dengan SNI 03-4142-1996. Indeks plastisitas tidak diuji pada semen pc karena tidak disyaratkan pada SK SNI M-1996-1990-F.

2. Agregat kasar

Pemeriksaan terhadap agregat kasar meliputi ketahanan agregat terhadap keausan, berat jenis, dan penyerapan terhadap air.

3. Agregat halus

Pemeriksaan terhadap agregat halus meliputi kadar unsur, kadar lumpur, berat jenis, dan penyerapan terhadap air.

4. Aspal

Pemeriksaan terhadap aspal meliputi uji penetrasi, titik lembek, daktilitas, titik nyala, dan berat jenis.

3.5.3. Tahap Perencanaan Campuran

Gradasi agregat gabungan dengan menggunakan spesifikasi campuran beraspal panas dengan kepadatan mutlak harus memenuhi gradasi seperti diisyaratkan dalam spesifikasi (SNI 03-4142-1996). Penggabungan gradasi agregat dalam campuran rencana dapat dilakukan dengan cara analitis.

3.5.3.1. Perencanaan Agregat Gabungan Cara Analitis

Kombinasi agregat dari beberapa fraksi dapat digabungkan dengan persamaan dasar, yaitu :

$$P = Aa + Bb + Cc + \dots$$

Dengan pengertian :

P = persen lolos agregat campuran dengan ukuran tertentu

A, B, C = persen lolos agregat pada saringan masing-masing ukuran

a, b, c = proporsi masing-masing agregat yang digunakan dengan jumlah total 100 %

Persamaan dasar di atas dapat digunakan untuk penggabungan beberapa fraksi agregat, diantaranya :

- a. Rumus dasar penggabungan gradasi dari dua jenis fraksi agregat :

$$P = Aa + Bb$$

$$\text{Untuk } a + b = 1 \text{ maka : } a = 1 - b$$

Dengan pengertian :

P = persen lolos agregat campuran dengan ukuran tertentu

A, B = persen bahan yang lolos saringan masing-masing ukuran

a, b = proporsi masing-masing agregat yang digunakan, jumlah total 100%

Dengan menggunakan persamaan di atas dapat dihitung :

$$b = \frac{P-A}{B-A} \text{ atau } a = \frac{P-B}{A-B}$$

b. Rumus dasar penggabungan gradasi tiga jenis fraksi agregat :

$$P = Aa + Bb + Cc$$

Dengan menggunakan persamaan diatas dapat dihitung $a = \frac{B-P}{B-C}$

dengan pengertian :

P = persen lolos agregat campuran dengan ukuran tertentu

A, B, C = persen lolos agregat pada saringan masing-masing ukuran

a, b, c = proporsi masing-masing agregat yang digunakan dengan jumlah total 100 %

Persen kombinasi masing-masing ukuran agregat harus mendekati persen yang diperlukan untuk kombinasi agregat. Gradasi campuran tidak boleh keluar dari titik kontrol atau batas gradasi yang diisyaratkan dan sedapat mungkin harus berada diantara titik-titik kontrol gradasi (tidak perlu di tengah-tengah batas gradasi tersebut dan tidak memotong zona terbatas).

3.5.3.2. Perencanaan Agregat Gabungan Cara Grafik

Tahapan penggabungan gradasi agregat secara grafis dengan diagonal untuk 3 fraksi agregat adalah sebagai berikut:

- a. Buat kotak grafik dengan perbandingan 2 : 1.
- b. Bagi sumbu vertikal menjadi 100 bagian, dari 0 sampai 100 dalam suatu persen. Tandai sumbu vertikal sebagai persen lolos saringan.

- c. Tarik garis diagonal antara titik 0 sebelah bawah kiri ke sudut kanan atas.
- d. Plotkan titik-titik yang menunjukkan titik tengah kontrol gradasi yang disyaratkan sesuai dengan persen lolos masing-masing bahan.
- e. Tarik garis dari titik-titik di atas tegak lurus sejajar garis tepi.
- f. Cantumkan masing-masing ukuran butir di bawah ujung garis vertikal pada perpotongannya dengan batas horisontal kotak bagian bawah.
- g. Plotkan gradasi agregat fraksi A,B dan C masing-masing sesuai dengan persentase lolos dan hubungkan titik-titik tersebut.
- h. Tarik garis s yang memotong fraksi A dan B sama panjang pada bagian atas dan bawah dari kotak ($x_1 = x_2$).
- i. Beri tanda perpotongan garis s dengan diagonal sebagai titik R.
- j. Ulangi penarikan garis sehingga jarak antara perpotongan garis dengan fraksi gradasi A (y_1) sama panjang dengan jumlah jarak yang memotong fraksi gradasi B dan fraksi gradasi C, sehingga $y_1 = y_2 + y_3$;karena $y_3 = 0$ maka $y_1 = y_2$. Tandai titik perpotongan antara garis diagonal dengan garis ABC ke titik S.
- l. Tarik garis horisontal dari titik R dan S masing-masing ke sebelah kiri sehingga memotong tepi kotak di R' dan S'.
- m. Proporsi fraksi agregat A dan B dapat ditentukan dengan melihat bagian atas, misal diperoleh proporsi fraksi agregat A = 50 %, bagian tengah sebagai proporsi fraksi agregat B = 43% dan bagian bawah sebagai proporsi fraksi agregat C = 7%.

- n. Periksa apakah proporsi yang diperoleh tersebut sudah benar atau tidak dengan cara perhitungan dan persyaratan. Jika tidak, proporsi diubah kembali dengan cara coba-coba.

3.5.3.3. Penentuan Kadar Aspal Rencana

Salah satu cara untuk menentukan kadar aspal yang diperkirakan adalah dengan rumus dengan metode sebagai berikut (Permen PU No.28/PRT/M/2007):

$$P = 0,035 (a) + 0,045 (b) + 0,18 (c) + k$$

Dengan pengertian:

P = Perkiraan nilai kadar aspal (% terhadap berat campuran)

a = Persen agregat yang tertahan saringan No.8

b = Persen agregat yang lolos saringan No.8 dan tertahan saringan No.200

c = Persen agregat yang lolos saringan No.200

k = Nilai konstanta sekitar 0,5 sampai dengan 1,0

3.5.4. Tahap Pembuatan Benda Uji

Setelah seluruh tahap perencanaan sudah dilakukan dan sudah didapatkan persentase pencampuran agregat dan aspal yang pasti, maka dapat dilanjutkan ke tahap selanjutnya yaitu tahap pembuatan benda uji. Dalam tahapan pembuatan benda uji atau spesimen pengujian *Marshall* dilakukan dengan Metode Bina Marga sebagai berikut:

- a. Keringkan agregat pada suhu 105° - 110°C minimum selama 4 jam, keluarkan dari alat pengering (oven) dan tunggu sampai beratnya tetap.
- b. Pisahkan agregat ke dalam fraksi-fraksi yang dikehendaki (sesuai spesifikasi) dengan cara penyaringan.

- c. Siapkan bahan untuk setiap benda uji yang diperlukan yaitu agregat sebanyak ± 1200 gram sehingga menghasilkan tinggi benda uji kira-kira $63,5 \text{ mm} \pm 1,27 \text{ mm}$.
- d. Pencampuran agregat agar sesuai dengan gradasi yang diinginkan dilakukan dengan cara mengambil nilai tengah dari batas spesifikasi. Untuk memperoleh berat agregat yang diperlukan dari masing-masing fraksi untuk membuat satu benda uji adalah dengan mengalikan nilai tengah tersebut terhadap total berat agregat.
- e. Panaskan panci pencampur beserta agregat kira-kira 28°C di atas suhu pencampuran untuk aspal padat, bila menggunakan aspal cair pemanasan sampai 14°C diatas suhu pencampuran.
- f. Tuangkan aspal yang sudah mencapai tingkat kekentalan sebanyak yang dibutuhkan ke dalam agregat yang sudah dipanaskan tersebut, kemudian aduklah dengan cepat, dengan tetap mempertahankan masih di dalam rentang suhu pemadatan, sampai agregat terselimuti aspal secara merata.
- g. Sementara itu, atau sebelumnya, perlu disiapkan alat untuk memadatkan, yaitu dengan membersihkan perlengkapan cetakan benda uji serta bagian muka penumbuk dengan seksama dan panaskan sampai suhu antara $93,3 - 148,9^{\circ}\text{C}$.
- h. Letakkan cetakan di atas landasan pematat dan tahan dengan pemegang cetakan.
- i. Letakkan selembur kertas saring atau retas penghisap yang sudah digunting menurut ukuran cetakan ke dalam dasar cetakan.

- j. Masukkan seluruh campuran ke dalam cetakan dan tusuk-tusuk campuran keras-keras dengan spatula yang dipanaskan sebanyak 15 kali keliling pinggirannya dan 10 kali di bagian tengahnya.
- k. Siapkan alat pemadat dan lakukan pemadatan dengan menumbuk spesimen dengan jumlah tumbukan sebanyak ± 75 tumbukan, atau disesuaikan dengan jenis lalu lintas yang direncanakan.
- l. Tumbukan dilakukan dengan tinggi jatuh 457,2 mm dan selama pemadatan harus diperhatikan agar kedudukan sumbu palu pemadat selalu tegak lurus pada alas cetakan.
- m. Lepaskan pelat alas berikut leher sambung dari cetakan benda uji kemudian cetakan yang berisi benda uji dibalikkan dan pasang kembali pelat alas berikut leher sambung pada cetakan yang dibalikkan tadi. Lakukan penumbukan lagi dengan jumlah yang sama.
- n. Lepaskan keping alas dan dinginkan sampai diperkirakan tidak akan terjadi perubahan bentuk jika benda uji dikeluarkan dari mold. Untuk mempercepat proses pendinginan, dapat digunakan kipas angin. Proses pendinginannya biasanya dilakukan sekitar 2 – 3 jam.
- o. Keluarkan benda uji atau spesimen *marshall* dari mold dengan hati-hati dan kemudian letakkan spesimen permukaan yang rata dan biarkan sampai benar-benar dingin sebaiknya didiamkan pada suhu ruang selama 24 jam.

