

**KINERJA PENAMBAHAN SERAT *POLYPROPYLENE* TERHADAP
KARAKTERISTIK MARSHALL MENGGUNAKAN BAHAN PENGIKAT
SHELL 60/70 DENGAN KADAR ASPAL 6,75%**

PROYEK AKHIR

Diajukan Kepada Fakultas Teknik
Universitas Negeri Yogyakarta
Untuk Memenuhi Sebagian Persyaratan
Guna Memperoleh Gelar Ahli Madya



Oleh:
Widar Rahmat Setiyawan
NIM. 10510134013

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
JURUSAN PENDIDIKAN TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA**

2013

LEMBAR PERSETUJUAN

Proyek Akhir yang berjudul "Kinerja Penambukan Serat Polysulfone Terhadap Karakteristik Marshall Menggunakan Bahan Pengikat Shell 60/70 Dengan Kadar Aspal 6,75%" ini telah disetujui oleh pembimbing untuk diajukan.



Yogyakarta, September 2013
Dosen Pembimbing,

Enoch Ma'arif M. Eng.
NIP. 19850407 201012 1 006

LEMBAR PENGESAHAN
PROYEK AKHIR

KINERJA PENAMBAHAN SERAT *POLYPROPYLENE* TERHADAP
KARAKTERISTIK MARSHALL MENGGUNAKAN BAHAN PENGIKAT
SHELL 60/70 DENGAN KADAR ASPAL 6,75%

Dipersepsi dan Disusun oleh:
NAMA : Widar Rahmat Setiawan
NIM : 10510134011

Telah dipertahankan di depan Panitia Pengaji Proyek Akhir
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA

Pada tanggal September 2013

Dan dinyatakan telah memenuhi syarat untuk memperoleh gelar

Akhi Madya

Susunan Panitia Pengaji

Jabatan	Nama Lengkap dan Gelar	Tanda Tangan
---------	------------------------	--------------

Ketua/Pembimbing	Faizul Ma'arif, M. Eng.	
------------------	-------------------------	--

Pengaji I	Ir. Endaryanto, M.T.	
-----------	----------------------	--

Pengaji II	Ir. Sunardi Muryadi	
------------	---------------------	---

Yogyakarta, September 2013

Dekan Fakultas Teknik
Universitas Negeri Yogyakarta

Dr. Muchlis Busril Triyanto, M.Pd.
NIP. 19560216 198603 1 003

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Widar Rahmat Setiawan
NIM : 10510134013
Program Studi : D3 Teknik Sipil
Judul Proyek Akhir : KINERJA PENAMBAHAN SERAT
POLYPROPYLENE TERHADAP
KARAKTERISTIK MARSHALL
MENGUNAKAN BAHAN PENGIKAT
SHELL 60/70 DENGAN KADAR ASPAL 6,75%

Menyatakan bahwa Proyek Akhir ini adalah pekerjaan saya sendiri dan sepanjang pengetahuan saya, tidak berisi materi yang ditulis orang lain sebagai penyusunan penyelesaian studi di Universitas Negeri Yogyakarta atau di Perguruan Tinggi lain, kecuali secara tertulis dicantumkan dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Yogyakarta, September 2013

Yang menyatakan,



Widar Rahmat Setiawan

NIM. 10510134013

LEMBAR PERSEMBAHAN

Laporan Proyek Akhir ini khusus dipersembahkan untuk:

Kedua orang tua saya yang turut memberi motivasi untuk menyelesaikan
laporan ini.

Adik saya yang selalu mendoakan agar cepat selesai..

Semua teman-teman Jurusan Pendidikan Teknik Sipil khususnya D3-R Teknik
Sipil kelas E angkatan 2010.

Teman-teman kost yang selalu mendukung agar cepat selesai.

Semua pihak yang telah membantu dalam penyusunan laporan yang tidak bisa
disebutkan.

MOTTO

Hati suci selalu benar, tetapi gejolak hati selalu mengubah hasrat hati suci.

Orang yang ada dalam hati suci adalah orang yang taqwa dan beriman.itulah

tantangan hidup, hidup yang tiada hari tanpa belajar ,dan jadikansah Ibu

tersebut berguna bagi diri sendiri dan orang lain, dan dikala ada kekecewaan

jadikansah senjata sukses dimasa depan, jangan menunggu kesuksesan

karena itu tindakan sia-sia yang bodoh, satu hal dalam hidup,pendidikan

metupakan perlengkapan paling baik untuk hari tua dan selalu ingat Allah

SWT.

KATA PENGANTAR

Puji Syukur penyusun panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa yang telah melimpahkan Karunia-Nya. Sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan Proyek Akhir dengan judul **“Kinerja Penambahan Serat *Polypropylene* Terhadap Karakteristik Marshall Menggunakan Bahan Pengikat Shell 60/70 Dengan Kadar Aspal 6,75%”** dengan baik. Proyek Akhir ini merupakan salah satu kewajiban dari mahasiswa yang harus ditempuh untuk mendapatkan gelar Ahli Madya di program studi Teknik Sipil dan Perencanaan Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta.

Penyusun menyadari bahwa dalam penyusunan Proyek Akhir ini tidak akan terselesaikan dengan baik tanpa ada dukungan dari berbagai pihak yang terkait, sehingga pada kesempatan ini penyusun mengucapkan terima kasih kepada:

1. Ayah dan Ibu tercinta yang selalu memberi dukungan dalam bentuk materiil dan moril sehingga dapat terselesaikannya laporan ini.
2. Bapak Drs. Agus Santoso, M.pd selaku Ketua Jurusan Pendidikan Teknik Sipil dan Perencanaan
3. Bapak Faqih Ma'arif, M.Eng. selaku Dosen pembimbing Proyek Akhir.
4. Mas Maris Setyo Nugroho A.Md.T yang telah banyak memberikan Sharing, tentang Proyek Akhir.
5. Dr.-Ing. Satoto Endar Nayono, S.T., M.Sc., M.Eng. selaku Koordinator Proyek Akhir yang telah memberikan pengarahan dan saran selama proses pembuatan Proyek Akhir.

6. Bapak Sudarman, S.Pd. selaku Teknisi Laboratorium yang selalu membantu dan mengarahkan dalam proses pengumpulan data.
7. Kepada Adikku yang selalu memberi semangat baru dalam berbagai hal dan doa sehingga laporan dapat terselesaikan Proyek Akhir ini dengan lancar.
8. Anggoro, Adit, Arif, Dhimas, Nurkholis, selaku partner dalam proses pelaksanaan Proyek Akhir.
9. Teman-teman semua kelas E angkatan 2010, yang telah membantu di dalam Laboratorium Bahan Bangunan PTSP UNY.
10. Dodot, Candra, Bayu, Supriyadi, Rifky, Tian, Arif M, Hendra, Afran, Fitrianto, Septa, Anggi, Yudha, Agan, Firmansyah yang selalu mendukung terselesaikannya Proyek Akhir dengan lancar.
11. Teman-teman di Cilacap.

Penyusun menyadari bahwa Proyek Akhir ini masih jauh dari sempurna, oleh karena itu penyusun mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun demi kesempurnaan laporan ini dan semoga dapat bermanfaat bagi semua yang membaca laporan ini khususnya di lingkungan Teknik Sipil. Amin.

Yogyakarta, September 2013

Penyusun

***THE PERFORMANCE OF POLYPROPYLENE FIBER BASED ON
MARSHALL CHARACTERISTIC USING SHELL 60/70 WITH BITUMEN
CONTENT 6,75%***

Authors:

**Widar Rahmat Setiawan
Faqih Ma'arif**

ABSTRACT

The purpose of this study are to know the chacarteristics of Marshall using asphalts binder Shell (Singapore) 60/70 using Bantak aggregate and Polypropylene Fibers, in terms of density value, Marshall stability, flow, VFB (Void Filled Bitumen), VIM (Void in Mix), VMA (Void in Mineral Agregat), MQ (Marshall Quotient).

This study used asphalt mixture testing Shell with optimum asphalt content of 6,75% Polypropylene Fibers are added with Marshall Methods. Fibers content was used 0,1%; 0,2%; 0,3%; 0,5%, with each variant made 3 specimen. This study was did at Laboratorium Bahan Bangunan Jurusan Teknik Sipil dan Perencanaan, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Yogyakarta. The experiment test include inspection of fine and coarse aggregate and filler, production of test specimens asphalt concrete mixtures and the test using Marshall Methods.

The test result of Polypropylene Fiber material with a dry way method is as follows; averrage value of Marshall stability 800,01 kg; 700,43 kg; 752,2 kg; and 655,95 kg, averrage value of density 2,168 gr/cc; 2,141 gr/cc; 2,121 gr/cc; and 2,131 gr/cc, averrage value of Flow 3,17 mm; 3,08 mm; 2,14 mm; and 2,27 mm, averrage value of VIM (Void in Mix) 3,7%; 4,8%; 5,7%; and 5,3%, averrage value of VMA (Void in Mineral Agregat) 13,28%; 14,33%; 15,13%; and 14,76%, averrage value of VFB (Void Filled Bitumen) 73,49%; 66,33%; 62,21%; and 64,27%, and averrage value of MQ (Marshall Quotient) 257,44 kg/mm; 245,818 kg/mm; 384,338 kg/mm; and 378,483 kg/mm.

Keywords: Bantak Aggregate, Asphalt Shell (Singapore) AC 60/70, Fiber Polypropylene

**KINERJA PENAMBAHAN SERAT *POLYPROPYLENE*
TERHADAP KARAKTERISTIK MARSHALL
MENGUNAKAN BAHAN PENGIKAT SHELL 60/70 DENGAN
KADAR ASPAL 6,75**

**Oleh:
Widar Rahmat Setiyawan
NIM. 10510134013**

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik Marshall menggunakan bahan pengikat aspal *Shell (Singapore)* 60/70 dengan menggunakan agregat Bantak dan serat *Polypropylene*, ditinjau dari nilai kepadatan (*density*), stabilitas Marshall, kelelehan (*flow*), VFB (*Void filled Bitumen*), VIM (*Void in Mix*), VMA (*Void in Mineral Agregat*), dan MQ (*Marshall Quotient*).

Penelitian ini menggunakan pengujian campuran beraspal *Shell (Singapore)* dengan kadar optimum aspal 6,75% yang ditambah Serat *Polypropylene* dengan metode Marshall. Kadar Serat yang digunakan berturut-turut sebesar 0,1%; 0,2%; 0,3%; dan 0,5%; dengan masing-masing varian dibuat 3 benda uji. Pelaksanaan penelitian dilakukan di Laboratorium Bahan Bangunan Jurusan Teknik Sipil dan Perencanaan, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Yogyakarta. Tahapan pelaksanaan meliputi pemeriksaan agregat (agregat halus dan agregat kasar), pemeriksaan *filler*, pembuatan benda uji campuran beton aspal dan pengujian menggunakan metode Marshall.

Hasil uji kinerja pengaruh karakteristik Marshall dengan bahan tambah serat *Polypropylene* dengan metode cara kering adalah sebagai berikut: nilai rerata stabilitas Marshall 800,01 kg; 700,43 kg; 752,2 kg; dan 655,95 kg, nilai rerata Kepadatan (*Density*) 2,168 gr/cc; 2,141 gr/cc; 2,121 gr/cc; dan 2,131 gr/cc, nilai rerata Kelelehan (*Flow*) 3,17 mm; 3,08 mm; 2,14 mm; dan 2,27 mm, nilai rerata VIM (*Void in Mix*) 3,7%; 4,8%; 5,7%; dan 5,3%, nilai rerata VMA (*Void in Mineral Agregat*) 13,28%; 14,33%; 15,13%; dan 14,76%, nilai rerata VFB (*Void Filled Bitumen*) 73,49%; 66,33%; 62,21%; dan 64,27%, dan nilai rerata MQ (*Marshall Quotient*) 257,44 kg/mm; 245,818 kg/mm; 384,338 kg/mm; dan 378,483 kg/mm.

Kata Kunci : Agregat Bantak, Aspal *Shell (Singapore)* 60/70, Serat *Polypropylene*

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1. Skema Volume Butir Agregat	11
Gambar 2. Fungsi Aspal Pada Setiap Butir Agregat	14
Gambar 3. Perbedaan Fungsi Aspal Pada Lapisan Jalan	14
Gambar 4. Skematis Berbagai Jenis Volume Beton Aspal	17
Gambar 5. <i>Flowchart</i> Hubungan Variabel	25
Gambar 6. Bagan Alir Penelitian	27
Gambar 7. Mesin <i>Los Angeles</i>	39
Gambar 8. Satu Set Saringan Pasir	29
Gambar 9. Timbangan.....	30
Gambar 10. Oven atau alat pengering.....	30
Gambar 11 Kain Lap dan Kuas.	31
Gambar 12. Nampan Seng	31
Gambar 13. Bak perendam.....	32
Gambar 14. Alat Uji Penetrasi Aspal.....	33
Gambar 15. Alat Uji Titik Lembek	33
Gambar 16. Alat Uji Titik Nyala dan Titik Bakar	34
Gambar 17. Alat Uji Berat Jenis Aspal	34
Gambar 18. Cetakan Benda Uji Marshall	35
Gambar 19. <i>Ejector</i>	35
Gambar 20. Mesin Penumbuk	36
Gambar 21. Landasan Pemadat	36

Gambar 22. Alat Uji Marsall	37
Gambar 23. Grafik Hubungan Kepadatan (Density) dan Kadar Serat	50
Gambar 24. Grafik Hubungan Stabilitas dan Kadar Serat	52
Gambar 25. Grafik Hubungan <i>Flow</i> dan Kadar Serat	54
Gambar 26. Grafik Hubungan <i>VFB</i> dan Kadar Serat	56
Gambar 27. Grafik Hubungan Kadar Serat dan <i>VIM</i>	59
Gambar 28. Grafik Hubungan Kadar Serat dan <i>VMA</i>	61
Gambar 29. Grafik Hubungan Kadar Serat dan MQ	62

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 1. Persyaratan Agregat Kasar	9
Tabel 2. Persyaratan Agregat Halus	10
Tabel 3. Ukuran Butir Agregat	12
Tabel 4. Komposisi Campuran Marshall	16
Tabel 5. Ketentuan Agregat Kasar	39
Tabel 6. Ketentuan Agregat Halus	39
Tabel 7. Ketentuan Agregat <i>Filler</i>	40
Tabel 8. Ketentuan Aspal	40
Tabel 9. Hasil Pemeriksaan Aspal <i>Shell (Singapore)</i> AC 60/70	44
Tabel 10. Hasil Pemeriksaan Agregat Bantak	45
Tabel 11. Hasil Pemeriksaan Marshall	46
Tabel 12. Hasil Pengujian Kepadatan (<i>Density</i>) Marshall	49
Tabel 13. Hasil Pengujian Stabilitas Marshall	51
Tabel 14. Hasil Pengujian <i>Flow/Kelelehan</i>	53
Tabel 15. Hasil pengujian <i>VFB (Void Filled Bitumen)</i>	56
Tabel 16. Hasil Pengujian <i>VIM (Void In Mix)</i>	58
Tabel 17. Hasil Pengujian <i>VMA (Void In Mineral Aggregate)</i>	60
Tabel 18. Hasil Pengujian <i>MQ (Marshall Quotient)</i>	62

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERSETUJUAN.....	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
HALAMAN PERNYATAAN	iv
LEMBAR PERSEMBAHAN	v
MOTTO.....	vi
KATA PENGANTAR	vii
ABSTRAK	ix
DAFTAR ISI	x
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR ISTILAH	xvi
DAFTAR LAMPIRAN	xvi
 BAB I PENDAHULUAN	 1
A. Latar Belakang	1
B. Identifikasi Masalah	2
C. Batasan Masalah	3
D. Rumusan Masalah	3
E. Tujuan Penelitian	4
F. Manfaat Penelitian	4
 BAB II KAJIAN PUSTAKA	 5
A. Campuran Aspal Beton	5
1. Aspal.....	5
2. Serat <i>Polypropylene</i>	6
3. Agregat	8
a. Pengertian Agregat.....	8

b. Jenis Agregat	9
c. Berat Jenis Agregat	11
d. Gradasi Agregat	11
4. Agregat Bantak.....	12
B. Fungsi Aspal Sebagai Material Perkerasan Jalan	13
C. Metode Marshall	15
D. Sifat Volumetrik Dari Campuran Beton Aspal	16
E. Parameter dan Formula Perhitungan	18
1. Berat Jenis <i>Bulk</i> dan <i>Apparent</i> Total Agregat	18
2. Berat Jenis Efektif Agregat	18
3. Berat Jenis Maksimum Campuran	19
4. Berat Jenis <i>Bulk</i> Campuran Padat	19
5. Penyerapan Aspal	20
6. Kadar Aspal Efektif	20
7. Rongga Diantara Mineral Agregat (<i>VMA</i>)	20
8. Rongga Didalam Campuran (<i>VIM</i>)	21
9. Rongga Udara Terisi Aspal (<i>VFB</i>)	21
10. Stabilitas	21
11. <i>Flow</i>	21
12. Hasil Bagi Marshall	22
BAB III METODE PENELITIAN	23
A. Metode dan Desain	23
B. Variabel Penelitian	24
C. Diagram <i>Flowchart</i>	26
D. Bahan Penelitian	28
E. Peralatan Penelitian.....	28
F. Pengujian Bahan	38
1. Pengujian Agregat Kasar	38
2. Pengujian Agregat Halus	39
3. <i>Filler</i>	39

4. Pengujian Aspal	40
G. Pengujian Marshall	41
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	44
A. Hasil Penelitian	44
1. Pemeriksaan Aspal	44
2. Pemeriksaan Agregat Bantak	44
3. Hasil Pengujian Marshall	45
B. Pembahasan	46
1. Pemeriksaan Aspal	46
2. Pemeriksaan Agregat	48
3. Pengujian Marshall	49
BAB V SIMPULAN DAN SARAN.....	64
A. Simpulan	64
B. Saran	65
DAFTAR PUSTAKA.....	66

LAMPIRAN

DAFTAR ISTILAH

B_a	: Berat benda uji kering permukaan jenuh di dalam air
B_j	: Berat benda uji kering permukaan jenuh, dalam gram
B_k	: Berat benda uji kering oven
G_b	: Berat jenis aspal
G_{mb}	: Berat jenis campuran setelah pemadatan
G_{mm}	: Berat jenis campuran maksimum teoritis setelah pemadatan
G_{sa}	: Berat jenis semu agregat/ <i>apparent spesific gravity</i>
$G_{sa\text{tot agregat}}$: Berat jenis semu agregat gabungan
$G_{sa1}, G_{sa2} \dots G_{san}$: Berat jenis semu dari masing-masing agregat 1,2,3,...n
G_{sb}	: Berat jenis kering agregat/ <i>bulk spesific gravity</i>
$G_{sb1}, G_{sb2} \dots G_{sbn}$: Berat jenis kering dari masing-masing agregat 1, 2,...n
$G_{sbtot agregat}$: Berat jenis kering agregat gabungan
G_{se}	: Berat jenis efektif/ <i>efective spesific gravity</i>
M_f	: <i>Flow Marshall</i>
MQ	: <i>Marshall Quotient</i>
M_s	: <i>Marshall Stability</i>
P_b	: Prosentase kadar aspal terhadap total campuran
P_{ba}	: Penyerapan aspal, persen total agregat
P_{mm}	: Persen berat total campuran
P_s	: Kadar agregat, persen terhadap berat total campuran
P_{be}	: Kadar aspal efektif, persen total campuran

$P_1, P_2, P_3, \dots P_n$: Prosentase berat dari masing-masing agregat
V_{bulk}	: Volume campuran setelah pemadatan
VFB	: Rongga udara yang terisi aspal, prosentase dari VMA
VIM	: Rongga udara pada campuran setelah pemadatan, prosentase dari volume total
VMA	: Rongga udara pada mineral agregat, prosentase dari volume total
W_a	: Berat di udara

DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1. Laporan pengujian pemanasan aspal
- Lampiran 2. Laporan pengujian penetrasi aspal
- Lampiran 3. Laporan pengujian titik nyala dan titik bakar aspal
- Lampiran 4. Laporan pengujian titik lembek aspal
- Lampiran 5. Laporan berat jenis aspal
- Lampiran 6. Laporan Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar
- Lampiran 7. Laporan Pengujian Keausan Agregat Kasar
- Lampiran 8. Laporan Pengujian MKB Agregat Kasar
- Lampiran 9. Laporan Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus
- Lampiran 10. Laporan Pegujian MKB Agregat Halus
- Lampiran 11. Grafik Pengujian MKB Agregat Halus
- Lampiran 12. Laporan Pengujian Berat Jenis *Filler*
- Lampiran 13. Laporan Pengujian Volumetrik Marshall
- Lampiran 14. Laporan Pengujian Marshall

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Bantak merupakan material yang berpori dan mempunyai tingkat kekerasan yang rendah, maka dari itu material tersebut tidak banyak digunakan untuk bahan konstruksi, walaupun ketersediaannya sangat banyak yaitu sekitar 70% dari semua material yang dikeluarkan oleh Gunung Merapi (Wijayanto, 2012).

Penelitian Proyek Akhir ini akan melanjutkan penelitian yang dilakukan oleh Wijayanto (2012) tentang pemanfaatan agregat Bantak. Akan tetapi agregat yang digunakan yaitu Bantak sebagai agregat kasar, Bantak sebagai agregat halus dan *filler* pada perkerasan lentur jalan dengan mengacu metode pengujian campuran beraspal panas dengan alat Marshall. Serta menambahkan variasi serat *Polypropylene* sebagai bahan campur agregat. Serat *Polypropylene* sendiri berasal dari monomer C_3H_6 merupakan hidrokarbon murni, susunan atom biasa dalam molekul polymer dan kristalisasi tinggi bernama *Isotactic Polypropylene* (Tayyib dan Zahrani, 2005). Sebagai bahan pengikat agregat digunakan aspal *Shell (Singapore)* dengan kadar optimum aspal 6,75% yang di *import* melalui distributor PT. Wana Indah Asri.

Beberapa keuntungan penggunaan serat *Polypropylene* dalam campuran aspal beton, adalah sebagai berikut: (Dina : 1999)

1. Memperbaiki daya ikat aspal beton, sehingga dapat mengurangi keretakan akibat penyusutan.
2. Memperbaiki ketahanan terhadap kikisan.
3. Memperbaiki ketahanan terhadap tumbukan.
4. Memperbaiki ketahanan terhadap peresapan air dan bahan kimia.
5. Memperbaiki keawetan aspal beton.

B. Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas maka dapat diidentifikasi beberapa permasalahan antara lain:

1. Pengaruh agregat Bantak dan variasi serat *Polypropylene* sebagai campuran aspal beton dengan bahan pengikat aspal *Shell*.
2. Hubungan antara kadar aspal *Shell* optimum dengan stabilitas Marshall jika agregat yang dipakai adalah agregat bantak dan serat *Polypropylene*.
3. Hubungan antara kadar aspal *Shell* optimum dengan nilai persentase volume pori dalam beton aspal padat (*VIM*) jika agregat yang dipakai adalah agregat bantak dan serat *Polypropylene*.
4. Hubungan antara kadar aspal *Shell* optimum dengan nilai persentase volume pori diantara butir-butir agregat dalam beton aspal padat yang terisi oleh aspal (*VFB*) jika agregat yang dipakai adalah agregat bantak dan serat *Polypropylene*.

5. Hubungan antara kadar aspal *Shell* optimum dengan nilai persentase volume pori diantara butir-butir agregat dalam beton aspal padat (VMA) jika agregat yang dipakai adalah agregat bantak dan serat *Polypropylene*.
6. Kadar Serat *Polypropylene* untuk memperoleh proporsi campuran aspal beton yang baik jika agregat yang digunakan adalah agregat Bantak.
7. Hubungan antara kadar serat *Polypropylene* dengan karakteristik Marshall.

C. Batasan Masalah

Berdasarkan identifikasi di atas, maka masalah dibatasi dengan:

Variasi kadar serat *Polypropylene* yang digunakan adalah 0,1%; 0,2%; 0,3%; 0,5%.

D. Rumusan Masalah

Berdasarkan identifikasi masalah di atas, maka dapat dirumuskan permasalahan yaitu sebagai berikut:

Bagaimanakah kinerja penambahan serat *Polypropylene* terhadap karakteristik Marshall menggunakan bahan pengikat *Shell* 60/70 dengan kadar aspal 6,75 % ?

E. Tujuan Penelitian

Tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian Proyek Akhir ini adalah sebagai berikut:

Mengetahui kinerja penambahan serat *Polypropylene* terhadap karakteristik Marshall menggunakan bahan pengikat *Shell* 60/70 dengan kadar aspal 6,75 %

F. Manfaat Penelitian

Manfaat yang dapat diperoleh dari penelitian Proyek Akhir ini antara lain:

1. Meningkatkan pemanfaatan agregat Bantak sebagai bahan konstruksi perkerasan lentur jalan raya.
2. Dapat memberikan informasi yang jelas tentang karakteristik variasi agregat Bantak sebagai campuran aspal beton ditinjau dari pengujian laboratorium.
3. Memberikan pengetahuan tentang pengaruh persentase kadar serat *Polypropylene* yang digunakan pada campuran aspal beton jika agregat yang dipakai adalah variasi agregat Bantak.
4. Memberikan informasi tentang karakteristik campuran aspal beton ditinjau dari metode pengujian Marshall yang menggunakan agregat kasar Bantak, agregat halus dan *filler* Bantak, serat *Polypropylene* dengan bahan pengikat agregat aspal *Shell* (Kepadatan, Stabilitas, *Flow*, *VIM*, *VFB*, *VMA*, *MQ*).

BAB II

KAJIAN PUSTAKA

A. Campuran Aspal Beton

Campuran aspal adalah kombinasi material bitumen dengan agregat yang merupakan permukaan perkerasan yang biasa dipergunakan akhir-akhir ini. Material aspal dipergunakan untuk semua jenis jalan raya dan merupakan salah satu bagian dari lapisan aspal beton jalan raya kelas satu hingga dibawahnya. Material bitumen adalah hidrokarbon yang dapat larut dalam karbondisulfat. Material tersebut biasanya dalam keadaan baik pada suhu normal apabila kepanasan akan melunak atau berkurang kepadatannya. Ketika terjadi pencampuran antara agregat dengan bitumen yang kemudian keadaan dingin, campuran tersebut akan mengeras dan akan mengikat agregat secara bersamaan dan membentuk suatu lapisan permukaan perkerasan (Putrowijoyo, 2006).

1. Aspal

Aspal didefinisikan sebagai material perekat (*cementitious*) berwarna hitam atau coklat tua, dengan unsur utama bitumen. Aspal dapat diperoleh di alam ataupun merupakan residu dari pengilangan minyak bumi. *Tar* adalah material berwarna coklat atau hitam, berbentuk cair atau semipadat, dengan unsur utama bitumen sebagai hasil kondensat dalam destilasi destruktif dari batubara, minyak bumi, atau material organik lainnya. *Pitch* didefinisikan sebagai material perekat (*cementitious*) padat, berwarna coklat atau hitam, yang berbentuk cair jika dipanaskan. *Pitch* diperoleh

sebagai residu dari destilasi fraksional *tar*. *Tar* dan *Pitch* tidak diperoleh di alam, tetapi merupakan produk kimiawi. Dari ketiga material pengikat di atas, aspal merupakan material yang umum digunakan untuk bahan pengikat agregat, oleh karena itu seringkali bitumen disebut pula sebagai aspal.