3.5.5. Tahap Pengujian

Ada tiga tahap pengujian yang dilakukan dari metode *Marshall* yaitu melakukan pengukuran berat jenis, pengukuran stabilitas dan flow, serta pengukuran kerapatan dan analisa rongga.

Sebelum dilakukan pengujian spesimen atau benda uji *Marshall* perlu dilakukan hal-hal sebagai berikut:

- a. Benda uji harus bersih dari kotoran organik, minyak, kertas dan sebagainya.
- b. Setiap benda uji diberi tanda pengenal yang mencirikan minimal jumlah aspal yang diberikan.
- c. Ukur tinggi masing-masing benda uji dengan menggunakan jangka sorong dengan ketelitian 0,1 mm. tinggi benda uji adalah rata-rata dari 3 kali pengukuran.

3.5.5.1. Pengukuran Berat Jenis Campuran

Dalam pengukuran berat jenis campuran pada tahap ini didasarkan pada ASTM D2726. Pengukuran berat jenis campuran meliputi:

- a. Timbang benda uji dan didapatkan berat benda uji kering
- b. Masukkan benda uji ke dalam air bersuhu 25°C selama 3 – 5 menit dan kemudian ditimbang untuk mendapatkan berat benda uji dalam air.
- c. Angkat benda uji dari dalam air, selimuti dengan kain yang dapat menyerap air, dan segera timbang untuk mendapatkan berat benda uji kondisi jenuh – kering permukaan (SSD). Penyelimutan dengan kain adalah hanya untuk menghilangkan air yang berada di permukaan dan dilakukan dengan cepat. Proses dari sejak pengambilan benda uji dari dalam air, penyelimutan dengan kain, dan penimbangan sebaiknya dilakukan tidak lebih dari 30 detik.
- d. Berat jenis curah (*Bulk Specific Gravity*) benda uji adalah berat benda uji kering / (berat benda uji kondisi jenuh kering permukaan – berat benda uji dalam air)

3.5.5.2. Pengukuran Stabilitas dan Flow

1. Rendamlah benda uji dalam bak perendam (*water bath*) selama 30 – 40 menit dengan suhu tetap $(60 \pm 1)^{\circ}\text{C}$.
2. Keluarkan benda uji dari bak perendam atau dari oven dan letakkan ke dalam segmen bawah kepala penekan dengan catatan bahwa waktu yang diperlukan dari saat diangkatnya benda uji dari bak perendaman sampai tercapainya beban maksimum tidak boleh melebihi 30 detik.
3. Pasang segmen atas di atas benda uji dan letakkan keseluruhannya dalam mesin penguji.
2. Pasang arloji pengukur pelelehan (*Flow*) pada kedudukannya di atas salah satu batang penuntun dan atur kedudukan jarum penunjuk pada angka nol, sementara selubung tangkai arloji (*sleeve*) dipegang teguh terhadap segmen atas kepala penekan.
3. Naikkan kepala penekan beserta benda ujinya dinaikkan hingga menyentuh alas cincin penguji, sebelum pembebanan diberikan.
4. Atur jarum arloji tekan pada kedudukan angka nol.
5. Berikan pembebanan pada benda uji dengan kecepatan tetap sekitar 50 mm per menit sampai pembebanan maksimum tercapai, atau pembebanan menurun seperti yang ditunjukkan oleh jarum arloji tekan dan catat pembebanan maksimum.
6. Catat nilai pelelehan (*flow*) pada saat pembebanan maksimum tercapai.

3.5.5.3. Pengukuran Kerapatan dan Analisa Rongga

Setelah dilakukan pengukuran stabilitas dan kelelahan dengan alat tanifuji, selanjutnya dapat diukur kerapatan dan rongga sebagai berikut:

1. Perhitungan *Bulk Specific Gravity* Agregat:

$$= 100 / \left(\frac{\% \text{ Agregat Kasar}}{BJ_{\text{bulk}} \text{ Agregat Kasar}} + \frac{\% \text{ Agregat Halus}}{BJ_{\text{bulk}} \text{ Agregat Halus}} + \frac{\% \text{ Filler}}{BJ \text{ Filler}} \right)$$

2. Perhitungan *Effective Specific Gravity* Agregat:

$$= 100 / \left(\frac{\% \text{ Agregat Kasar}}{BJ_{\text{efektif}} \text{ Agregat Kasar}} + \frac{\% \text{ Agregat Halus}}{BJ_{\text{bulk}} \text{ Agregat Halus}} + \frac{\% \text{ Filler}}{BJ \text{ Filler}} \right)$$

3. Perhitungan *Bulk Specific Gravity* Campuran:

$$= \frac{\text{Berat Benda Uji Kering}}{\text{Berat Benda Uji Kondisi Jenuh Kering Permukaan} - \text{Berat Benda Uji Dalam Air}}$$

4. Berat Jenis Maksimum Campuran Teoritis (*Max. Theoretical Specific Gravity*)

$$= 100 / \left(\frac{\% \text{ agregat dalam campuran}}{BJ \text{ efektif agregat}} + \frac{\% \text{ aspal dalam campuran}}{BJ \text{ aspal}} \right)$$

5. Volume Benda Uji (Campuran)

$$= \text{Berat Benda Uji Kondisi jenuh Kering Permukaan} - \text{Berat Benda Uji dalam Air}$$

7. Berat isi benda uji (Campuran)

$$= \frac{\text{Bulk Specific Gravity Campuran}}{\text{Volume Benda Uji (Campuran)}}$$

8. Perhitungan Total Rongga dalam Campuran, VIM:

$$= 100 - \frac{100 \times \text{Berat Isi Benda Uji}}{\text{Berat Jenis Maksimum Campuran Teoritis}}$$

9. Perhitungan Jumlah Rongga dalam Agregat (VMA, *void in the mineral aggregate*):

$$= 100 - \frac{(100 - \text{Kadar Aspal Terhadap Campuran}) \times \text{Bulk Specific Gravity Campuran}}{\text{Bulk Specific Gravity Agregate}}$$

10. Rongga Terisi Aspal, VFA (*Void filled With Asphalt*)

$$= 100 - \frac{100 \times (\text{VMA} - \text{VIM})}{\text{VMA}}$$

3.6. Teknik Pengambilan Data

Nilai dari parameter *Marshall* berupa stabilitas dan kelelahan (*flow*) didapatkan dari hasil pengetesan benda uji dengan menggunakan alat *Marshall*. Sedangkan nilai pengukuran kerapatan dan analisa rongga berupa kepadatan, VMA, VIM, VFA/VFB, serta MQ didapat dari hasil perhitungan berdasarkan rumus.

3.7. Teknik Analisis Data

Teknik analisis data yang dihasilkan adalah hasil parameter *Marshall*. Penelitian ini menghasilkan pengolahan data variabel 5 kelompok, 4%, 5%, 6%, 7%, 8% kadar aspal dengan menggunakan 100% limbah serbuk asbes sebagai bahan pengisi (*filler*). Data ini dibuat dalam bentuk grafik dan tabel pada program Microsoft Excel, kemudian dianalisis uji normalitas dengan metode *lilliefors*, uji homogenitas dengan metode *barlett* dan metode uji analisa varians (anava) dari kelima variasi campuran benda uji tersebut yang selanjutnya disimpulkan dengan hipotesis penelitian.

3.8 Hipotesis Statistik

Berdasarkan kerangka berpikir tersebut dapat diduga bahwa penggunaan Limbah Serbuk Asbes akan meningkatkan parameter *Marshall* yang berarti dapat dijadikan bahan alternatif *filler* yang digunakan untuk lapis perkerasan aspal beton atau dinyatakan dalam hipotesis statistik.

❖ Hipotesis 1:

$$H_0: \mu_1 = \mu_o$$

$$H_1: \mu_1 > \mu_o$$

Dimana

μ_0 = campuran aspal dengan tanpa substitusi *filler* Limbah Serbuk Asbes atau murni menggunakan *filler* semen

μ_1 = campuran aspal dengan substitusi *filler* Limbah Serbuk Asbes (Kadar 4%)

Menerima H_0 jika μ_0 tidak ada perbedaan dengan μ_1 .

Menerima H_1 jika μ_0 ada perbedaan dengan μ_1 .

❖ Hipotesis 2:

$$H_0: \mu_2 = \mu_0$$

$$H_1: \mu_2 > \mu_0$$

Dimana

μ_0 = campuran aspal dengan tanpa substitusi *filler* Limbah Serbuk Asbes atau murni menggunakan *filler* semen

μ_2 = campuran aspal dengan substitusi *filler* Limbah Serbuk Asbes (Kadar 5%)

❖ Hipotesis 3:

$$H_0: \mu_3 = \mu_0$$

$$H_1: \mu_3 > \mu_0$$

Dimana

μ_0 = campuran aspal dengan tanpa substitusi *filler* Limbah Serbuk Asbes atau murni menggunakan *filler* semen

μ_3 = campuran aspal dengan substitusi *filler* Limbah Serbuk Asbes (Kadar 6%)

❖ Hipotesis 4:

$$H_0: \mu_2 = \mu_0$$

$$H_1: \mu_2 > \mu_0$$

Dimana

μ_0 = campuran aspal dengan tanpa substitusi *filler* Limbah Serbuk Asbes atau murni menggunakan *filler* semen

μ_2 = campuran aspal dengan substitusi *filler* Limbah Serbuk Asbes (Kadar 7%)

❖ Hipotesis 5:

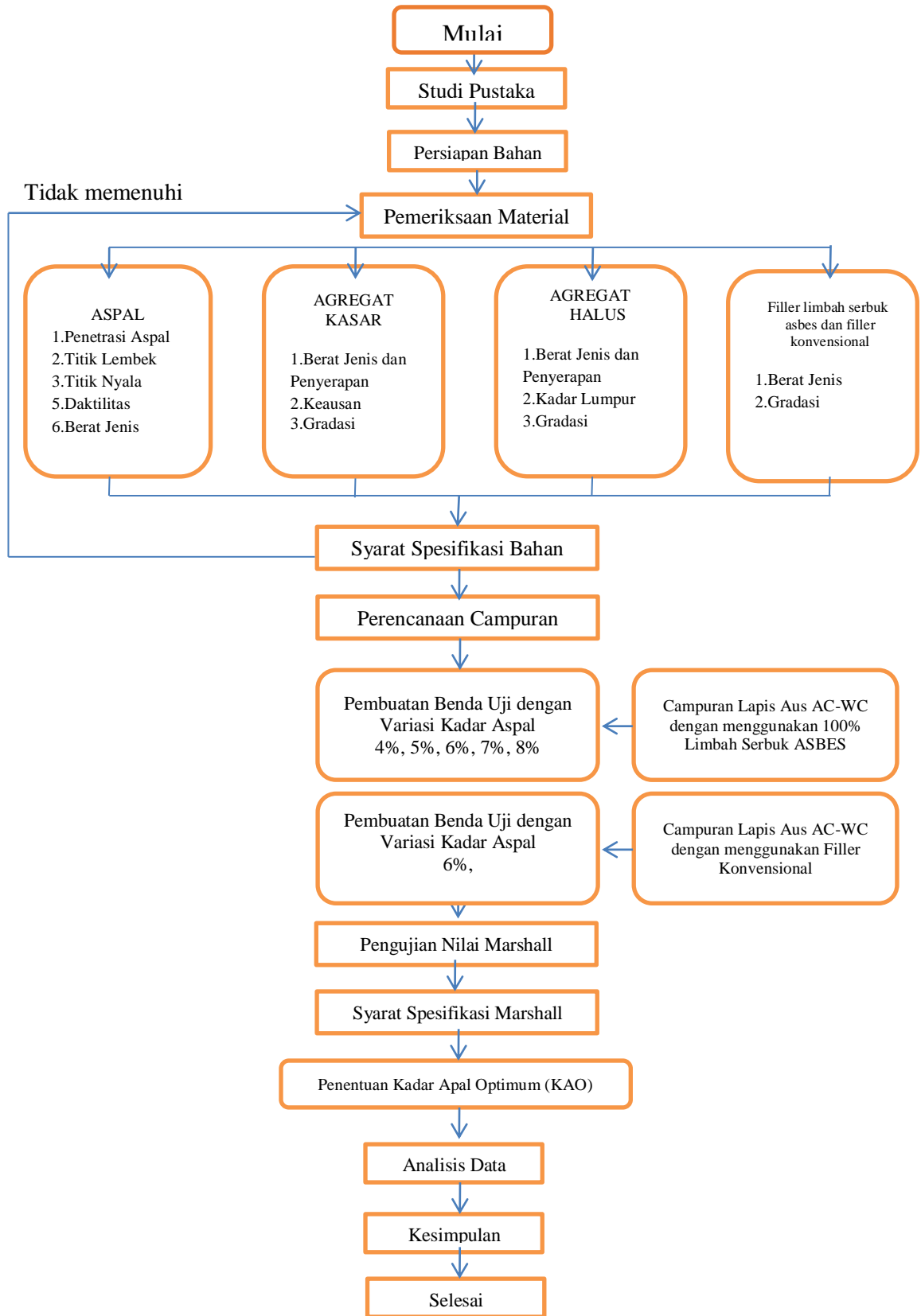
$$H_0: \mu_3 = \mu_0$$

$$H_1: \mu_3 > \mu_0$$

Dimana

μ_0 = campuran aspal dengan tanpa substitusi *filler* Limbah Serbuk Asbes atau murni menggunakan *filler* semen

μ_3 = campuran aspal dengan substitusi *filler* Limbah Serbuk Asbes (Kadar 8%)



Gambar 3.1. Diagram Alur Penelitian

BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

4.1. Deskripsi Uji Pendahuluan

Deskripsi hasil pengujian mencakup pengujian aspal, agregat halus, agregat kasar dan *filler*.

4.1.1. Pengujian Aspal

Aspal yang digunakan pada penelitian ini adalah aspal keras Penetrasi 80 yang berasal dari Cilacap Jawa Tengah yang sudah tersedia di Laboratorium Jalan Balai Irigasi Bekasi. Digunakannya aspal Penetrasi 80 karena volume kendaraan di Indonesia khususnya di ibukota DKI Jakarta berintensitas sedang atau tinggi dengan daerah cuaca yang cukup panas, Maka hasil uji pendahuluan untuk aspal dapat dilihat pada tabel 4.1 berikut:

Tabel 4.2. Hasil Pengujian Pendahuluan Aspal

Jenis Pemeriksaan	Standar uji	Persyaratan		Hasil Pengujian	Satuan	Lampiran
		Pen 80				
		min	max			
1. Berat jenis (25°C)	SNI 06-2488-1991	1	-	1,04145	gr/cc	3
2. Daktilitas (25°C, 5 cm / menit)	SNI 06-2432-1991	100	-	125,4	Cm	4
3. Titik Lembek	SNI 06-2434-1991	46	54	47	°C	5
4. Penetrasi (25°C, 5 detik)	SNI 06-2456-1991	80	99	86,5	0,1 mm	6
5. Titik Nyala (clev, open cup)	SNI 06-2433-1991	225	-	345	°C	7

Sumber: Pelaksanaan Lapis Aspal Beton 1989.

Berdasarkan tabel diatas dapat disimpulkan bahwa hasil pengujian pendahuluan aspal seluruhnya memenuhi persyaratan aspal Pen 80 melalui standar uji SNI sesuai dengan jenis pemeriksaannya.

4.1.2. Pengujian Agregat Kasar

Agregat kasar yang digunakan merupakan batu pecah yang didapatkan dari toko bahan bangunan di sekitar Laboratorium Jalan Balai Irigasi Bekasi dan sudah disediakan oleh pihak laboratorium. Pada tabel 4.2 di bawah ini adalah hasil uji pendahuluan agregat kasar. Untuk analisa saringan dapat dilihat pada lampiran. Dari hasil pengujian pendahuluan dapat disimpulkan bahwa agregat kasar yang digunakan memenuhi syarat sebagai bahan penyusun lapis perkerasan.

Tabel 4.6. Hasil Pengujian Agregat Kasar

Jenis	Standar	Persyaratan		Hasil Pengujian	Lampiran
		Min	Maks		
Agregat Kasar					
Penyerapan	SNI-03-1969-2008	-	3%	2,4146%	8
Berat Jenis	SNI-03-1969-2008	2,5	-	2,54 gr/cc	8
Keausan Agregat	SNI-03-2417-1991	-	40%	26,8%	9

Berdasarkan tabel diatas dapat disimpulkan bahwa hasil pengujian agregat kasar seluruhnya memenuhi persyaratan dan dapat digunakan sebagai campuran aspal.

4.1.3. Pengujian Agregat Halus

Agregat halus yang digunakan dalam penelitian ini adalah pasir gunung yang sudah tersedia di Balai Irigasi, Bekasi. Untuk uji analisa saringan terdapat pada lampiran.

Tabel 4.7. Hasil Pengujian Agregat Halus

Jenis	Standar	Persyaratan		Hasil	Lampiran
		Min	Maks		

Agregat Halus					
Penyerapan air	SNI-03-1970-2008		3%	2,07%	10
Berat jenis	SNI-03-1970-2008	2.5		2,56	10
Kadar Lumpur	SNI 3423-2008		5%	3,76%	11

4.1.4. Pengujian *Filler*

Bahan pengisi (*filler*) yang digunakan dalam penelitian ini adalah limbah serbuk asbes yang dipakai dari PT. Djabesmen di Cikarang, Bekasi yang sudah melewati uji berat jenis dan analisa saringan. Hasil pengujian berat jenis dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 4.8. Hasil Pengujian Bahan Pengisi Limbah Serbuk Asbes

Jenis	Standar	Persyaratan		Hasil	Lampiran
		Min	Maks		
Berat jenis	SNI 15-2049-2004	2.5		2,54	13

Untuk analisa saringan *filler* limbah serbuk asbes dapat dilihat pada tabel perbandingan analisa saringan *filler* limbah serbuk asbes dan semen di bawah ini:

Tabel 4.9. Analisa Saringan *Filler* Limbah Serbuk Asbes dan Semen

Ukuran Ayakan (mm)	Gradasi Limbah Serbuk Asbes			Gradasi Semen PC		
	Berat (gr)	Prosen Tertahan(%)	Prosen Lolos(%)	Berat (gr)	Prosen Tertahan(%)	Prosen Lolos (%)
19	0		100.00			100
12.5			100			100
9.5			100			100
4.75			100			100
2.36			100			100
0.6			100			100
0.3	0.4	0.30	99.70	0	0	100
0.074	33.2	24.39	75.31	12.20	4.00	96.00
Pan	102.5	75.31		1.50	96.00	

Berdasarkan tabel perbandingan di atas dapat dilihat bahwa persentase lolos *filler* limbah serbuk asbes lebih kecil 21% dari persentase lolos *filler* semen.