Aspal adalah material yang pada temperatur ruang berbentuk padat sampai agak padat, dan bersifat termoplastis. Jadi, aspal akan mencair jika dipanaskan sampai temperatur tertentu, dan kembali membeku jika temperatur turun. Bersama dengan agregat, aspal merupakan material pembentuk campuran perkerasan jalan. Banyaknya aspal dalam campuran perkerasan berkisar antara 4-10% berdasarkan berat campuran, atau 10-15% berdasarkan volume campuran (Sukirman, 2003).

2. Serat *Polypropylene*

Serat *Polypropylene* berasal dari monomer C_3H_6 merupakan hidrokarbon murni. Berdasar pada *Zonsveld* bahwa bahan ini dibuat dengan polimerisasi, merupakan molekul yang berat dan proses produksi sampai menjadi serat gabungan untuk memberikan sifat-sifat yang berguna pada serat *Polypropylene* ini. Susunan atom biasa dalam molekul *polymer* dan kristalisasi tinggi, bernama *Isotactic Polypropylene*. Permukaan yang *Hidrophobic*, tidak akan basah terkena pasta semen, membantu mencegah pukulan pada serat dan mengembang pada saat pencampuran atau terletak pada tempat yang berbeda tidak perlu air.

Sifat-sifat yang dapat diperbaiki oleh serat *Polypropylene* menurut (Tayyib dan Zahrani, 2005) adalah sebagai berikut:

- a. Daktilitas : berhubungan dengan kemampuan dalam menyerap energi.
- b. Ketahanan terhadap beban kejut (*Impact Resistance*)
- c. Kemampuan menahan tarik dan momen lentur
- d. Ketahanan terhadap kelelahan
- e. Ketahanan pengaruh susutan (*Shrinkage*)
- f. Ketahanan aus
- g. Ketahanan terhadap keretakan (*Spalling*)

Kelemahan serat *Polypropylene*:

- a. Mudah menyala: api akan meninggalkan beton dengan penambahan porositas yang sama, pada serat yang menjadi satu sebagai serat untuk menahan benturan. Biasanya digunakan 0,3-1,5 % volume.
- b. Modulus elastisitas yang rendah, berarti dengan adanya serat menurunkan ketahanan retak dari komposit. Dan hasil desakan sangat luas sebelum retak yang kompleks terjadi secara menyeluruh.
- c. Ikatan yang rapuh antara serat dan matriks berakibat pada kuat tarik rendah
- d. Serangan matahari dan oksigen, untuk melindungi polypropylene terhadap radiasi ultraviolet dan oksidasi pabrikan biasanya menjadi penyetabil pada pigmen: yang mana hasil dalam serat cukup dapat diterima untuk digunakan pada atap pada bangunan-bangunan militer.

3. Agregat

a. Pengertian Agregat

Berdasarkan (Departemen Pekerjaan Umum–Direktorat Jenderal Bina Marga. 1998) agregat adalah sekumpulan butir-butir batu pecah, kerikil, pasir atau mineral lainnya berupa hasil alam atau buatan. Agregat adalah partikel mineral yang berbentuk butiran-butiran yang merupakan salah satu penggunaan dalam kombinasi dengan berbagai macam tipe mulai dari sebagai bahan material di semen untuk membentuk beton, lapis pondasi jalan, material pengisi, dan lain-lain (Harold N. Atkins, PE. 1997). Sedangkan secara umum agregat didefinisikan sebagai formasi kulit bumi yang keras dan padat (Silvia Sukirman, 2003).

Beberapa pendapat di atas, maka dapat diartikan bahwa agregat sebagai suatu kumpulan butiran batuan yang berukuran tertentu yang diperoleh dari hasil alam langsung maupun dari pemecahan batu besar ataupun agregat yang disengaja dibuat untuk tujuan tertentu. Seringkali agregat diartikan pula sebagai suatu bahan yang bersifat keras dan kaku yang digunakan sebagai bahan pengisi campuran. Agregat dapat berupa berbagai jenis butiran atau pecahan batuan, termasuk di dalamnya antara lain: pasir, kerikil, agregat pecah, abu/debu agregat dan lain-lain (Harold N. Atkins, PE. 1997).

b. Jenis Agregat

1) Agregat Kasar

Fraksi agregat kasar yaitu tertahan pada saringan #8 (2,36mm), fungsi agregat kasar adalah sebagai berikut:

- a) Memberikan stabilitas campuran dari kondisi saling mengunci dari masing-masing agregat kasar dan dari tahanan gesek terhadap suatu aksi perpindahan.
- b) Stabilitas ditentukan oleh bentuk dan tekstur permukaan agregat kasar (kubus dan kasar).

Tabel 1. Persyaratan Agregat Kasar

No	Jenis Pekerjaan	Standar		Syarat	Sat
		AASHTO	Bina Marga Marga		
1	Abrasi	T-96-74	PB-0206-76	Max.40	%
2	Kelekatan terhadap aspal	T-182-76	PB-0205-74	95	%
3	BJ semu	T-85-74	PB-0202-76	>2,50	-
4	Absorpsi	T-85-74	PB-0202-76	<3	%

(RSNI 03-1737-1989)

2) Agregat Halus

Fraksi agregat halus yaitu lolos saringan #8 dan tertahan #200, fungsi agregat halus adalah sebagai berikut:

- a) Menambah stabilitas dari campuran dengan memperkokoh sifat saling mengunci dari agregat kasar dan juga untuk mengurangi rongga udara agregat kasar.
- b) Semakin kasar tekstur permukaan agregat halus akan menambah stabilitas campuran dan menambah kekasaran permukaan.

- c) Agregat halus pada #8 sampai dengan #30 penting dalam memberikan kekasaran yang baik untuk kendaraan pada permukaan aspal.
- d) Pada *Gap Graded*, agregat halus pada #8 sampai dengan #30 dikurangi agar diperoleh rongga udara yang memadai untuk jumlah aspal tertentu, sehingga permukaan *Gap Graded* cenderung halus.
- e) Agregat halus pada #30 sampai dengan #200 penting untuk menaikkan kadar aspal, akibatnya campuran akan lebih awet.
- f) Keseimbangan proporsi penggunaan agregat kasar dan halus penting agar diperoleh permukaan yang tidak licin dengan jumlah kadar aspal yang diinginkan.

Tabel 2. Persyaratan Agregat Halus

No	Jenis Pekerjaan	Standar		Syarat	Sat.
		AASHTO	Bina Marga		
1	BJ Semu	T-85-74	PB-0202-76	>2,50	-
2	<i>Absorpsi</i>	T-85-74	PB-0202-76	<3	%

(RSNI 03-1737-1989)

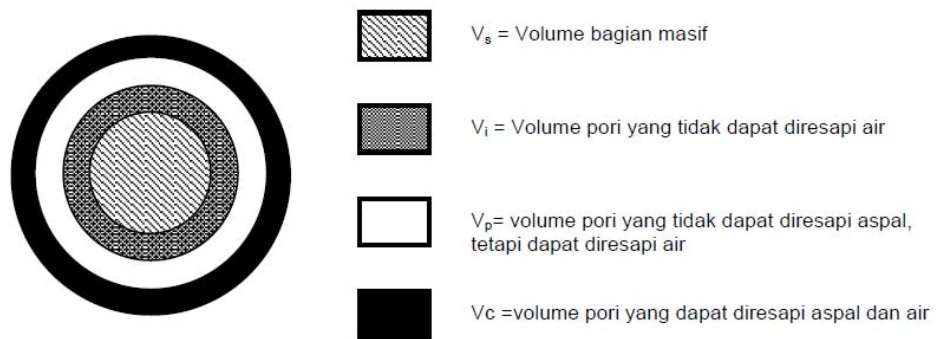
3) Bahan Pengisi (*filler*)

Bahan Pengisi atau *filler* adalah sebagai pengisi rongga udara pada material sehingga memperkaku lapisan aspal. Apabila campuran agregat kasar dan halus masih belum masuk dalam spesifikasi yang telah ditentukan, maka pada campuran aspal beton perlu ditambah dengan *filler*. Sebagai *filler* dapat digunakan debu batu kapur, debu *dolomite* atau semen *Portland*. *filler* yang baik adalah yang tidak

tercampur dengan kotoran atau bahan lain yang tidak dikehendaki dan dalam keadaan kering (kadar air maks. 1%).

c. Berat Jenis Agregat

Berat Jenis Agregat adalah perbandingan antara berat volume agregat dan volume air. Agregat dengan berat jenis kecil mempunyai volume yang besar atau berat jenis ringan.



Gambar 1. Skema Volume Butir Agregat (Sumber: Sukirman, 2003).

Berdasarkan gambar diatas terlihat skema volume butir agregat, yang terdiri dari volume agregat *massif* (V_s), volume pori yang tidak dapat diresapi oleh air (V_i), volume pori yang diresapi air (V_p+V_c), dan volume pori yang dapat diresapi aspal (V_c).

$$V_s + V_p + V_i + V_c = \text{volume total butir agregat}$$

$$V_p + V_i + V_c = \text{volume pori agregat}$$

d. Gradasi Agregat

Gradasi agregat adalah distribusi dari ukuran partikelnya dan dinyatakan dalam persentase terhadap total beratnya. Gradasi ditentukan dengan melewati sejumlah material melalui serangkaian saringan dari ukuran besar ke ukuran kecil dan menimbang berat

material yang tertahan pada masing-masing saringan. Ukuran butir agregat menurut SNI 03-1968-2002 disajikan pada Tabel 3 di bawah ini:

Tabel 3. Ukuran Butir Agregat

Ukuran Saringan	Bukaan (mm)	Ukuran Saringan	Bukaan (mm)
4 inci	100,00	3/8 inci	9,5
3 ½ inci	90,00	No.4	4,75
3 inci	75,00	No.8	2,36
2 ½ inci	63,00	No.16	1,18
2 inci	50,00	No.30	0,6
1 ½ inci	37,50	No.50	0,3
1 inci	25,00	No.100	0,15
¾ inci	19,00	No.200	0,075
½ inci	12,50	-	-

Analisis saringan dapat dilakukan dengan cara basah atau kering. Analisis basah dilakukan untuk menentukan jumlah bahan dalam agregat yang lolos saringan No.200, mengikuti manual SNI-M-02-1994-03. Presentase lolos saringan ditentukan melalui pengujian analisis saringan agregat halus dan kasar (saringan kering) sesuai manual SNI-03-1968-1990. Pemeriksaan jumlah bahan dalam agregat yang lolos saringan No.200, dengan menggunakan saringan basah dapat dilanjutkan dengan mengeringkan benda uji dan selanjutnya melakukan pengujian analisis saringan agregat halus dan kasar (Sukirman, 2003).

4. Agregat Bantak

Menurut Yusuf, 2011. Bantak merupakan limbah penambangan pasir yang melimpah dikantong pasir SABO Dam Merapi. Dalam penelitian, didapatkan bahwa bantak dapat dimanfaatkan sebagai bahan material

beton non-pasir. Perkembangan selanjutnya material ini bisa dimanfaatkan sebagai bahan bangunan nonstruktural atau bangunan 1 lantai, beton cor ditempat, kolom, balok dan bata gema.

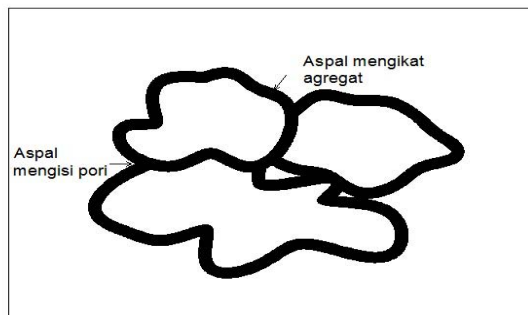
Beberapa penelitian sebelumnya tentang pemanfaatan Bantak sebagai bahan perkerasan jalan, menyimpulkan bahwa batu Bantak dapat digunakan sebagai bahan perkerasan lentur jalan raya, yang kebanyakan penelitian tersebut memodifikasikan agregat kasar Bantak dengan agregat kasar lainnya, karena Bantak mempunyai nilai abrasi yang tinggi. Bantak juga mudah hancur, pasar permintaan Bantak rendah akibatnya Bantak hanya berfungsi sebagai limbah penambangan pasir. Kekuatan Bantak yang rendah adalah alasan yang paling utama, hal ini sesuai hasil penelitian-penelitian laboratorium yang mengatakan kerikil Merapi itu memiliki kadar keausan dibawah standar dan termasuk jenis batu ringan. Secara struktural, batuan ini memiliki kekuatan yang tidak tinggi. Meskipun begitu, karena ketersediaannya yang sangat melimpah maka Bantak perlu diteliti lebih lanjut sebagai material perkerasan lentur jalan raya.

B. Fungsi Aspal Sebagai Material Perkerasan Jalan

Aspal digunakan untuk bahan material perkerasan jalan yang berfungsi sebagai:

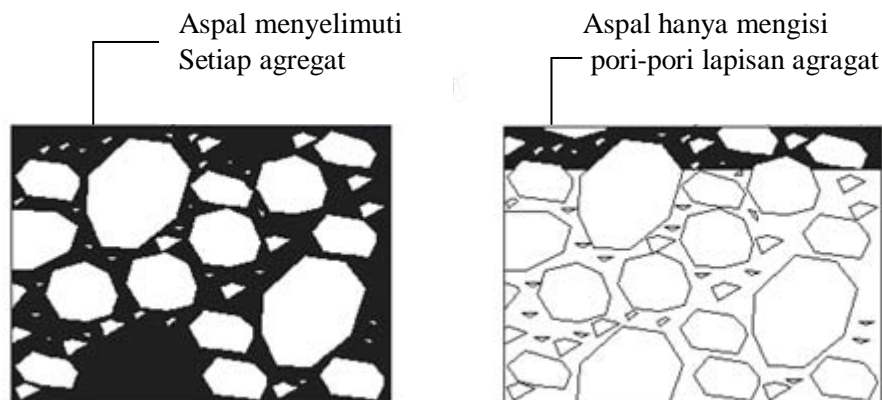
1. Untuk mengikat batuan agar tidak lepas dari permukaan jalan akibat lalu lintas (*water proofing*, perlindungan terhadap erosi).
2. Sebagai bahan pelapis dan perekat agregat.

3. Lapis resap pengikat (*prime coat*) adalah lapisan tipis aspal cair yang diletakan di atas lapis pondasi sebelum lapis berikutnya.
4. Lapis pengikat (*tack coat*) adalah lapis aspal cair yang diletakan di atas jalan yang telah beraspal sebelum lapis berikutnya dihampar, berfungsi pengikat di antara keduanya.
5. Sebagai pengisi ruang yang kosong antara agregat kasar, agregat halus, dan *filler*.



Gambar 2. Fungsi Aspal Pada Setiap Butir Agregat.
(Sumber: Sukirman, 2003).

Ilustrasi tentang aspal untuk setiap butir agregat digambarkan pada Gambar 3 di bawah ini:



a. Penggunaan Aspal Prahampar

b. Penggunaan Aspal Pascahampar

Gambar 3. Perbedaan Fungsi Aspal Pada Lapisan Jalan.
(Sumber: Sukirman, 2003).

C. Metode Marshall

Rancangan campuran berdasarkan Metode Marshall ditemukan oleh Bruce Marshall, dan telah distandarisasi oleh ASTM ataupun AASHTO melalui beberapa modifikasi, yaitu ASTM D 1559-76, atau AASHTO T-245-90. Prinsip dasar Metode Marshall adalah pemeriksaan stabilitas dan keelehan (*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 *flow* meter. *Proving ring* digunakan untuk mengukur nilai stabilitas, dan *flow* meter untuk mengukur keelehan plastis atau *flow*. Benda uji Marshall berbentuk silinder berdiameter 4 *inchi* (10,2 cm) dan tinggi 2,5 *inchi* (6,35 cm). Prosedur pengujian Marshall mengikuti SNI 06-2489-1991, atau AASHTO T 245-90, atau ASTM D 1559-76. Secara garis besar pengujian Marshall meliputi: persiapan benda uji, penentuan berat jenis *bulk* dari benda uji, pemeriksaan nilai stabilitas dan *flow*, dan perhitungan sifat *volumetric* benda uji. Pada persiapan benda uji, ada beberapa hal yang perlu diperhatikan antara lain:

1. Jumlah benda uji yang disiapkan.
2. Persiapan agregat dan serat *Polypropylene* yang akan digunakan.
3. Penentuan temperatur pencampuran dan pemadatan.
4. Persiapan campuran aspal beton.
5. Pemadatan benda uji.
6. Persiapan untuk pengujian Marshall.

Jumlah benda uji yang disiapkan ditentukan dari tujuan dilakukannya uji Marshall tersebut. AASHTO menetapkan minimal 3 buah benda uji untuk setiap kadar serat *Polypropylene* yang digunakan. Agregat yang akan digunakan dalam campuran dikeringkan di dalam oven pada temperatur 105-110°C. Komposisi Campuran Marshall terdapat pada Tabel 4 di bawah ini:

Tabel 4. Komposisi Campuran Marshall

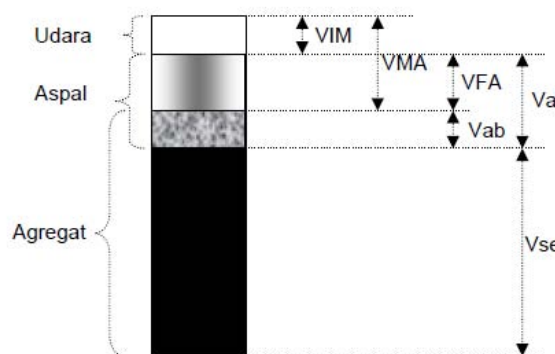
Jenis Agregat	Lolos	Tertahan	Jumlah (gr)
Agregat kasar	3/4"	1/2"	120
	1/2"	3/8"	120
	3/8"	#4	192
	#4	#8	198
Agregat Halus	#8	#30	270
	#30	#100	132
	#100	#200	84
<i>Filler</i>	#200	Pan	84
Jumlah total			1200

D. Sifat Volumetrik Dari Campuran Beton Aspal

Beton aspal dibentuk dari agregat, aspal, dan atau tanpa bahan tambahan, yang dicampur secara merata atau homogen di instalasi pencampuran pada suhu tertentu. Campuran kemudian dihamparkan dan dipadatkan, sehingga berbentuk beton aspal padat. Secara analitis, dapat ditentukan sifat volumetrik dari beton aspal padat, baik yang dipadatkan di laboratorium, maupun di lapangan. Parameter yang biasa digunakan adalah sebagai berikut:

1. V_{mb} : Volume *bulk* dari beton padat
2. V_{sb} : Volume agregat, adalah volume *bulk* dari agregat

- (volume bagian *massif* + pori yang ada di dalam masing-masing butir agregat).
3. V_{se} : Volume agregat, adalah volume efektif dari agregat (volume bagian *massif* + pori yang tidak terisi aspal di dalam masing-masing butir agregat).
 4. VMA : Volume pori di antara butir agregat campuran, dalam beton aspal padat, termasuk yang terisi oleh aspal, (*void in the mineral aggregate*).
 5. V_{mm} : Volume tanpa pori dari beton aspal padat.
 6. VIM : Volume pori beton aspal padat (*void in mix*).
 7. VFA : Volume pori beton aspal padat yang terisi oleh aspal (*volume of voids filled with asphalt*).
 8. V_{ab} : Volume aspal yang terabsorpsi ke dalam agregat dari beton aspal padat.
 9. Tebal film aspal : Tebal *film* aspal atau selimut aspal seringkali digunakan pula untuk menentukan karakteristik beton aspal.



Gambar 4. Skematis Berbagai Jenis Volume Beton Aspal.
(Sumber: Sukirman, 2003)

E. Parameter dan Formula Perhitungan

Parameter dan formula untuk menganalisa campuran aspal panas (Sukirman, 2003) adalah sebagai berikut:

1. Berat Jenis *Bulk* dan *Apparent* Total Agregat

Agregat total terdiri atas fraksi-fraksi agregat kasar, agregat halus dan bahan pengisi/*filler* yang masing-masing mempunyai berat jenis yang berbeda, baik berat jenis kering (*bulk specific gravity*) dan berat jenis semu (*apparent gravity*). Setelah didapatkan kedua macam berat jenis pada masing-masing agregat pada pengujian material agregat maka berat jenis dari total agregat tersebut dapat dihitung dalam persamaan berikut:

a. Berat jenis kering (*bulk specific gravity*) dari total agregat

$$G_{sb \text{ totagregat}} = \frac{P_1 + P_2 + P_3 + \dots + P_n}{\frac{P_1}{G_{sb1}} + \frac{P_2}{G_{sb2}} + \frac{P_3}{G_{sb3}} + \dots + \frac{P_n}{G_{sbn}}} \dots\dots\dots (3)$$

b. Berat jenis semu (*apparent specific gravity*) dari total agregat

$$G_{sb \text{ totagregat}} = \frac{P_1 + P_2 + P_3 + \dots + P_n}{\frac{P_1}{G_{sa1}} + \frac{P_2}{G_{sa2}} + \frac{P_3}{G_{sa3}} + \dots + \frac{P_n}{G_{san}}} \dots\dots\dots (4)$$

2. Berat Jenis Efektif Agregat

Berat jenis maksimum campuran (G_{mm}) diukur dengan AASHTO T.209-90, maka berat jenis efektif campuran (G_{se}), kecuali rongga udara dalam partikel agregat yang menyerap aspal dapat dihitung dengan rumus berikut yang biasanya digunakan berdasarkan hasil pengujian kepadatan maksimum teoritis:

$$G_{se} = \frac{P_{mm} - P_b}{\frac{P_{mm}}{P_{mm}} - \frac{P_b}{G_b}} \dots\dots\dots (5)$$

Berat jenis efektif total agregat dapat ditentukan juga dengan menggunakan persamaan dibawah ini:

$$G_{se} = \frac{G_{sb} + G_{sa}}{2} \dots\dots\dots (6)$$

3. Berat Jenis Maksimum Campuran

Berat jenis maksimum campuran, G_{mm} pada masing-masing kadar aspal diperlukan untuk menghitung kadar rongga masing-masing kadar aspal. Berat jenis maksimum dapat ditentukan dengan AASHTO T.209-90. Ketelitian hasil uji terbaik adalah bila kadar aspal campuran mendekati Kadar Aspal Optimum. Sebaliknya pengujian berat jenis maksimum dilakukan dengan benda uji sebanyak minimum dua buah (duplikat) atau tiga buah (triplikat). Selanjutnya berat jenis maksimum (G_{mm}) campuran untuk masing-masing kadar aspal dapat dihitung menggunakan berat jenis efektif (G_{se}) rata-rata sebagai berikut:

$$G_{se} = \frac{P_{mm}}{\frac{P_s}{G_{se}} - \frac{P_b}{G_b}} \dots\dots\dots (7)$$

4. Berat Jenis *Bulk* Campuran Padat

Perhitungan berat jenis *bulk* campuran setelah pemadatan (G_{mb}) dinyatakan dalam gram/cc dengan rumus sebagai berikut:

$$G_{mb} = \frac{W_a}{V_{bulk}} \dots\dots\dots (8)$$

5. Penyerapan Aspal

Penyerapan aspal dinyatakan dalam persen terhadap berat agregat total, tidak terhadap berat campuran. Perhitungan penyerapan aspal (P_{ba}) adalah sebagai berikut:

$$P_{ba} = 100 \frac{G_{se} - G_{sb}}{G_{se} \times G_{sb}} \dots\dots\dots (9)$$

6. Kadar Aspal Efektif

Kadar aspal efektif (P_{be}) campuran beraspal adalah kadar aspal total dikurangi jumlah aspal yang terserap oleh partikel agregat. Kadar aspal efektif ini akan menyelimuti permukaan agregat bagian luar yang pada akhirnya akan menentukan kinerja perkerasan beraspal. Rumus Kadar aspal efektif adalah sebagai berikut:

$$P_{be} = P_b - \frac{P_{ba}}{100} P_s \dots\dots\dots (10)$$

7. Rongga di antara mineral agregat (*Void in the Mineral Agregat/VMA*)

Rongga antar mineral agregat (*VMA*) adalah ruang rongga diantara partikel agregat pada suatu perkerasan, termasuk rongga udara dan volume aspal efektif (tidak termasuk volume aspal yang diserap agregat). *VMA* dihitung berdasarkan berat jenis bulk (G_{sb}) agregat dan dinyatakan sebagai persen volume *bulk* campuran yang dipadatkan. *VMA* dapat dihitung pula terhadap berat campuran total atau terhadap berat agregat total. Perhitungan *VMA* terhadap campuran adalah dengan rumus berikut:

Terhadap Berat Campuran Total

$$VMA = 100 - \frac{G_{mb} \times P_s}{G_{sb}} \dots\dots\dots (11)$$

8. Rongga di dalam campuran (*Void In The Compacted Mixture/ VIM*)

Rongga udara dalam campuran (V_a) atau *VIM* dalam campuran perkerasan beraspal terdiri atas ruang udara diantara partikel agregat yang terselimuti aspal. Volume rongga udara dalam campuran dapat ditentukan dengan rumus berikut:

$$VIM = 100 \times \left(\frac{G_{mm} - G_{mb}}{G_{mm}} \right) \dots\dots\dots (12)$$

9. Rongga udara yang terisi aspal (*Voids Filled with Bitumen/ VFB*)

Rongga terisi aspal (*VFB*) adalah persen rongga yang terdapat diantara partikel agregat (*VMA*) yang terisi oleh aspal, tidak termasuk aspal yang diserap oleh agregat. Rumus adalah sebagai berikut:

$$VFB = 100 \frac{(VMA - VIM)}{VMA} \dots\dots\dots (13)$$

10. Stabilitas

Nilai stabilitas diperoleh berdasarkan nilai masing-masing yang ditunjukkan oleh jarum dial. Untuk nilai stabilitas, nilai yang ditunjukkan pada jarum dial perlu dikonversikan terhadap alat Marshall. Selain itu pada umumnya alat Marshall yang digunakan bersatuan *Lbf (pound force)*, sehingga harus disesuaikan satuannya terhadap satuan kilogram. Selanjutnya nilai tersebut juga harus disesuaikan dengan angka koreksi terhadap ketebalan atau volume benda uji.

11. *Flow*

Seperti halnya cara memperoleh nilai stabilitas seperti di atas nilai *flow* berdasarkan nilai masing-masing yang ditunjukkan oleh jarum dial.

Hanya saja untuk alat uji jarum dial *flow* biasanya sudah dalam satuan mm (milimeter), sehingga tidak perlu dikonversikan lebih lanjut.