4.2. Pembuatan Benda Uji

Setelah seluruh tahap perencanaan sudah dilakukan dan sudah didapatkan persentase pencampuran agregat dan aspal yang pasti, maka dapat dilanjutkan ke tahap selanjutnya yaitu tahap pembuatan benda uji. Tahap pembuatan benda uji meliputi:

4.2.1 Perencanaan Campuran

Hasil dari proporsi campuran Laston AC-WC secara lengkap bisa dilihat pada lampiran. Kesimpulan dari perhitungan proporsi masing-masing bahan penyusun Laston AC-WC seperti pada tabel berikut ini:

Tabel 4.1. Proporsi Mix-Design Campuran

Kadar Aspal	Jumlah (gram)					Penjabaran Perhitungan Lampiran 17
	Aspal	Agg. Kasar (51%)	Agg. Halus (42%)	Filler (7%)	Total	
4%	288	3525,12	2903,04	483,84	7200	
5%	360	3488,4	2872,8	478,8	7200	
6%	432	3451,68	2842,56	473,76	7200	
7%	504	3414,96	2812,32	468,72	7200	
8%	576	3378,24	2872,08	463,68	7200	

Pisahkan agregat dalam fraksi yang dikehendaki dengan cara penyaringan dan lakukan penimbangan. Lakukan pengujian kekentalan aspal untuk memperoleh temperatur pencampuran dan pemadatan. Panaskan agregat pada temperatur 28°C di atas temperatur pencampuran sekurang-kurangnya 4 jam di dalam oven lalu panaskan aspal sampai mencapai kekentalan yang disyaratkan untuk pekerjaan, seperti gambar di bawah ini.



Gambar 4.1. Persiapan pembuatan benda uji

4.2.2 Pencampuran Benda Uji

Setelah *asphalt mixer* mencapai suhu 100°C masukan agregat yang telah dioven lalu aduk hingga rata, kemudian tuang aspal sesuai kebutuhan lalu aduk hingga agregat terlapis merata oleh aspal, dapat dilihat seperti gambar dibawah ini.



Gambar 4.2. Pengadukan Benda Uji

Setelah tercampur sempurna campuran aspal tersebut dimasukkan ke dalam cetakan benda uji lalu ditumbuk sebanyak 75 kali untuk kedua sisinya hingga didapat bentuk akhir benda uji silinder, dapat dilihat seperti gambar dibawah ini.



Gambar 4.3. Pemadatan Benda Uji

4.3. Deskripsi Hasil Pengujian Marshall

Rancangan campuran berdasarkan metode Marshall ditemukan oleh Bruce Marshall, dan telah distandarisasi oleh ASTM ataupun AASHTO melalui beberapa modifikasi (ASTM D 1559-76) (AASHTO T245-90). Prinsip dasar metode Marshall adalah pemeriksaan stabilitas dan kelelahan (flow), serta analisis kepadatan dan pori dari campuran padat yang terbentuk. Alat Marshall merupakan alat tekan yang dilengkapi dengan *proving ring* (cincin penguji) berkapasitas 22,2 KN (5000 lbs) dan *flowmeter*. *Proving ring* digunakan untuk mengukur nilai stabilitas, dan *flowmeter* untuk mengukur kelelahan plastis atau flow.

Pengujian *marshall* dilakukan untuk mencari parameter *marshall* pada kondisi standar lalu-lintas berat yaitu 2 x 75 tumbukan. Disiapkan masing-masing 6 benda uji untuk tiap-tiap kadar aspal yaitu 4%, 5%, 6%, 7% dan 8%. Hasil pengujian dapat dilihat pada tabel dan gambar berikut :

Tabel 4.7. Hasil Pengujian Marshall

Kadar Aspal	VMA	VFB	VIM	STABILITAS	FLOW	MQ	Lampiran
4%	20.013	40.865	11.866	533.966	2.8	190.862	19
5%	19.403	52.270	9.081	571.928	2.8	204.907	
6%	21.084	56.230	8.886	746.225	3.0	251.877	
7%	19.131	73.826	4.463	804.556	3.0	271.333	
8%	20.200	79.146	3.564	655.733	3.4	197.014	
6% (konvensional)	15.665	80.395	4.472	1037.434	4.1	251.304	
syarat	Min 15	Min 65	3,5-5,5	Min 800	Min 3	Min 250	

4.4. Pembahasan Hasil Pengujian

Pengujian campuran aspal lapis permukaan aus *Asphalt Concrete Wearing Coarse* (AC-WC) meliputi beberapa parameter, yaitu:

4.4.1. Uji Pendahuluan

Untuk mengetahui apakah bahan-bahan yang akan dipakai memenuhi spesifikasi dengan bahan campuran lapis aspal beton permukaan aus, dilakukan uji pendahuluan terlebih dahulu. Berikut adalah pembahasan dari uji pendahuluan yang telah dilakukan :

1. Aspal

Berdasarkan hasil pengujian Penetrasi (25°C, 5 detik) berdasarkan SNI 06-2456-1991 yang dilakukan, didapat angka penetrasi 86,5 mm sehingga aspal yang dipakai dalam penelitian ini termasuk dalam aspal penetrasi 80. Aspal penetrasi 80 diperuntukan untuk lalu lintas berat dan untuk cuaca panas. Untuk hasil pengujian lainnya masih memenuhi persyaratan yang digunakan sehingga aspal dari Cilacap ini dapat digunakan sebagai bahan campuran lapis aspal beton *wearing course*.

2. Agregat Kasar

Setelah melakukan pengujian dari ketiga jenis pengujian yang dilakukan untuk agregat kasar, ketiganya memenuhi persyaratan sebagai campuran dalam Laston AC-WC yaitu nilai keausan 18% dari nilai maksimum 40%, penyerapan 2,41% dari nilai maksimum 3%, dan nilai berat jenis 2,54 gr/cc dari nilai minimum 2,5 gr/cc. Dari hasil tersebut maka agregat kasar tersebut dapat digunakan dalam campuran lapis aspal beton *wearing course*.

3. Agregat Halus

Hasil yang dihasilkan oleh agregat halus pada pengujian pendahuluan, dari ketiganya memenuhi persyaratan sebagai campuran dalam Laston AC-WC yaitu nilai penyerapan 2,07 % dari nilai maksimum 3%, nilai berat jenis 2,56 gr/cc dengan nilai minimum 2,5 gr/cc dan nilai kadar lumpur sebesar 3,76% dengan nilai maksimum 5%.

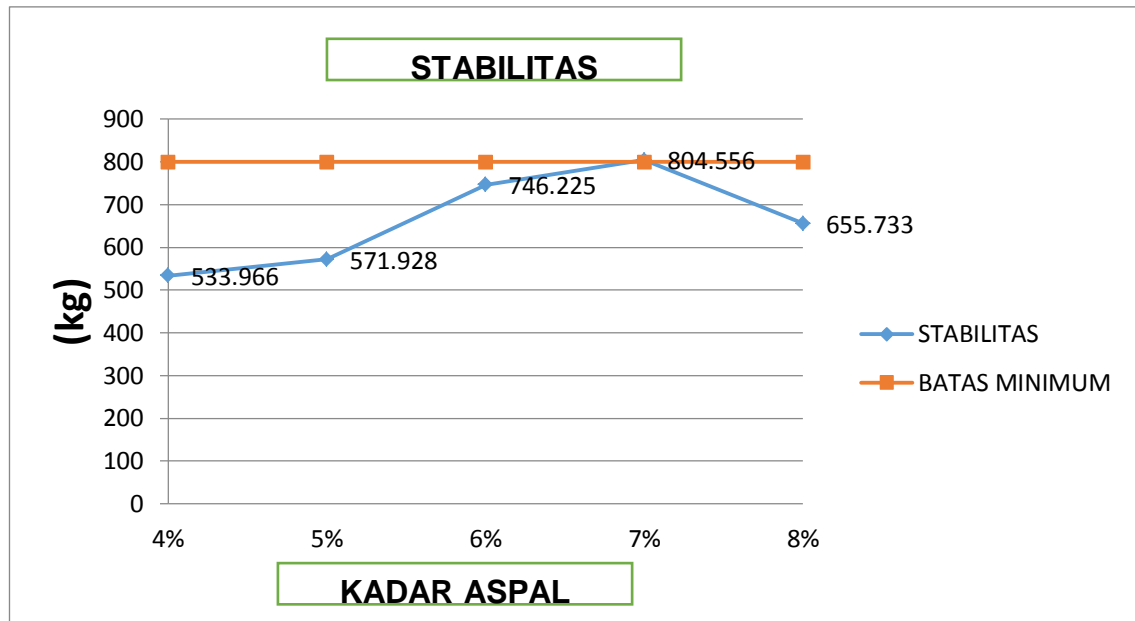
4. Filler

Setelah dilakukan pengujian pendahuluan didapat bahwa limbah serbuk asbes memiliki berat jenis 2,54 gr/cc dari nilai minimum berat jenis untuk *filler* sebesar 2,5 gr/cc dan persentase lolos saringan 200 sebesar 75,31% dari nilai minimum 65%. Dengan kata lain, limbah serbuk asbes dapat digunakan sebagai pengganti sebagian *filler* lapis aspal beton *wearing course*.