12. Hasil Bagi Marshall

Hasil bagi Marshall/*Marshall Quotient (MQ)* merupakan hasil pembagian dari stabilitas dengan kelelehan. Sifat Marshall tersebut dapat dihitung dengan menggunakan rumus berikut:

$$MQ = \frac{M_s}{M_f} \dots\dots\dots (14)$$

BAB III

METODE PENELITIAN

A. Metode dan Desain

Penelitian Proyek Akhir ini dilaksanakan di Laboratorium Bahan Bangunan Jurusan Pendidikan Teknik Sipil dan Perencanaan Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta dengan menggunakan sistem pencampuran aspal panas, aspal yang digunakan sebagai pengikat adalah aspal *Shell* (*Singapore*) dari PT. Wana Indah Asri serta pencampuran agregat, aspal dan serat menggunakan metode kering yaitu agregat dan serat dicampur terlebih dahulu sebelum dicampur dengan aspal. Sedangkan metode pengujiannya mengacu pada Standar Nasional Indonesia (SNI) dan AASHTO yang telah disahkan.

Penelitian ini dilakukan secara bertahap, yaitu terdiri atas pengujian agregat (kasar, halus dan *filler*), aspal dan pengujian terhadap campuran (Uji Marshall). Pengujian terhadap agregat termasuk analisa saringan, pemeriksaan berat jenis, pengujian abrasi dengan mesin *Los Angeles*, dan penyerapan air. Untuk pengujian aspal *Shell* termasuk juga pengujian pembakaran, penetrasi, titik nyala-titik bakar, titik lembek, dan berat jenis. Serta menambahkan variasi serat *Polypropylene* sebagai bahan campur antara aspal dengan agregat. Sedangkan metode yang digunakan sebagai pengujian campuran adalah Metode Marshall, dimana dari pengujian Marshall tersebut didapatkan hasil-hasil yang berupa komponen-komponen Marshall, yaitu stabilitas (*density*), kepadatan (*flow*), (*Void in the Mineral Agregat/VMA*),

Rongga di dalam campuran (*Void In The Compacted Mixture/VIM*), Rongga udara yang terisi aspal (*Voids Filled with Bitumen/VFB*), Hasil bagi Marshall/*Marshall Quotient (MQ)*.

B. Variabel Penelitian

Menurut Sugiyono (2006), variabel penelitian adalah segala sesuatu yang ditetapkan oleh peneliti untuk dipelajari sehingga didapatkan sebuah informasi untuk diambil sebuah kesimpulan. Variabel penelitian dibedakan menjadi 3 yaitu:

1. Variabel Bebas

Variabel bebas yang mempengaruhi timbulnya variabel terikat. Variabel bebas yang terdapat pada penelitian ini adalah persentase serat *Polypropylene* dalam campuran.

2. Variabel Terikat

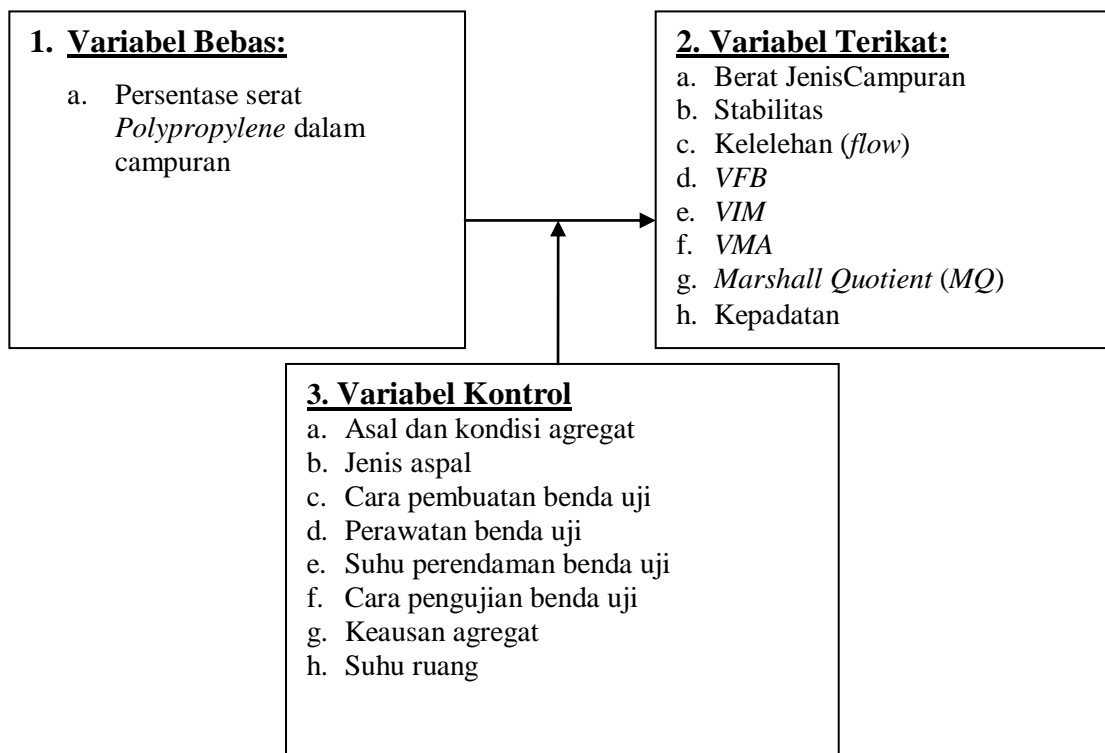
Variabel terikat adalah variabel yang dipengaruhi atau yang menjadi akibat, karena adanya variabel bebas. Variabel terikat yang ada pada penelitian ini adalah nilai berat jenis campuran aspal beton, nilai stabilitas, nilai kelelahan (*flow*), nilai *VFB*, nilai *VIM*, nilai *VMA*, nilai *Marshall Quotient (MQ)*, dan nilai kepadatan (*density*).

3. Variabel Kontrol

Variabel kontrol adalah variabel konstan yang digunakan untuk membandingkan variabel lain. Faktor-faktor yang dapat mempengaruhi antara lain:

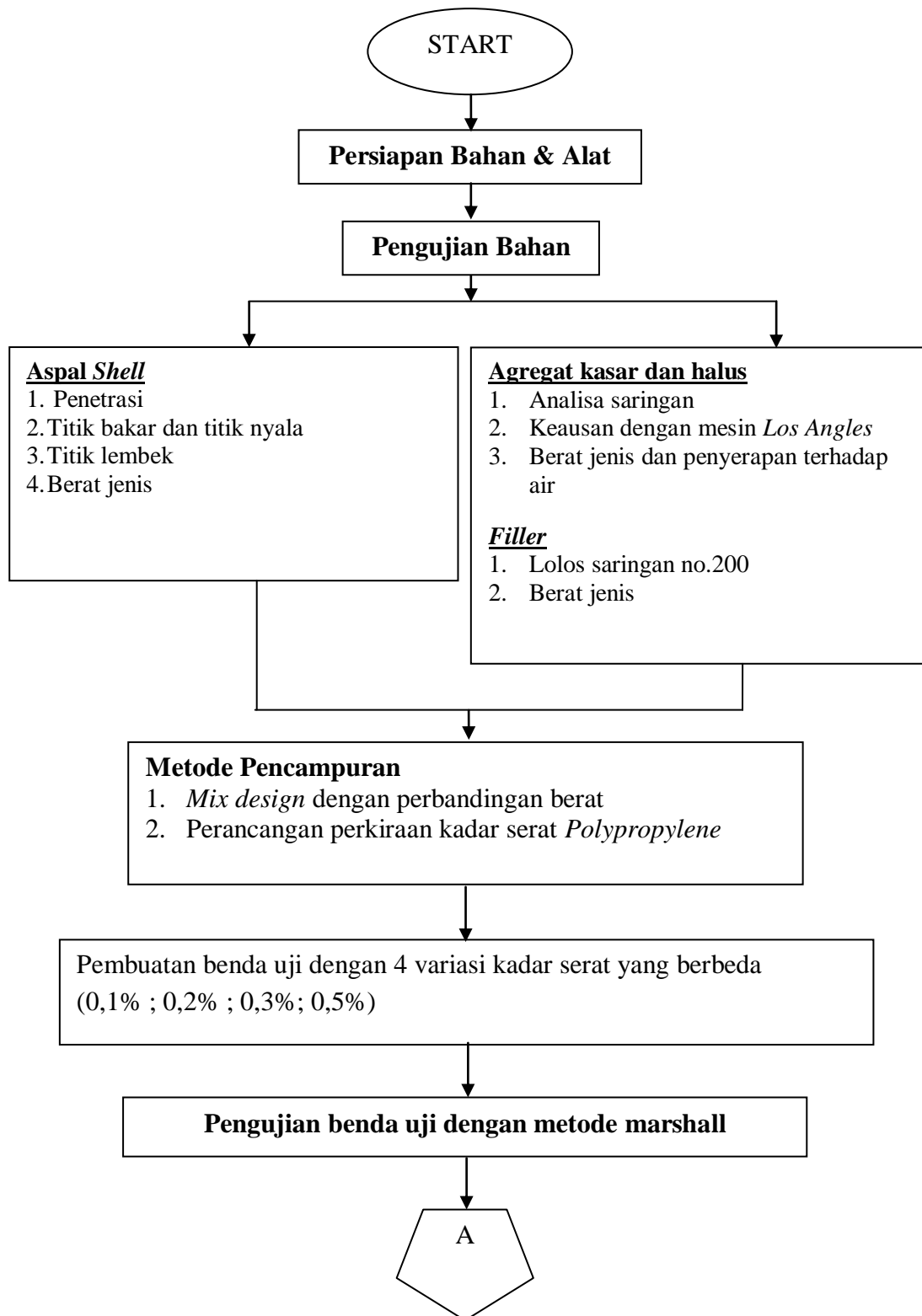
- a. Aspal dan kondisi agregat.
- b. Jenis aspal.
- c. Cara pembuatan benda uji.
- d. Perawatan benda uji.
- e. Suhu perendaman benda uji.
- f. Cara pengujian benda uji.
- g. Keausan agregat
- h. Suhu ruang

Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 5 *Flowchart* Hubungan Variabel yang terdapat di bawah ini:



Gambar 5. *Flowchart* Hubungan Variabel.

C. Diagram *Flowchart*





Gambar 6. Bagan Alir Penelitian

D. Bahan Penelitian

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain:

1. Agregat kasar yang digunakan yaitu agregat Bantak Gunung Merapi yang berasal dari P.T. Calvary Abadi dan telah mengalami proses pengayakan yang tertahan saringan diameter no. 8 keatas.
2. Agregat halus yang digunakan yaitu agregat Bantak Gunung Merapi yang berasal dari P.T. Calvary Abadi dan telah mengalami proses pengayakan yang lolos saringan diameter no.8 sampai dengan tertahan saringan diameter no. 200.
3. Bahan pengisi (*filler*) menggunakan agregat Progo serta melalui proses pengayakan yang lolos saringan no. 200.
4. Aspal yang digunakan yaitu aspal *Shell* dengan kadar optimum 6,75% didapat melalui distributor aspal di Jawa Timur yaitu PT. Wana Indah Asri.
5. Serat *Polypropylene* didapat melalui Laboratorium Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Negeri Yogyakarta

E. Peralatan Penelitian

1. Peralatan Pemeriksaan Agregat

Pemeriksaan agregat meliputi pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Air. Alat uji yang digunakan untuk pemeriksaan agregat antara lain:

a. *Los Angeles* (tes abrasi)

Digunakan untuk mengetahui ketahanan agregat terhadap keausan dan untuk mengetahui abrasi suatu agregat (SNI 03-2417-1991).



Gambar 7. Mesin *Los Angeles*.

b. Saringan Standar satu set yang terdiri dari ukuran 3/4", 1/2", 3/8", #4, #8, #30, #100, #200 dan pan. Ayakan yang digunakan mengikuti manual (SNI 03-1968-1990).

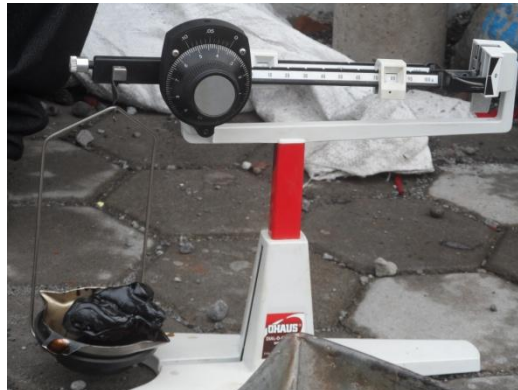


Gambar 8. Satu Set Saringan Pasir.

c. Timbangan

Digunakan untuk menimbang agregat, aspal dan serat yang akan diuji.

Kapasitas timbangan 2 kg dengan ketelitian 0,01 gram dan kapasitas 5 kg dengan ketelitian 0,01 gram (RSNI M-06-2004).



Gambar 9. Timbangan.

d. Oven atau alat pengering

Digunakan untuk menghilangkan kadar air dan untuk mengeringkan

agregat. Oven ini dilengkapi pengatur temperatur yang mampu memanaskan campuran sampai $200^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$ (RSNI M-06-2004).



Gambar 10. Oven atau alat pengering.

e. Kain lap dan Kuas

Sebagai mengolesi minyak tanah pada cincin kuningan dan membersihkan benda uji yang tumpah dan alat bantu untuk mengangkat benda uji.



Gambar 11. Kain lap dan Kuas

f. Nampan Seng

Digunakan sebagai tempat pemanasan agregat dan pencampuran beton aspal.



Gambar 12. Nampan Seng

- g. Bak perendam dan tabung *sand equivalent*

Digunakan untuk merendam agregat agar jenuh air dan sebagai tempat perendaman benda uji (SNI 06-2489-1991).



Gambar 13. Bak perendam.

2. Peralatan Pemeriksaan Aspal

Pemeriksaan aspal meliputi pemeriksaan:

- a. Uji Penetrasi

Pengujian penetrasi ini sangat dipengaruhi oleh faktor berat beban total, ukuran sudut dan kehalusan permukaan jarum, temperatur dan waktu. Oleh karena itu perlu disusun dengan rinci ukuran, persyaratan dan batasan peralatan, waktu dan beban yang digunakan dalam penetrasi aspal (SNI 2432-2011).



Gambar 14. Alat Uji Penetrasi Aspal.

b. Uji Titik Lembek

Titik lembek adalah suhu pada saat bila baja dengan berat tertentu mendesak turun suatu lapisan aspal atau *tar* yang tertahan dalam cincin berukuran tertentu, sehingga aspal tersebut menyentuh pelat dasar yang terletak dibawah cincin pada tinggi 24,4 mm (SNI 06-2434-1991).



Gambar 15. Alat Uji Titik Lembek.

c. Uji Titik Nyala dan Uji Titik Bakar

Titik nyala dapat digunakan untuk mengukur kecenderungan aspal panas dan api pada kondisi terkontrol di laboratorium. Hasil tersebut dapat digunakan sebagai informasi bahaya kebakaran yang sesungguhnya di lapangan (SNI 06-2433-2011).



Gambar 16. Alat Uji Titik Nyala dan Titik Bakar.

d. Uji Berat Jenis (Piknometer dan Timbangan)

Pengujian berat jenis aspal dimaksudkan untuk mengetahui berat jenis dari suatu jenis aspal (SNI 06-2441-1991).



Gambar 17. Alat Uji Berat Jenis Aspal.

3. Alat Uji Karakteristik Campuran Agregat Aspal

Alat-alat yang digunakan untuk praktikum pengujian Marshall meliputi:

- a. Cetakan benda uji yang berdiameter 10 cm (4") dan tinggi 7,5 cm (3") lengkap dengan pelat alas dan leher sambung.



Gambar 18. Cetakan Benda Uji Marshall.

- b. Alat pengeluar benda uji.

Untuk benda uji yang sudah dipadatkan dari dalam cetakan benda uji dipakai sebuah alat *Ejector*.



Gambar 19. *Ejector*.

- c. Penumbuk yang mempunyai permukaan tumbuk rata berbentuk silinder, dengan berat 4,563 kg (10 *pound*), dan tinggi jatuh bebas 45,7

cm (18").



Gambar 20. Mesin Penumbuk.

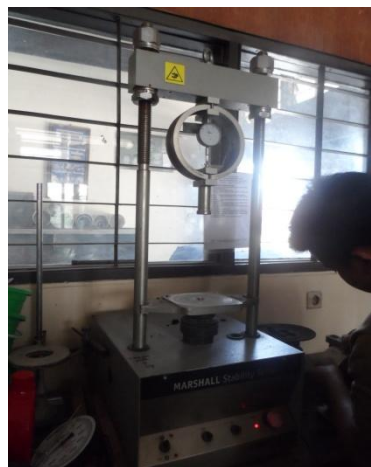
- d. Landasan pematat terdiri dari balok kayu (jati atau yang sejenisnya) berukuran kira-kira 20 x 20 x 45 cm (8" x 8" x 18") yang dilapisi dengan pelat baja dengan ukuran 30 x 30 x 2,5 cm (12" x 12" x 1") dan diikat pada lantai beton dengan 4 bagian siku.



Gambar 21. Landasan Pematat.

- e. Mesin tekan lengkap dengan:
- 1) Kepala penekan berbentuk lengkung (*breaking head*).
 - 2) Cincin penguji (*proving ring*) yang berkapasitas 2500 kg (5000 *pound*) dengan ketelitian 12,5 kg (25 *pound*) dilengkapi arloji tekan dengan ketelitian 0,00025 cm (0,0001").

- 3) Arloji kelelahan dengan ketelitian 0,25 mm (0,01") dengan perlengkapannya.
- f. Oven, yang dilengkapi dengan pengatur suhu untuk memanasi maksimal sampai suhu 200°C ($\pm 3^{\circ}\text{C}$).
- g. Bak perendam (*water bath*) dilengkapi dengan pengatur suhu minimum 20°C.



Gambar 22. Alat Uji Marshall.

- h. Perlengkapan lain:
- 1) Panci-panci untuk memanaskan agregat, aspal dan pencampur aspal.
 - 2) Pengukur suhu dari logam (*metal thermometer*) berkapasitas 250°C dan 100°C dengan ketelitian 0,5 atau 1% dari kapasitas sesuai dengan standar SNI 19-6421-2000.
 - 3) Timbangan yang dilengkapi penggantung benda uji berkapasitas 2 kg dengan ketelitian 0,1 gram dan timbangan berkapasitas 5 kg dengan ketelitian 1 gram.

- 4) Kompor listrik.
 - 5) Sarung tangan dari asbes dan sarung tangan dari karet.
 - 6) Masker pelindung pernafasan.
 - 7) Kantong plastik kapasitas 2 kg.
 - 8) Tipe X/Kapur Tulis.
 - 9) Kaliper.
- i. Saringan
- Saringan harus mampu mengayak semua agregat menurut fraksi dan proporsi yang ditetapkan dan harus mempunyai kapasitas sedikit diatas kapasitas penuh unit pengaduk.
- j. Kotak penimbang
- Kotak penimbang harus mempunyai kapasitas yang cukup untuk menampung satu takaran penuh (*full batch*) tanpa harus diratakan dengan tangan.

F. Pengujian Bahan

1. Pengujian Agregat Kasar

Agregat kasar untuk perencanaan ini adalah agregat yang lolos saringan 3/4'' dan tertahan di atas saringan 2,36 mm atau saringan no.8. Agregat kasar untuk keperluan pengujian harus terdiri dari batu pecah atau kerikil pecah dan harus disediakan dalam ukuran-ukuran nominal. Sedangkan menurut SNI (1990, 1991) dan Sukirman (2003) ketentuan pengujian bahan agregat kasar dapat dilihat pada Tabel 5 di bawah ini:

Tabel 5. Ketentuan Agregat Kasar

No.	Karakteristik	Standar Pengujian	Satuan	Spesifikasi	
				Min.	Maks.
	Agregat Kasar				
1	Analisa saringan	SNI 03-1968-1990	-		
2	Berat jenis	SNI 03-1969-1990	gr/cc	2,5	-
3	Penyerapan air	SNI 03-1969-1990	%	-	3
4	Kadar air	SNI 03-1971-1990	%	-	-
5	Kausan agregat (abrasi)	SNI 03-2417-1991	%	-	40

2. Pengujian Agregat Halus

Agregat halus dari masing-masing sumber harus terdiri atas pasir alam atau hasil pemecah batu yang lolos saringan no. 8 dan tertahan di atas saringan no. 200. Agregat halus hasil pemecahan dan pasir alam harus ditimbun dalam cadangan terpisah dari agregat kasar di atas serta dilindungi terhadap hujan dan pengaruh air. Material tersebut harus merupakan bahan bersih, keras bebas dari lempung atau bahan yang tidak dikehendaki lainnya. Menurut Sukirman (2003) ketentuan tentang agregat halus terdapat pada Tabel 6 di bawah ini:

Tabel 6. Ketentuan Agregat Halus

No.	Karakteristik	Standar Pengujian	Satuan	Spesifikasi	
				Min.	Maks.
	Agregat Halus				
1	Analisa saringan	SNI 03-1968-1990	-		
2	Berat jenis	SNI 03-1969-1990	gr/cc	2,5	-
3	Penyerapan air	SNI 03-1969-1990	%	-	3
4	Kadar air	SNI 03-1971-1990	%	-	-

3. Filler

Bahan pengisi atau *filler* harus lolos saringan no. 200. Sebaiknya *filler* juga harus bebas dari semua bahan yang tidak dikehendaki. Bahan

pengisi yang ditambahkan harus kering dan bebas dari gumpalan-gumpalan. Bahan pengisi yang diuji pada penelitian ini adalah pengayakan pasir Progo yang lolos saringan no.200. Menurut SNI (1994) dan Sukirman (2003) ketentuan tentang *filler* dapat dilihat pada Tabel 7 di bawah ini:

Tabel 7. Ketentuan Agregat *Filler*

No.	Karakteristik	Standar Pengujian	Satuan	Spesifikasi	
				Min.	Maks.
	<i>Filler</i>				
1	Material yang lolos saringan No.200	SK SNI M-02-1994-03	%	70	-
2	Berat Jenis	AASHTO T-85 – 81		-	-

4. Pengujian Aspal

Metode penelitian/pengujian aspal sesuai spesifikasi yang mengacu pada SNI (1991) dan Sukirman (2003) dengan ketentuan pada Tabel 8 dibawah ini:

Tabel 8. Ketentuan Aspal

No.	Karakteristik Aspal	Standar Pengujian	Satuan	Spesifikasi	
				Min.	Maks.
1	Penetrasi (25°C, 5 detik)	SNI 06-2456-1991	0,1 mm	60	79
2	Titik Lembek	SNI 06-2434-1991	°C	48	58
3	Titik Nyala	SNI 06-2433-1991	°C	200	-
4	Titik Bakar	SNI 06-2433-1991	°C	-	-
5	Berat Jenis	PA 0307 76	gr/cc	1	-

G. Pengujian Marshall

Prinsip dasar dari Metode Marshall adalah pemeriksaan stabilitas dan kelelahan (*flow*), serta analisis kepadatan dan pori dari campuran padat yang terbentuk. Dalam hal ini pengujian Marshall dengan cara kering yaitu agregat dan serat dicampur terlebih dahulu sebelum dicampurkan dengan aspal serta benda uji atau briket beton aspal padat dibentuk dari gradasi agregat campuran yang telah didapat dari hasil uji gradasi, sesuai spesifikasi campuran. Pengujian Marshall untuk mendapatkan stabilitas dan kelelahan (*flow*) mengikuti prosedur RSNI M 06-2004. Dari hasil gambar hubungan antara kadar aspal dan parameter Marshall, maka akan diketahui. Pelaksanaannya adalah sebagai berikut:

1. Dilakukan penimbangan agregat sesuai dengan prosentase pada target gradasi yang diinginkan untuk masing-masing benda uji dengan berat campuran 1200 gram sehingga menghasilkan tinggi benda uji 63,5 mm. Kemudian dilakukan pengeringan campuran agregat tersebut sampai beratnya tetap pada suhu 105°C.
2. Dalam penelitian ini terdapat 12 benda uji dan setiap 3 benda uji diberikan kadar serat *Polypropylene* yang berbeda-beda dari 0,1% ; 0,2% ; 0,3% ; 0,5%.
3. Agregat dan serat *Polypropylene* dipanaskan di nampan seng dengan suhu pencampuran 150°C, sedangkan aspal dipanaskan dengan suhu 120°C, kemudian aspal dicampur dengan agregat yang sudah

dikombinasikan dengan kadar serat dengan suhu 150°C dan diaduk merata.

4. Setelah temperatur pemadatan tercapai, maka campuran tersebut dimasukkan ke dalam cetakan yang telah dipanaskan pada temperature 90-150°C dan diolesi oli terlebih dahulu, serta bagian bawah cetakan diberi sepotong kertas filter yang telah dipotong sesuai dengan diameter cetakan kemudian ditusuk-tusuk dengan spatula sebanyak 15 kali di bagian tepi dan 10 kali di bagian tengah.
5. Dilakukan pemadatan dengan menumbuk spesimen dengan jumlah tumbukan sebanyak 112 kali per bidang karena disesuaikan dengan jenis lalu lintas yang direncanakan yaitu lalu lintas berat. Definisi lalu lintas berat yaitu kendaraan bermotor dengan lebih dari 4 roda (meliputi: bis, truk 2 as, truk 3 as dan truk kombinasi sesuai sistem klasifikasi Bina Marga).
6. Setelah proses pemadatan selesai benda uji didiamkan agar suhunya turun, setelah dingin benda uji dikeluarkan dengan alat *ejector* dan diberi kode/tanda.
7. Benda uji dibersihkan dari kotoran yang menempel dan diukur tinggi benda uji dengan ketelitian 0,1 mm dan ditimbang berat benda uji kering.
8. Benda uji dimasukkan ke dalam air dan kemudian ditimbang untuk mendapatkan berat benda uji dalam air.