4.4.2. Stabilitas

Stabilitas adalah kemampuan lapis perkerasan menerima beban lalu lintas tanpa terjadi perubahan bentuk tetap seperti gelombang, alur atau *bleeding*. Spesifikasi umum menurut Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No.28/PRT/M/2007 menetapkan bahwa stabilitas minimum yang disyaratkan

adalah 800 kg. Hubungan antara variasi limbah serbuk asbes dengan nilai stabilitas dapat dilihat pada gambar 4.4 dibawah ini :



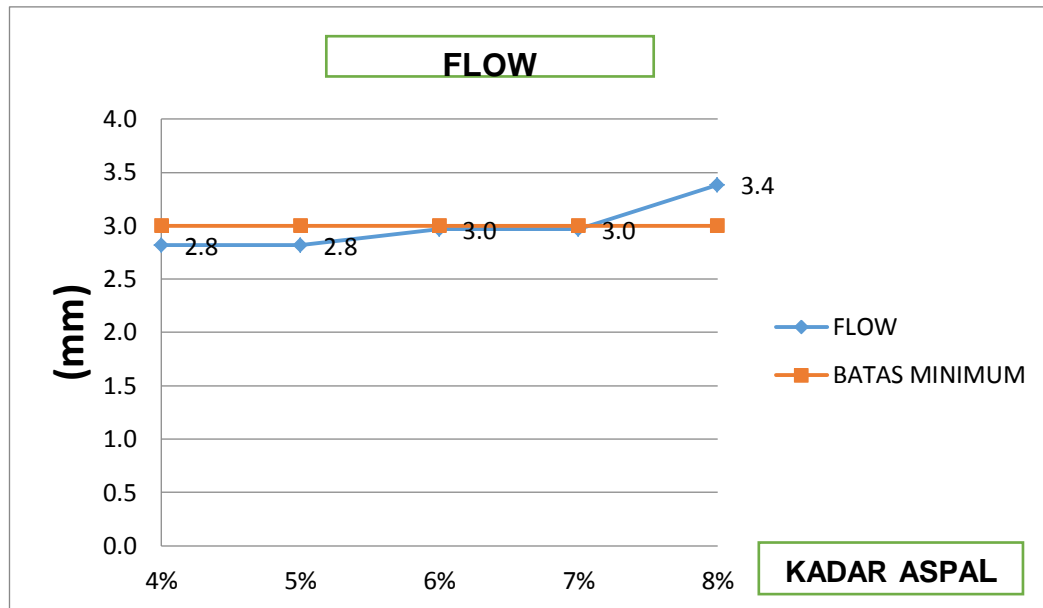
Gambar 4.4. Grafik Stabilitas dengan Variasi Limbah Serbuk Asbes

Berdasarkan gambar 4.4. diatas dapat disimpulkan bahwa nilai stabilitas yang memenuhi persyaratan lalu-lintas berat terdapat pada kadar 7%. Pada kadar 4%, 5%, 6% dan 8% tidak memenuhi persyaratan lalu-lintas berat yaitu minimum 800 kg.

4.4.3. Kelelehan (*Flow*)

Kelelehan adalah besarnya deformasi vertikal benda uji yang terjadi mulai saat awal pembebanan sampai kondisi kestabilan mulai menurun. Nilai *flow* menyatakan besarnya deformasi pada benda uji, campuran yang mempunyai nilai *flow* tinggi cenderung menghasilkan campuran yang plastis sehingga akan mudah berubah bentuk (deformasi plastis) apabila terkena beban lalu-lintas tinggi dan berat. Sebaliknya, apabila campuran memiliki *flow* terlalu rendah maka campuran akan bersifat kaku dan getas, hingga mudah retak akibat beban lalu-lintas yang

tinggi dan berat. Hubungan antara variasi limbah serbuk asbes dengan nilai *flow* dapat dilihat pada gambar 4.5. di bawah ini:

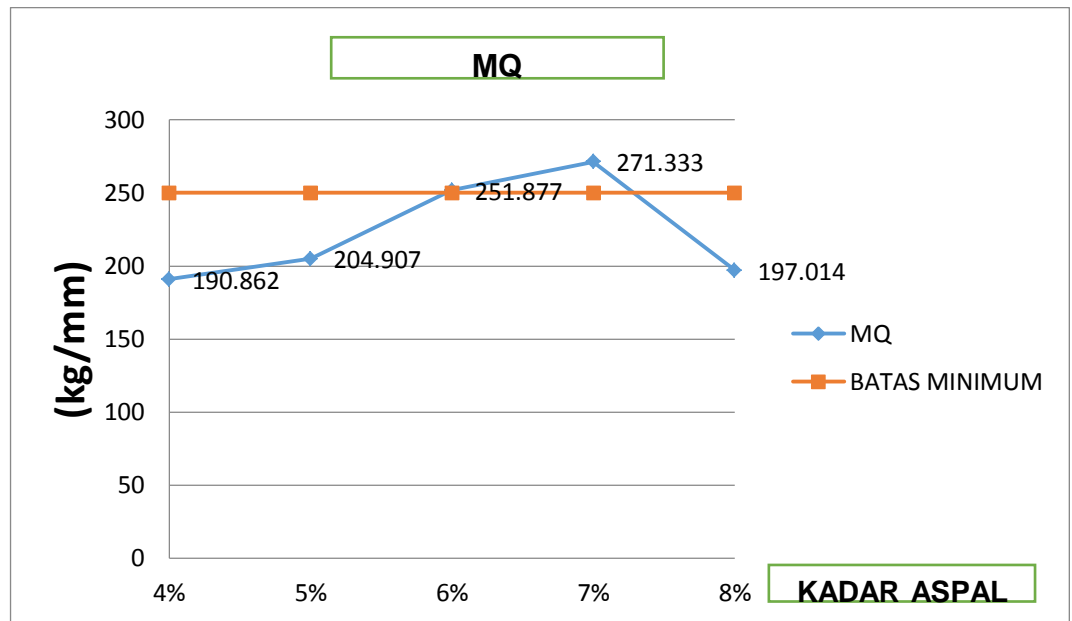


Gambar 4.5. Grafik Flow dengan Variasi Limbah Serbuk Asbes

Berdasarkan gambar 4.5. diatas dapat disimpulkan bahwa nilai flow terendah terdapat pada variasi kadar aspal 4% dan 5%. Nilai flow untuk kadar aspal 6%, 7% dan 8% sudah sesuai dengan nilai spesifikasi minimum 3,0.

4.4.4. Marshall Quotient (MQ)

Marshall Quotient (MQ) merupakan hasil bagi antara stabilitas dan *flow* yang mengindikasikan pendekatan terhadap kekakuan dan fleksibilitas dari suatu campuran aspal beton. Campuran yang memiliki nilai MQ rendah akan semakin fleksibel, cenderung menjadi plastis dan lentur sehingga mudah mengalami deformasi pada saat menerima beban lalu-lintas yang tinggi dan berat. Sedangkan campuran yang memiliki nilai MQ tinggi akan bersifat kaku dan getas. Hubungan antara variasi limbah serbuk asbes dengan *marshall quotient* dapat dilihat dalam gambar grafik berikut ini:

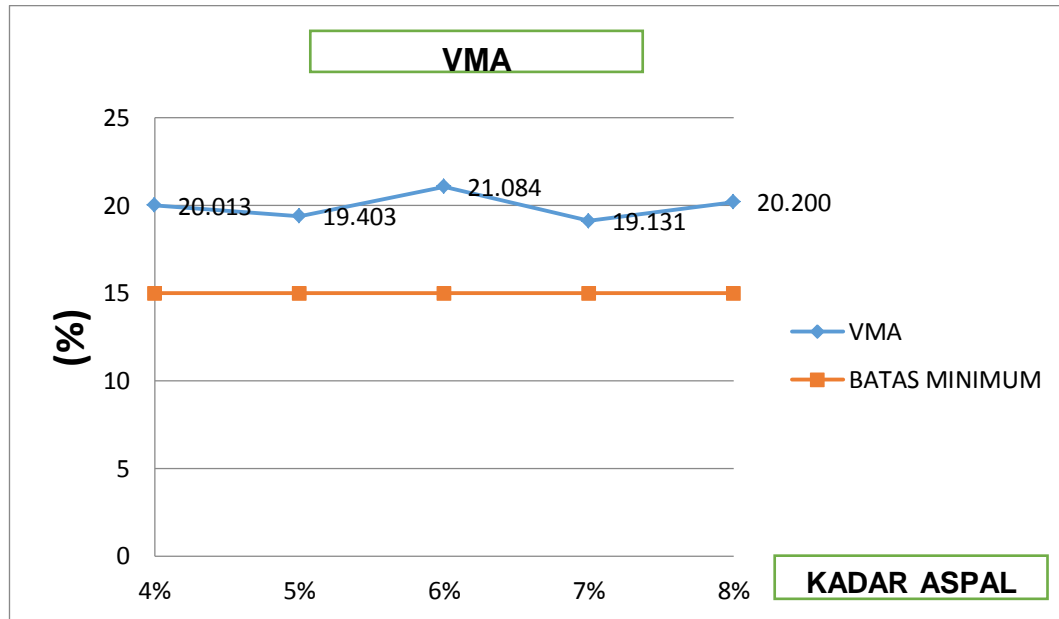


Gambar 4.6. Grafik MQ dengan Variasi Limbah Serbuk Asbes

Berdasarkan gambar 4.6. di atas dapat disimpulkan bahwa nilai Marshall Quotient untuk kadar aspal 6% dan 7% memenuhi persyaratan dari minimal 250 kg/mm.

4.4.5. Void In Mineral Aggregate (VMA)

Void In Mineral Aggregate (VMA) digunakan sebagai ruang untuk menampung aspal dan volume rongga udara yang diperlukan dalam campuran aspal beton. Besarnya nilai VMA dipengaruhi oleh kadar aspal, gradasi bahan susun, energi pemadatan, dan kadar filler. Hubungan antara limbah serbuk asbes dengan VMA dapat dilihat pada gambar 4.7 dibawah ini:



Gambar 4.7. Grafik VMA dengan Variasi Limbah Serbuk Asbes

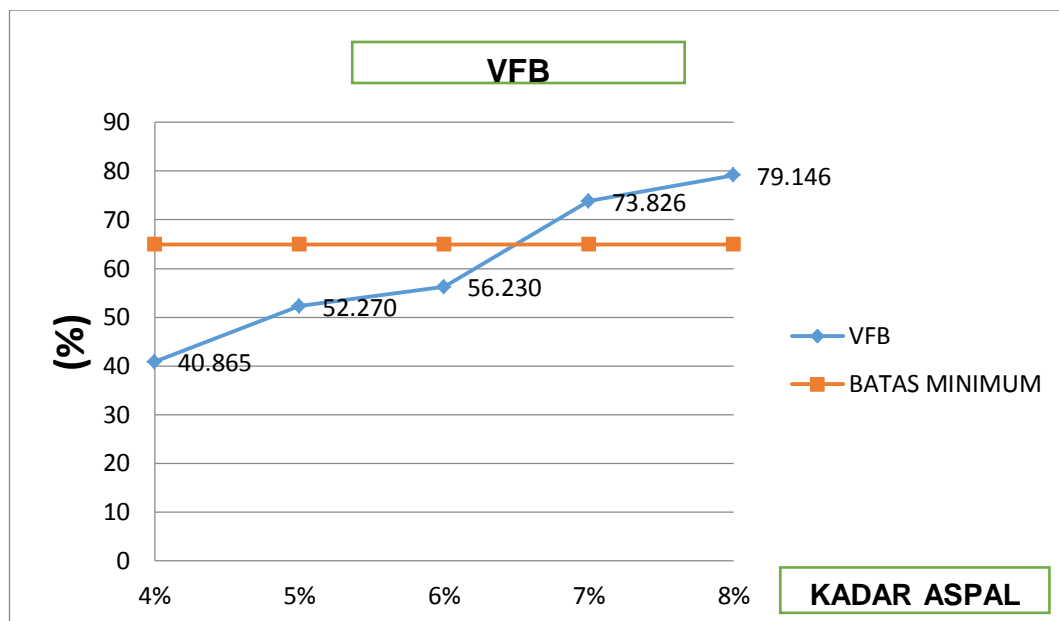
Berdasarkan gambar 4.7. di atas dapat disimpulkan bahwa nilai VMA tertinggi berada pada kadar aspal 8%. Akan tetapi nilai VMA dari semua variasi limbah serbuk asbes memenuhi persyaratan untuk lalu lintas berat dengan nilai minimum 15%.