9. Benda uji dikeluarkan dari bak dan dikeringkan dengan kain pada permukaan agar kondisi kering permukaan jenuh (*saturated surface dry, SSD*) kemudian ditimbang.
10. Benda uji direndam dalam bak perendaman pada suhu 60°C selama 30 menit.
11. Bagian dalam permukaan kepala penekan dibersihkan dan dilumasi agar benda uji mudah dilepaskan setelah pengujian.
12. Benda uji dikeluarkan dari bak perendam, lalu diletakkan tepat di tengah pada bagian bawah kepala penekan kemudian bagian atas kepala diletakkan dengan memasukkan lewat batang penuntun. Setelah pemasangan sudah lengkap maka diletakkan tepat di tengah alat pembebanan. Kemudian arloji kelelahan (*flow meter*) dipasang pada kedudukan di atas salah satu batang penuntun. Sementara selubung tangkai arloji (*sleeve*) dipegang teguh terhadap segmen atas kepala penekan.
13. Kepala penekan dinaikkan hingga menyentuh atas cincin penguji, kemudian diatur kedudukan jarum arloji penekan dan arloji kelelahan pada angka nol.
14. Pembebanan diberikan pada benda uji dengan kecepatan tetap 50,8 mm (2 *inchi*) permenit sampai pembebanan maksimum tercapai, atau pembebanan menurun seperti yang ditunjukkan oleh jarum arloji tekan dan dicatat pembebanan maksimum.
15. Nilai pelelehan (*flow*) yang ditunjukkan oleh jarum arloji pengukur pelelehan dicatat pada saat pembebanan maksimum tercapai.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Penelitian

1. Pemeriksaan Aspal

Bahan yang digunakan untuk campuran aspal beton pada penelitian ini terdiri dari aspal *Shell*, agregat kasar Bantak, agregat halus Bantak dan *filler* Bantak. Dari hasil pengujian yang dilakukan terhadap aspal *Shell*, diperoleh hasil sebagai berikut berdasarkan spesifikasi Revisi SNI 03-1737-1989 dan data selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 9 dibawah ini:

Tabel 9. Hasil Pemeriksaan Aspal *Shell* (Singapore) AC 60/70

No.	Jenis pemeriksaan	Spesifikasi	Aspal <i>Shell</i> (Singapore)	Satuan
1.	Penetrasi 25°	60-79	68,20	mm
2.	Titik lembek	48-58	55,50	°C
3.	Titik nyala	≥ 200	290	°C
4.	Titik bakar	-	321,33	°C
5.	Berat jenis Aspal	≥ 1	1,1	gr/cc

2. Pemeriksaan Agregat Bantak

Hasil pengujian terhadap agregat kasar Bantak, agregat halus Bantak dan *filler* Bantak berdasarkan spesifikasi Revisi SNI 03-1737-1989, data selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 10 di halaman selanjutnya:

Tabel 10. Hasil Pemeriksaan Agregat Bantak

No.	Jenis Pemeriksaan	Sat.	Persyaratan		Rerata
	Agregat Kasar Bantak		Min.	Mak.	
1.	Abrasi	%	-	40	37,99
2.	Berat jenis curah (<i>bulk</i>)	gr/cc	2,5	-	2,28
3.	Berat jenis semu	gr/cc	2,5	-	2,51
4.	Penyerapan air/ <i>absorpsi</i>	%	-	3	3,92
No.	Jenis Pemeriksaan	Sat.	Persyaratan		Rerata
	Agregat Halus Bantak		Min.	Mak.	
1.	Berat jenis curah (<i>bulk</i>)	gr/cc	2,5	-	2,43
2.	Berat jenis semu	gr/cc	2,5	-	2,48
3.	Penyerapan air/ <i>absorpsi</i>	%	-	3	0,88
No.	Jenis Pemeriksaan	Sat.	Persyaratan		Rerata
	Filler Bantak		Min.	Mak.	
1.	Berat jenis	gr/cc	2,5	-	2,31

3. Hasil Pengujian Marshall

Hasil pengujian Marshall terhadap campuran beton aspal panas yaitu nilai kepadatan (*density*), stabilitas (*stability*), VMA (*Voids In Mineral Aggregate*), VFA (*Voids Filled With Asphalt*), VIM (*Voids In The Mix*), kelelehan (*flow*) dan MQ (*Marshall Quotient*) pada benda uji masing-masing kadar serat *Polypropylene* 3 buah benda uji. Untuk mendapatkan nilai karakteristik aspal yang memenuhi semua persyaratan spesifikasi Revisi SNI 03-1737-1989, maka perlu dicari Kadar Serat *Polypropylene* Optimum ditentukan dengan cara percobaan pengujian Marshall dengan variasi kadar serat 0,1%, 0,2%, 0,3%, 0,5%. Hasil pengujian Marshall untuk menentukan Kadar Serat Optimum ditunjukkan pada Tabel 11 di bawah ini:

Tabel 11. Hasil Pengujian Marshall

No	Jenis Pemeriksaan	Spesifikasi	Kadar Serat <i>Polypropylene</i> %			
			0,1	0,2	0,3	0,5
1.	<i>Density</i> (gr/cm ³)	-	2,16	2,14	2,12	2,13
2.	<i>VMA</i> (%)	>13	13,28	14,33	15,13	14,76
3.	<i>VFB</i> (%)	>60	72,49	66,33	62,21	64,27
4.	<i>VIM</i> (%)	3,5-5,5	3,65	4,82	5,72	5,29
5.	Stabilitas (kg)	>800	800,01	700,43	752,2	655,95
6.	<i>Flow</i> (mm)	>3	3,17	3,08	2,14	2,27
7.	<i>MQ</i> (kg/mm)	>250	257,44	245,81	384,33	378,48

B. Pembahasan

1. Pemeriksaan Aspal

a. Pemeriksaan Penetrasi Aspal *Shell* (Singapore)

Dari hasil pemeriksaan penetrasi aspal *Shell* diperoleh nilai rata-rata penetrasi 68,2 mm dengan hasil tersebut maka nilai penetrasi aspal *Shell* memenuhi spesifikasi yang disyaratkan Revisi SNI 03-1737-1989, sehingga aspal *Shell* yang diperoleh dari PT. Wana Indah Asri dapat digunakan sebagai bahan pengikat pada campuran beton aspal panas. Persyaratan yang ditentukan untuk penetrasi aspal adalah 60-79.

b. Pemeriksaan Titik Lembek Aspal *Shell* (Singapore)

Pemeriksaan titik lembek yang untuk mengukur batas kekerasan aspal dengan cara membebani dengan bola baja dan memanaskan didalam media air. Dari hasil pengujian diperoleh nilai rata-rata suhu dari kondisi titik lembek adalah sebesar 55,5°C dan masih dalam rentang batas suhu kondisi titik lembek yang disyaratkan Revisi SNI 03-1737-1989 yaitu antara 48-58°C.

c. Pemeriksaan Titik Nyala dan Titik Bakar Aspal *Shell* (Singapore)

Tujuan pemeriksaan suhu kondisi titik nyala dan titik bakar adalah untuk menentukan suhu dimana aspal mulai mengalami perubahan sifat sebagai akibat pemanasan yang terlalu tinggi serta untuk mengetahui suhu maksimum dalam memanaskan aspal sehingga aspal tidak terbakar. Besarnya titik nyala yang disyaratkan Revisi SNI 03-1737-1989 untuk aspal penetrasi 60/70 minimal sebesar 200°C dan dari hasil pemeriksaan menunjukkan titik nyala dan titik bakar rerata berturut-turut sebesar 290°C dan 321,33°C.

d. Pemeriksaan Berat Jenis Aspal *Shell* (Singapore)

Berat jenis merupakan perbandingan antara berat aspal dengan berat air suling dengan volume yang sama. Persyaratan yang ditentukan untuk berat jenis aspal adalah >1 gr/cc. Dari hasil pemeriksaan menunjukkan hasil 1,1958 gr/cc dengan suhu ruang 26°C, pada hasil koreksi dengan suhu ruang 25°C didapat hasil 1,1962 gr/cc dengan hasil tersebut maka aspal *Shell* memenuhi spesifikasi yang disyaratkan Revisi SNI 03-1737-1989, sehingga aspal *Shell* yang diperoleh dari PT. Wana Indah Asri dapat digunakan sebagai bahan pengikat pada campuran aspal beton.

2. Pemeriksaan Agregat

a. Agregat Kasar

Hasil dari pengujian agregat kasar Bantak menunjukkan bahwa agregat tersebut memiliki berat jenis curah (*bulk*) pada suhu ruang 31°C sebesar 2,285 gr/cc, pada koreksi dengan suhu ruang 25°C didapat hasil sebesar 2,289 gr/cc, berat jenis semu pada suhu ruang 31°C sebesar 2,51 gr/cc, pada koreksi dengan suhu ruang 25°C didapat hasil sebesar 2,514 gr/cc dan penyerapan air sebesar 3,91%. Sedangkan pengujian keausan agregat kasar menggunakan *Los Angeles* menghasilkan nilai keausan rata-rata sebesar 37,99% dibawah standar yang disyaratkan oleh Revisi SNI 03-1737-1989 yaitu sebesar 40%.

b. Agregat Halus

Hasil dari pengujian agregat halus Bantak menunjukkan bahwa agregat tersebut memiliki berat jenis curah (*bulk*) pada suhu ruang 30°C sebesar 2,433 gr/cc, pada koreksi dengan suhu ruang 25°C didapat hasil sebesar 2,436 gr/cc , berat jenis semu pada suhu ruang 30°C sebesar 2,485 gr/cc, pada koreksi dengan suhu ruang 25°C didapat hasil sebesar 2,487 gr/cc dan penyerapan air sebesar 0,833%.

c. Filler

Hasil yang diperoleh dari pengujian berat jenis *filler* pada suhu ruang 30°C yaitu sebesar 2,306 gr/cc, pada koreksi dengan suhu ruang 25°C didapat hasil sebesar 2,309 gr/cc.

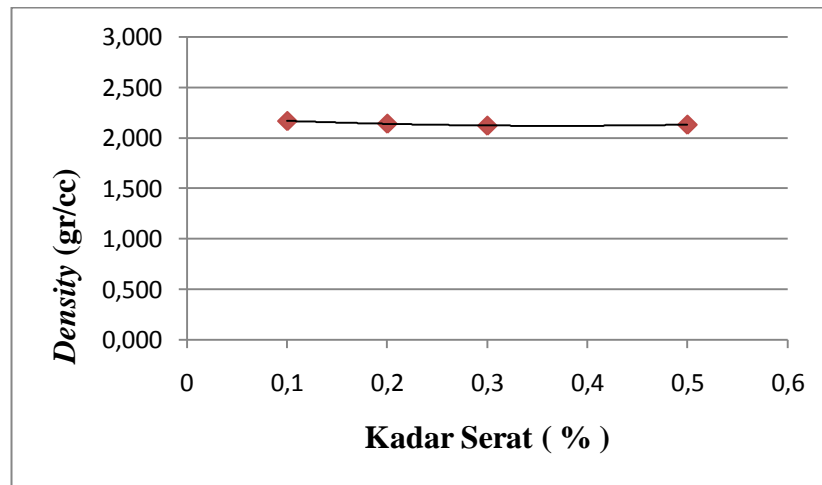
3. Pengujian Marshall

a. Kepadatan (*density*)

Kepadatan (*density*) adalah berat campuran pada setiap satuan volume. Faktor-faktor yang mempengaruhi kepadatan adalah gradasi agregat, kadar aspal, berat jenis agregat, kualitas penyusunnya dan proses pemadatan yang menyelimuti suhu dan jumlah tumbukannya. Campuran yang mempunyai nilai kepadatan akan mampu menahan beban yang lebih besar jika dibandingkan dengan campuran yang memiliki kepadatan rendah. Berikut ini adalah Tabel 12 Hasil Pengujian Kepadatan dan Gambar 23 Hubungan Kadar Serat dan Kepadatan (*density*).

Tabel 12. Hasil Pengujian Kepadatan (*Density*) Marshall

Notasi	Benda Uji	Kadar Serat (%)	Nilai <i>Density</i> (gr/cc)
I	1	0,1	2,159
	2	0,1	2,172
	3	0,1	2,172
		Rata-rata	2,168
II	1	0,2	2,141
	2	0,2	2,147
	3	0,2	2,135
		Rata-rata	2,141
III	1	0,3	2,123
	2	0,3	2,125
	3	0,3	2,115
		Rata-rata	2,121
IV	1	0,5	2,152
	2	0,5	2,120
	3	0,5	2,121
		Rata-rata	2,131



Gambar 23. Grafik Hubungan Kepadatan (*Density*) dan Kadar Serat.

Berdasarkan Gambar 17 di atas, pada kadar serat 0,2% nilai *density* (kepadatan) mengalami penurunan sebesar 1,25% terhadap kadar serat 0,1%. Sedangkan pada kadar serat 0,3%, 0,5% nilai *density* (kepadatan) mengalami penurunan berturut-turut sebesar 2,17%, 1,71% terhadap kadar serat 0,1%. Nilai *density* tertinggi terdapat pada kadar serat 0,1% dengan nilai sebesar 2,168 gr/cc. Hasil diatas menunjukkan bahwa semua campuran beton aspal memenuhi syarat uji tekan Marshall, karena tidak ada persyaratan khusus untuk nilai *density* dalam menentukan nilai Kadar Serat Optimum.

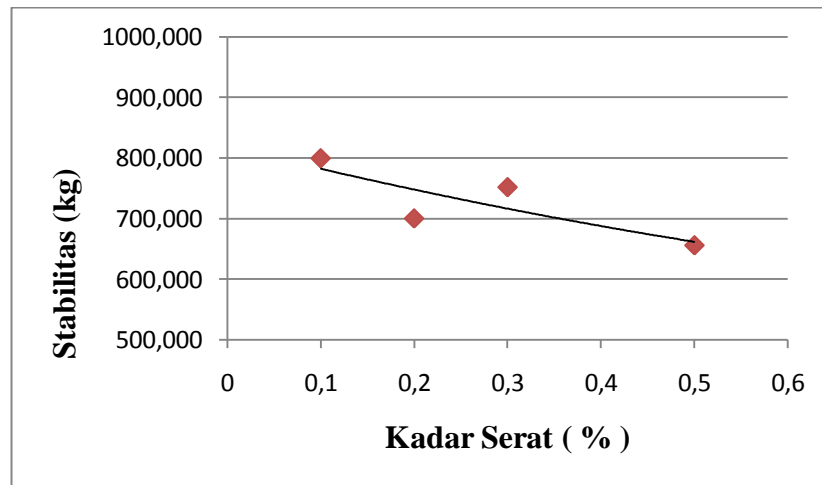
b. Stabilitas

Stabilitas campuran dalam pengujian Marshall ditunjukan dengan pembacaan nilai stabilitas yang dikoreksi dengan angka tebal benda uji. Stabilitas merupakan kemampuan lapis perkerasan untuk menahan deformasi akibat beban lalu lintas yang bekerja di atasnya,

tanpa mengalami perubahan bentuk seperti gelombang dan alur. Nilai stabilitas dipengaruhi oleh gesekan antar butiran agregat (*internal friction*), penguncian antar butir agregat (*interlocking*) dan daya ikat yang baik dari lapisan aspal (kohesi), disamping itu proses pemadatan, mutu agregat, dan kadar aspal juga berpengaruh.