Hal ini menunjukkan bahwa penambahan kadar aspal dapat meningkatkan ruang untuk menampung aspal dan volume rongga yang mengakibatkan butiran dalam campuran tidak mudah lepas, campuran tidak kaku, sehingga umur tahun rencana campuran lebih lama.

4.4.6 Void Filled with Bitumen (VFB)

VFB atau disebut juga sebagai rongga terisi aspal, menunjukkan keawetan suatu campuran beraspal panas, semakin besar nilai VFB maka akan semakin kecil nilai VIM yang berarti rongga yang terisi aspal semakin banyak, oleh karena itu campuran AC-WC akan semakin awet.

Begitu sebaliknya, apabila VFB terlalu kecil, maka rongga yang terisi aspal akan semakin sedikit sehingga agregat yang terselimuti aspal akan semakin tipis yang menyebabkan campuran beton aspal tidak awet. Hubungan antara variasi kadar aspal dengan nilai VFB dapat dilihat pada Gambar 4.8 di bawah ini :



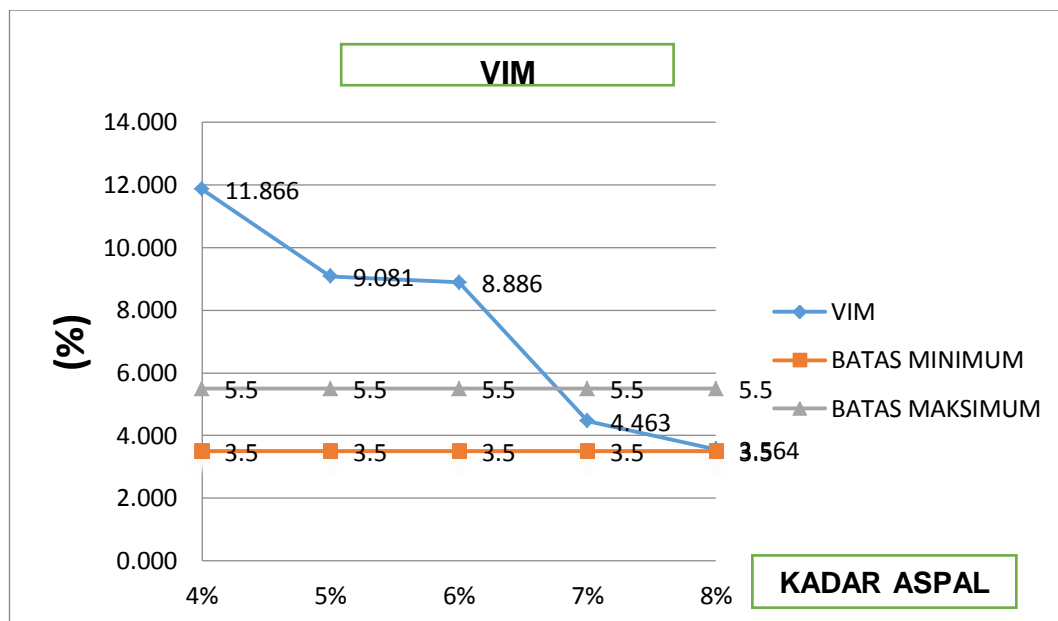
Gambar 4.8. Grafik VFB dengan Variasi Limbah Serbuk Asbes

Berdasarkan gambar di atas dapat dilihat bahwa nilai VFB naik seiring dengan bertambahnya kadar aspal. Nilai VFB yang memenuhi syarat parameter *Marshall* terdapat pada kadar aspal 7% sampai 8% yang nilainya di atas standar Laston AC-WC yaitu sebesar 65%.

4.4.7. *Void In the Mix (VIM)*

VIM menyatakan banyaknya persentase rongga dalam campuran total. Perencanaan nilai VIM dengan rentang ditentukan spesifikasi adalah sesuai untuk mencapai suatu kondisi perkerasan setelah dilalui lalu lintas kendaraan selama beberapa tahun rencana. Nilai VIM yang terlalu besar akan mengakibatkan aspal beton berkurang kedekatan airnya, sehingga berakibat meningkatnya proses

oksidasi aspal yang dapat mempercepat penuaan aspal. Sedangkan jika nilai VIM terlalu kecil akan mengakibatkan perkerasan mengalami *bleeding* jika temperatur meningkat. Hubungan antara limbah serbuk asbes dengan nilai VIM dapat dilihat pada gambar 4.9 berikut ini :



Gambar 4.9. Grafik VIM dengan Variasi Limbah Serbuk Asbes

Dilihat dari nilai VIM pada gambar di atas, semakin besar kadar aspal maka nilai VIM akan semakin menurun. Setelah mengetahui nilai VIM masing-masing sampel dari hasil pengujian *marshall*, dapat disimpulkan bahwa nilai VIM yang memenuhi persyaratan minimal Laston AC-WC dengan rentan 3,5%-5,5% adalah pada kadar aspal 7% dan 8%.

4.4.8. Pembahasan Hasil Pengujian Melalui Parameter Marshall

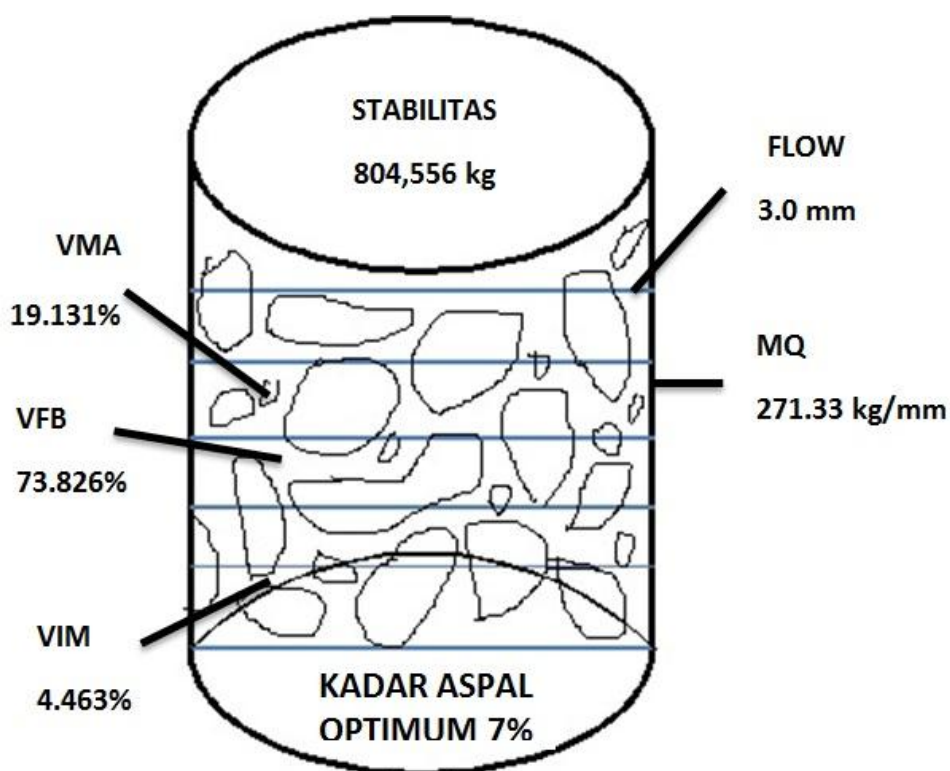
Nilai stabilitas terbesar yaitu 804,556 kg dengan kadar aspal sebesar 7%. Sedangkan nilai stabilitas terendah adalah 533,966 kg dengan kadar sebesar 4%. Namun bila dibandingkan antara campuran standar lapis aspal beton dan

campuran dengan penggunaan filler limbah serbuk asbes, dapat disimpulkan bahwa nilai stabilitas campuran standar lapis aspal beton lebih besar dibandingkan dengan penggunaan filler limbah serbuk asbes pada semua kadar aspal. Artinya bahwa tanpa adanya filler limbah serbuk asbes, campuran standar lapis aspal beton masih lebih baik. Variasi campuran benda uji dengan penambahan filler limbah serbuk asbes yang memenuhi persyaratan minimal 800 kg yaitu pada kadar 7%.

Nilai flow terendah dari variasi limbah serbuk asbes yaitu kadar aspal 4% dan 5% yaitu 2,8 mm, pada kadar aspal 6%, 7%, 8% memenuhi persyaratan untuk lapis aspal beton permukaan aus AC-WC dengan nilai minimum 3,0 mm. Nilai Marshall Quotient terbesar yaitu 271,33 kg/mm pada kadar aspal 7%. Dari perbandingan penggunaan filler semen pc dan limbah serbuk asbes tersebut dapat disimpulkan bahwa nilai Marshall Quotient pada campuran kadar aspal 7% lebih tinggi daripada campuran standar menggunakan semen pc. Variasi benda uji yang memenuhi spesifikasi persyaratan minimal 250 kg/mm yaitu pada kadar aspal 6% dan 7%.

Nilai VMA tertinggi berada pada kadar aspal 6%. Akan tetapi nilai VMA dari semua variasi kadar aspal memenuhi persyaratan untuk lalu lintas berat dengan nilai minimum 15%. Nilai VFB naik seiring dengan bertambahnya kadar aspal di persentase 4%, 5%, 6%, 7% dan 8%. Akan tetapi tidak semua nilai VFB dengan variasi kadar aspal memenuhi persyaratan lalu lintas berat, hanya di kadar aspal 7% dan 8% yang dapat memenuhi nilai minimum 65%. Begitu juga nilai VIM, semua variasi kadar aspal memenuhi persyaratan untuk lapis aspal beton, dengan rentang 3,5% - 5,5% mm.

Jika ditinjau dari parameter Marshall maka dapat disimpulkan secara keseluruhan bahwa penggunaan 100% limbah serbuk asbes sebagai filler lapis aspal beton permukaan aus AC-WC memenuhi persyaratan (SNI 03-1737-1989) pada kadar aspal 7%.



Gambar 4.10. Gambar Ilustrasi Kadar Aspal Optimum 7%

4.5. Pengujian Prasyarat Analisis

1. Uji kenormalan

Uji kenormalan dimaksudkan untuk memperlihatkan bahwa data sampel berasal dari populasi yang berdistribusi normal.

1. Stabilitas

Tabel 4.8. Hasil Pengujian Normalitas Stabilitas

Tests of Normality			
STABILITAS	Kolmogorov-Smirnov ^a	Shapiro-Wilk	Lampiran

	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.	
Kadar Aspal 4%	.247	6	.200 [*]	.885	6	.291	20
Kadar Aspal 5%	.191	6	.200 [*]	.966	6	.863	
Nilai Kadar Aspal 6%	.194	6	.200 [*]	.903	6	.390	
Kadar Aspal 7%	.292	6	.119	.847	6	.150	
Kadar Aspal 8%	.192	6	.200 [*]	.923	6	.525	

*. This is a lower bound of the true significance.

a. Lilliefors Significance Correction

Kenormalan dipenuhi jika hasil uji tidak signifikan untuk suatu taraf signifikansi tertentu (biasanya $\alpha = 0.05$ atau 0.01). Sebaliknya, jika hasil uji signifikan maka kenormalan tidak terpenuhi. Berdasarkan output diatas, diketahui taraf signifikansi pada kadar aspal 4%, 5%, 6%, 8% adalah $0.200 > 0.05$ dan pada kadar aspal 7% adalah $0.119 > 0.05$ maka, H_0 diterima artinya pada sampel kadar aspal 4%, 5%, 6%, 7%, 8% berasal dari populasi berdistribusi normal.

2. Flow

Tabel 4.9. Hasil Pengujian Normalitas Flow

FLOW	Tests of Normality						Lampiran
	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk			
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.	
Kadar Aspal 4%	.226	6	.200 [*]	.912	6	.452	20
Kadar Aspal 5%	.191	6	.200 [*]	.939	6	.653	
Nilai Kadar Aspal 6%	.121	6	.200 [*]	.983	6	.964	
Kadar Aspal 7%	.185	6	.200 [*]	.974	6	.918	
Kadar Aspal 8%	.147	6	.200 [*]	.966	6	.866	

*. This is a lower bound of the true significance.

a. Lilliefors Significance Correction

Kenormalan dipenuhi jika hasil uji tidak signifikan untuk suatu taraf signifikansi tertentu (biasanya $\alpha = 0.05$ atau 0.01). Sebaliknya, jika

hasil uji signifikan maka kenormalan tidak terpenuhi. Berdasarkan output diatas, diketahui taraf signifikansi pada kadar aspal 4%, 5%, 6%,7%, dan 8% adalah $0.200 > 0.05$ maka, H_0 diterima artinya pada sampel kadar aspal 4%, 5%, 6%, 7%, 8% berasal dari populasi berdistribusi normal.

3. *Marshall Quetiont*

Tabel 4.10. Hasil Pengujian Normalitas MQ

Tests of Normality							
MQ	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk			Lampiran
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.	
Kadar Aspal 4%	.164	6	.200*	.972	6	.904	20
Kadar Aspal 5%	.202	6	.200*	.964	6	.850	
Nilai Kadar Aspal 6%	.153	6	.200*	.966	6	.864	
Kadar Aspal 7%	.216	6	.200*	.941	6	.669	
Kadar Aspal 8%	.213	6	.200*	.954	6	.776	

*. This is a lower bound of the true significance.

a. Lilliefors Significance Correction

Kenormalan dipenuhi jika hasil uji tidak signifikan untuk suatu taraf signifikansi tertentu (biasanya $\alpha = 0.05$ atau 0.01). Sebaliknya, jika hasil uji signifikan maka kenormalan tidak terpenuhi. Berdasarkan output diatas, diketahui taraf signifikansi pada kadar aspal 4%, 5%, 6%, 7%, dan 8% adalah $0.200 > 0.05$ maka, H_0 diterima artinya pada sampel kadar aspal 4%, 5%, 6%, 7%, 8% berasal dari populasi berdistribusi normal.

4. *Void in Mineral Aggregates*

Tabel 4.11. Hasil Pengujian Normalitas VMA

Tests of Normality							
VMA	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk			Lampiran
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.	
Nilai Kadar Aspal 4%	.282	6	.148	.772	6	.033	

Kadar Aspal 5%	.239	6	.200 [*]	.926	6	.550	20
Kadar Aspal 6%	.191	6	.200 [*]	.935	6	.622	
Kadar Aspal 7%	.321	6	.052	.851	6	.160	
Kadar Aspal 8%	.219	6	.200 [*]	.851	6	.159	

*. This is a lower bound of the true significance.

a. Lilliefors Significance Correction

Kenormalan dipenuhi jika hasil uji tidak signifikan untuk suatu taraf signifikansi tertentu (biasanya $\alpha = 0.05$ atau 0.01). Sebaliknya, jika hasil uji signifikan maka kenormalan tidak terpenuhi. Berdasarkan output diatas, diketahui taraf signifikansi pada kadar aspal 4% adalah $0.148 > 0.05$ pada kadar 5%, 6%, 8% adalah $0.200 > 0.05$ dan pada kadar aspal 7% adalah $0.052 > 0.05$ maka, H_0 diterima artinya pada sampel kadar aspal 4%, 5%, 6%, 7%, 8% berasal dari populasi berdistribusi normal.

5. Void Filled with Bitumen

Tabel 4.12. Hasil Pengujian Normalitas VFB

VFB	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk			Lampiran
	Statistic	Df	Sig.	Statistic	df	Sig.	
Kadar Aspal 4%	.333	6	.036	.698	6	.006	20
Kadar Aspal 5%	.265	6	.200 [*]	.890	6	.316	
Nilai Kadar Aspal 6%	.194	6	.200 [*]	.925	6	.539	
Kadar Aspal 7%	.302	6	.092	.863	6	.201	
Kadar Aspal 8%	.204	6	.200 [*]	.890	6	.317	

*. This is a lower bound of the true significance.

a. Lilliefors Significance Correction

Kenormalan dipenuhi jika hasil uji tidak signifikan untuk suatu taraf signifikansi tertentu (biasanya $\alpha = 0.05$ atau 0.01). Sebaliknya, jika hasil uji signifikan maka kenormalan tidak terpenuhi. Berdasarkan output

diatas, diketahui taraf signifikansi pada kadar aspal 4% adalah $0.036 < 0.05$ pada kadar aspal 5%, 6%, 8% adalah $0.200 > 0.05$ dan pada kadar aspal 7% adalah $0.092 > 0.05$ maka, H_0 ditolak artinya pada sampel kadar aspal 4% berasal dari populasi tidak berdistribusi normal.

6. *Void In the Mix*

Tabel 4.13. Hasil Pengujian Normalitas VIM

Tests of Normality							
VIM	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk			Lampiran
	Statistic	Df	Sig.	Statistic	df	Sig.	
Kadar Aspal 4%	.282	6	.148	.772	6	.033	20
Kadar Aspal 5%	.238	6	.200*	.926	6	.550	
Nilai Kadar Aspal 6%	.191	6	.200*	.935	6	.622	
Kadar Aspal 7%	.321	6	.053	.851	6	.160	
Kadar Aspal 8%	.218	6	.200*	.851	6	.159	

*. This is a lower bound of the true significance.

a. Lilliefors Significance Correction

Kenormalan dipenuhi jika hasil uji tidak signifikan untuk suatu taraf signifikansi tertentu (biasanya $\alpha = 0.05$ atau 0.01). Sebaliknya, jika hasil uji signifikan maka kenormalan tidak terpenuhi. Berdasarkan output diatas, diketahui taraf signifikansi pada kadar aspal 4% adalah $0.148 > 0.05$ pada kadar aspal 5%, 6%, 8% adalah $0.200 > 0.05$ dan pada kadar aspal 7% adalah $0.053 > 0.05$ maka, H_0 diterima artinya pada sampel kadar aspal 4%, 5%, 6%, 7%, 8% berasal dari populasi berdistribusi normal.

Maka dapat disimpulkan tidak bisa dilanjutkan ke pengujian prasyarat selanjutnya karena uji normalitas VFB tidak memenuhi syarat, jadi dilanjutkan menggunakan uji *Mann-Whitney (Whitney U Test)* dengan *software* statistik yaitu *IBM SPSS Data Statistics 21*. Uji *Mann-Whitney* (non parametrik) ini dilakukan

karena data-data dari hasil pengujian tidak memenuhi syarat menggunakan statistik parametric.

4.6. Pengujian Hipotesis

Untuk mengetahui diterima atau ditolaknya H_0 , dilakukan uji *Mann-Whitney (Whitney U Test)* dengan *software* statistik yaitu *IBM SPSS Data Statistics 21*. Uji *Mann-Whitney* (non parametrik) ini dilakukan karena data-data dari hasil pengujian tidak memenuhi syarat menggunakan statistik parametrik (tidak terdistribusi normal dan tidak homogen). Dalam uji *Mann-Whitney*, dibandingkan hasil terbaik dari pengujian dengan hasil dari aspal konvensional. Pengujian ini menggunakan taraf signifikansi (α) 0,05, dengan dasar keputusan sebagai berikut :

1. Jika $\text{Sig} \geq 0,05$ maka H_0 diterima (tidak signifikan atau tidak ada perbedaan)
2. Jika $\text{Sig} < 0,05$ maka H_0 ditolak (signifikan atau terdapat perbedaan)

Setelah data diolah dengan *software*, didapatkan hasil uji *Mann-Whitney* seperti di bawah ini :

Tabel 4.14. Hasil Pengujian Mann-Whitney

(Stabilitas, Flow, MQ, VMA, VFB dan VIM)

Test Statistics^a

	NILAI_PARAMETER_MARSHALL	LAMPIRAN
Mann-Whitney U	.000	
Wilcoxon W	1.000	
Z	-1.000	20
Asymp. Sig. (2-tailed)	.317	
Exact Sig. [2*(1-tailed Sig.)]	1.000^b	

a. Grouping Variable: KADAR_ASPAL

b. Not corrected for ties.

Berdasarkan hasil uji *Mann-Whitney* (Stabilitas, Flow, MQ, VMA, VFB dan VIM), didapat nilai signifikansi yang seluruhnya sama yaitu sebesar 0,317 yang artinya $> 0,05$. Maka dari itu, hasil uji tidak signifikan secara statistik. Dengan demikian bahwa tidak ada perbedaan signifikan antara benda uji aspal yang menggunakan *filler* limbah asbes dengan aspal yang menggunakan *filler* konvensional.

4.7. Keterbatasan Penelitian

Dalam penelitian ini peneliti mengakui banyak keterbatasan penelitian yang di antaranya adalah:

1. Bahan pengisi (*filler*) yang digunakan dalam penelitian ini tidak murni 100% dari PT. Djabesmen di Cikarang, Bekasi, melainkan 50% limbah serbuk asbes dari PT. Djabesmen di Cikarang, Bekasi dan 50% limbah serbuk asbes dari asbes bekas atap perumahan.
2. Penelitian ini menggunakan timbangan manual dimana bisa terjadi kesalahan pengukuran.
3. Terdapat campuran aspal beton yang tertinggal pada *mixer* karena terlalu lengket dan sulit untuk dikeruk sehingga mengurangi berat campuran untuk benda uji.
4. Terdapat ketidak seragaman bentuk agregat kasar (*split*) yang berpengaruh pada rongga yang terdapat pada campuran.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Dari hasil pengujian *Marshall* yang telah dilakukan pada campuran aspal beton lapis aus permukaan AC-WC dengan menggunakan serbuk asbes sebagai pengganti *filler* dapat disimpulkan hasil sebagai berikut:

1. Material yang terdapat pada asbes memiliki kandungan silika yang tinggi, sehingga layak digunakan sebagai alternative bahan tambah penggunaan semen pada konstruksi. Inovasi untuk memanfaatkan limbah yang kurang bermanfaat pada masyarakat pedesaan dan perkotaan yang jumlahnya cukup banyak, kebanyakan didapat setelah merenovasi rumah, kelebihan lain dengan memanfaatkan limbah asbes sebagai campuran pada aspal adalah untuk mengurangi biaya kebutuhan material sehingga lebih murah dengan cara meminimalisir penggunaan material bahan seperti pasir dan semen
2. Ditinjau dari parameter Marshall, maka dapat disimpulkan secara keseluruhan bahwa substitusi limbah serbuk asbes sebagai filler lapis aspal beton permukaan aus AC-WC yang memenuhi persyaratan standar perkerasan jalan (SNI 03-1737-1989) adalah pada kadar 7%.
3. Pemanfaatan serbuk asbes sebagai *filler* ini diharapkan menghasilkan perpaduan yang baik antara agregat kasar, agregat halus, aspal dan *filler* yang nantinya akan diperoleh lapisan permukaan yang lentur dan dapat

mendukung beban lalu lintas dengan baik dan nyaman tanpa mengalami deformasi atau kerusakan yang berarti dalam jangka waktu tertentu.

4. Manfaat Limbah Serbuk Asbes yang digunakan sebagai *filler* pada campuran Lapis Aus (AC-WC) adalah berpengaruh terhadap kualitas campuran aspal beton, sehingga dapat dinyatakan bahwa berat jenis yang dimiliki oleh Limbah Serbuk Asbes ini menghasilkan mutu konstruksi yang baik. Tekstur dari Limbah Serbuk Asbes ini cenderung halus sama seperti semen, dengan penelitian lebih lanjut Limbah Serbuk Asbes memungkinkan untuk dipakai pada campuran Lapis Aus (AC-WC) permukaan aspal beton.
5. Berdasarkan hasil uji *Mann-Whitney* ternyata dari hipotesis yang diajukan terbukti tidak terdapat perbedaan yang signifikan antara aspal beton yang menggunakan serbuk asbes sebagai bahan pengisi dengan aspal beton konvensional yang menggunakan semen sebagai bahan pengisi terhadap nilai parameter *Marshall*.

5.2. Saran

Setelah melakukan penelitian ini, peneliti dapat menyarankan hal-hal berikut :

1. Disarankan untuk melakukan penelitian lebih lanjut menggunakan serbuk asbes sebagai *filler* pada jenis lapis perkerasan lain.
2. Disarankan untuk menggunakan serbuk asbes sebagai *filler* dalam campuran lapis aus permukaan aspal beton dengan persentase 7% dikarenakan seluruh

nilai parameter *Marshall* yang dihasilkan memenuhi persyaratan standar perkerasan jalan (RSNI M-06-2004) dan mendapat hasil yang optimal.

3. Perlu diteliti lebih lanjut mengenai sifat-sifat aspal beton yang lainnya yaitu nilai struktural, durabilitas, workabilitas, dll.

Hendaknya diperhatikan faktor-faktor yang mempengaruhi hasil penelitian, antara lain : penimbangan benda uji, pemeriksaan bahan baik aspal maupun agregat, suhu pencampuran, proses pemadatan, dan lain-lain.

DAFTAR PUSTAKA

- AASHTO T245-90. (t.thn.). *Worksheet For A Marshall Mix Design*.
- ASTM D 1559-76. (t.thn.). *Resistance to Plastic Flow of Bituminous Using Marshall Apparatus*.
- ASTM D6927. (t.thn.). *Standard Test Method for Marshall Stability and Flow of Asphalt Mixtures*.
- Cahyono, S. D. (2013). *Pemanfaatan Limbah Asbes Untuk Pembuatan Batako* . Skripsi. Jurusan Teknik Sipil. Universitas Merdeka Madiun
- Daru, S. (2013). *Pemanfaatan Limbah Asbes Bahan Pengganti sebagian Semen pada Batako Berlubang*. Skripsi. Jurusan Teknik Sipil. Universitas Diponegoro.
- Departemen Permukiman. (2013). *Pekerjaan Perkerasan Jalan*. Jakarta: Virama Karya.
- DIREKTORAT JENDERAL BINA MARGA. (1987). *Petunjuk Pelaksanaan Lapis Aspal Beton (Laston) Untuk Jalan Raya SKBI-2.4.26.1987 UDC :625.75(02)*. Jakarta: Departemen Pekerjaan Umum.
- DPU. (1987). *Petunjuk Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur Jalan Raya dengan Metode Analisa Komponens, SKBI-2.3.26.1987, UDC: 625.73(02)*. Jakarta: Yayasan Badan Penerbit PU.
- Fahmi, S. (2007). *Analisis Campuran Aspal Dengan Limbah Padat Industri Manufaktur Berupa Fly Ash Finishing Sebagai Bahan Filler*. Skripsi. Jurusan Teknik Sipil. Universitas Riau.

- Mutohar, Y. (2002). *Pengaruh Penggunaan Filler Fly Ash Terhadap Nilai Karakteristik Campuran Aspal Emulsi Bergradasi Rapat (CEBR)*. Skripsi Universitas Diponegoro.
- Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No.18 Tahun 1999. (t.thn.). *Tentang Pengelolaan Limbah Berbahaya dan Beracun*. Jakarta: Pemerintah Republik Indonesia.
- Permen PU No.28/PRT/M/2007. (t.thn.). *Pedoman Pelaksanaan Lapis Campuran Beraspal Panas*. DPU.
- SNI 03-1737-1989. (t.thn.). *Pelaksanaan Lapis Aspal Beton (Laston) Untuk Jalan Raya*. Jakarta: BSN.
- SNI 03-4142-1996. (t.thn.). *Metode Pengujian Jumlah Bahan Dalam Agregat Yang Lolos Saringan No. 200 (0,075 mm)*.
- SNI 03-4142-1996. (t.thn.). *Metode pengujian jumlah bahan dalam agregat yang lolos saringan nomor 200 (0,0075)*. Jakarta: BSN.
- SNI 06-6723-2002. (t.thn.). *Spesifikasi Bahan Pengisi Untuk Campuran Beraspal*. Jakarta: DPU.
- Sukirman, S. (1999). *Perkerasan Lentur Jalan Raya*. Bandung: Nova.
- Thamri, M. (2002). Asbes. *Dampak Radiologis Pelepasan Serat Asbes*, 50-62.
- Widodo, S. (2000). *Pengaruh Berat Jenis Filler Terhadap Karakteristik Campuran Split Mastic Asphalt*. Prosiding Simposium III FSTPT, ISBN NO.979-9624-0-X, 1-9.