Tabel 13. Hasil Pengujian Stabilitas Marshall

Notasi	Benda Uji	Kadar Serat (%)	Nilai Stabilitas (kg)
I	1	0,1	814,05
	2	0,1	800,28
	3	0,1	785,7
		Rata-rata	800,01
II	1	0,2	699,84
	2	0,2	773,55
	3	0,2	627,9
		Rata-rata	700,43
III	1	0,3	815,1
	2	0,3	801,9
	3	0,3	639,6
		Rata-rata	752,2
IV	1	0,5	797,85
	2	0,5	655,2
	3	0,5	514,8
		Rata-rata	655,95



Gambar 24. Grafik Hubungan Stabilitas dan Kadar Serat.

Berdasarkan Gambar 24 di atas, pada penambahan kadar serat 0,2% mengalami penurunan sebesar 12,44%, terhadap kadar serat 0,1% kemudian pada penambahan kadar serat 0,3%, mengalami peningkatan sebesar 7,39% terhadap nilai stabilitas 0,2%, pada penambahan kadar serat 0,5 mengalami penurunan sebesar 12,79% terhadap nilai stabilitas 0,3%. Nilai stabilitas Marshall optimum tercapai pada campuran beton aspal dengan kadar serat 0,1% dengan hasil rerata nilai stabilitas sebesar 800,01kg. Berdasarkan Revisi SNI 03-1737-1989 tentang ketentuan sifat-sifat campuran aspal beton nilai stabilitas minimum untuk lalu lintas berat yaitu 800 kg, sehingga kadar serat yang memenuhi persyaratan pada kadar serat 0,1% dan kadar serat 0,2%, 0,3%, 0,5% tidak memenuhi persyaratan dalam penelitian Proyek Akhir.

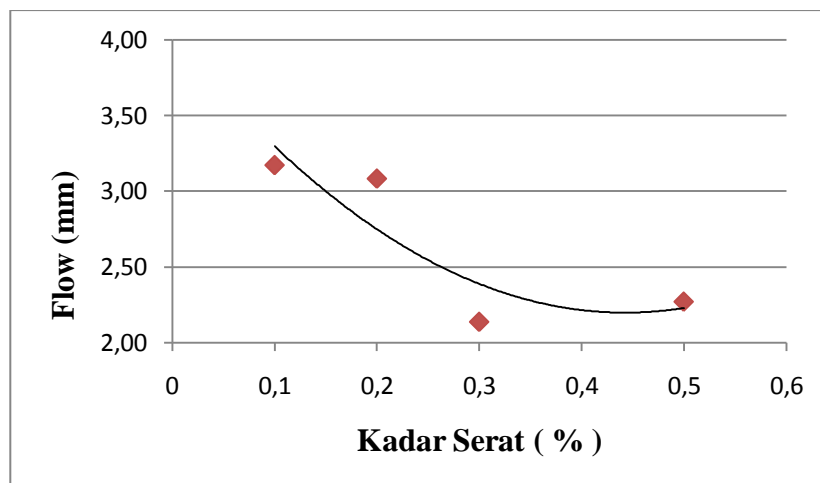
c. *Flow*

Flow atau keelehan menunjukkan besarnya penurunan atau deformasi yang terjadi pada lapis keras akibat menahan beban yang diterimanya. Penurunan atau deformasi yang terjadi erat kaitannya dengan nilai karakteristik Marshall lainnya, seperti *VFB* (*Vold Filled Bitumen*), *VIM* (*Void In Mix*) dan stabilitasnya. Nilai *flow* dipengaruhi antara lain oleh gradasi agregat, kadar aspal dan proses pemadatan yang meliputi suhu pemadatan dan energi pemadatan. Campuran yang memiliki nilai keelehan (*flow*) yang rendah dan stabilitas yang tinggi, cenderung menjadi kaku dan getas (*brittle*), sedangkan campuran yang memiliki nilai keelehan (*flow*) yang tinggi dengan stabilitas yang rendah cenderung plastis dan mudah berubah bentuk apabila mendapatkan beban lalu lintas. Aspal terdiri dari dua komponen utama yaitu *asphalteness* dan *malteness*. *Asphalteness* yang memberikan warna cokelat atau hitam pada aspal sedangkan *malteness* dan *oil* yang juga akan mempengaruhi nilai *flow*.

Tabel 14. Hasil Pengujian *Flow*/Kelelahan

Notasi	Benda Uji	Kadar Serat (%)	Nilai <i>Flow</i> (mm)
I	1	0,1	3,43
	2	0,1	2,57
	3	0,1	3,52
		Rata-rata	3,17
II	1	0,2	3,07
	2	0,2	2,20
	3	0,2	3,98
		Rata-rata	3,08

Notasi	Benda Uji	Kadar Serat (%)	Nilai <i>Flow</i> (mm)
III	1	0,3	2,65
	2	0,3	2,57
	3	0,3	1,20
		Rata-rata	2,14
IV	1	0,5	1,10
	2	0,5	2,82
	3	0,5	2,90
		Rata-rata	2,27



Gambar 25. Grafik Hubungan *Flow* dan Kadar Serat.

Kadar aspal 0,2% nilai *flow* mengalami penurunan sebesar 2,84% terhadap kadar serat 0,1%. Nilai *flow* pada kadar serat 0,3%, 0,5% mengalami penurunan berturut-turut terhadap nilai *flow* 0,2% yaitu sebesar 30,52%, 26,29%. Dari besarnya nilai *flow* tertinggi terdapat pada kadar aspal 0,1% dengan rerata sebesar 3,17 mm. Pada kadar serat 0,3% dan 0,5% hasilnya terlalu jauh dengan kadar 0,1% dan 0,2% dikarenakan pada saat pembuatan benda uji menggunakan alat manual sehingga proses pemadatannya kurang stabil. Ditinjau dari Revisi SNI

03-1737-1989 tentang ketentuan sifat-sifat campuran Laston nilai *flow* harus >3mm. Semua kadar serat memenuhi persyaratan nilai *flow* pada Proyek Akhir ini.

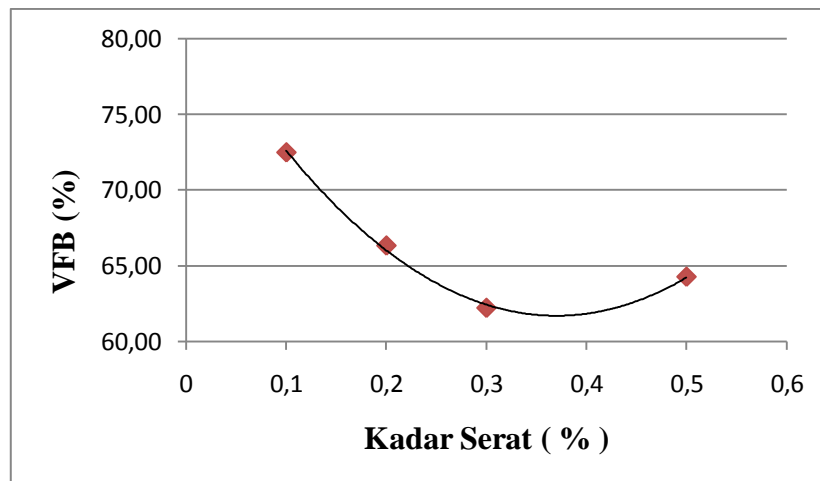
d. *Void Filled Bitumen*

VFB (Void Filled Bitumen), menyatakan prosentase rongga udara yang terisi aspal pada campuran yang telah mengalami pemadatan, Nilai *VFB (Void Filled Bitumen)* ini merupakan pada sifat kekedapan air dan udara, maupun sifat elastis campuran. Nilai *VFB (Void Filled Bitumen)* dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti: energi, suhu pemadatan, jenis dan kadar aspal, serta gradasi agregatnya.

Nilai *VFB (Void Filled Bitumen)* yang semakin besar berarti semakin banyaknya rongga udara yang terisi aspal sehingga kekedapan campuran terhadap air dan udara akan semakin tinggi. Nilai *VFB (Void Filled Bitumen)* yang terlalu tinggi akan menyebabkan lapis perkerasan mudah mengalami *bleeding* atau naiknya aspal kepermukaan. Nilai *VFB (Void Filled Bitumen)* yang terlalu kecil akan menyebabkan kekedapan campuran terhadap air berkurang karena sedikit rongga yang terisi aspal. Dengan banyaknya rongga yang kosong, air dan udara akan mudah masuk kedalam lapis keras sehingga keawetan dari lapis keras akan berkurang.

Tabel 15. Hasil Pengujian VFB (*Void Filled Bitumen*)

Notasi	Benda Uji	Kadar Serat (%)	Nilai VFB (%)
I	1	0,1	70,25
	2	0,1	73,60
	3	0,1	73,61
		Rata-rata	73,49
II	1	0,2	66,36
	2	0,2	67,61
	3	0,2	65,02
		Rata-rata	66,33
III	1	0,3	62,62
	2	0,3	63,05
	3	0,3	60,97
		Rata-rata	62,21
IV	1	0,5	68,64
	2	0,5	62,07
	3	0,5	62,10
		Rata-rata	64,27



Gambar 26. Grafik Hubungan VFB dan Kadar Serat.

Nilai VFB (*Void Filled Bitumen*) pada kadar serat 0,2% mengalami penurunan sebesar 8,49% terhadap kadar serat 0,1%, pada kadar serat 0,3% mengalami penurunan sebesar 6,21% terhadap kadar

serat 0,2%, pada kadar serat 0,5% mengalami peningkatan sebesar 3,31% terhadap kadar serat 0,3%. Dari grafik nilai *VFB (Void Filled Bitumen)* tertinggi didapat pada kadar serat 0,1% dengan nilai sebesar 72,38 %. Dari persyaratan RSNI 03-1737-1989 tentang ketentuan sifat-sifat campuran laston nilai *VFB (Void Filled Bitumen)* harus >60%. Semua kadar serat memenuhi Nilai *VFB (Void Filled Bitumen)* pada Proyek Akhir.

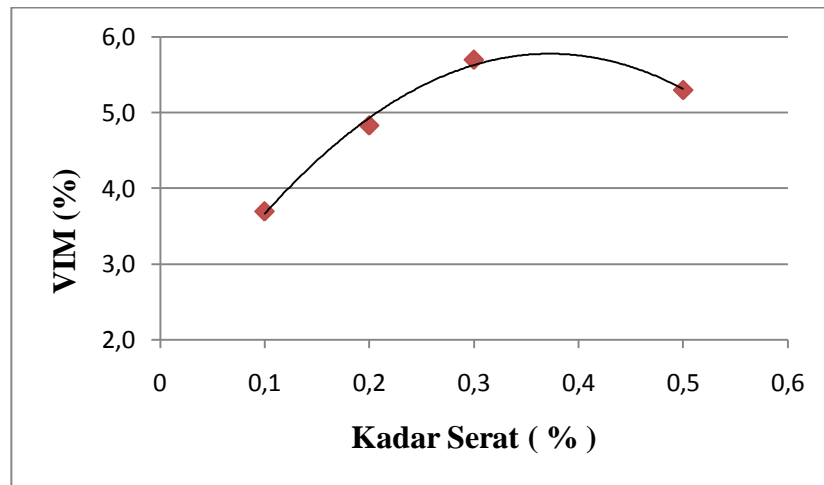
e. *Void In Mix (VIM)*

VIM (Void In Mix) adalah banyaknya rongga dalam campuran yang dinyatakan dalam prosentase. Rongga udara yang terdapat dalam campuran diperlukan untuk tersedianya ruang gerak untuk unsur-unsur campuran sesuai dengan sifat elastisnya. Karena itu nilai *VIM (Void In Mix)* sangat menentukan karakteristik campuran. Nilai *VIM (Void In Mix)* dipengaruhi oleh gradasi agregat, kadar aspal dan *density*. Jika nilai *VIM (Void In Mix)* yang terlalu tinggi berkurangnya keawetan dari lapis keras karena rongga yang terlalu besar akan memudahkan masuknya air dan udara kedalam lapis perkerasan. Udara akan mengoksidasi aspal sehingga selimut aspal menjadi tipis dan kohesi aspal menjadi berkurang. Jika hal ini terjadi akan menimbulkan pelepasan butiran (*raveling*), sedangkan air akan melarutkan bagian aspal yang tidak teroksidasi sehingga pengurangan jumlah aspal akan lebih cepat.

Nilai *VIM* (*Void In Mix*) yang terlalu rendah akan menyebabkan mudah terjadinya *bleading* pada lapis keras. Selain *bleading*, dengan *VIM* (*Void In Mix*) yang rendah kekakuan lapis keras akan mengalami retak (*cracking*) apabila menerima beban lalu lintas karena tidak cukup lentur untuk menerima deformasi yang terjadi.

Tabel 16. Hasil Pengujian *VIM* (*Void In Mix*)

Notasi	Benda Uji	Kadar Serat (%)	Nilai <i>VIM</i> (%)
I	1	0,1	4,1
	2	0,1	3,5
	3	0,1	3,5
		Rata-rata	3,7
II	1	0,2	4,8
	2	0,2	4,6
	3	0,2	5,1
		Rata-rata	4,8
III	1	0,3	5,6
	2	0,3	5,5
	3	0,3	6
		Rata-rata	5,7
IV	1	0,5	4,4
	2	0,5	5,8
	3	0,5	5,7
		Rata-rata	5,3



Gambar 27. Grafik Hubungan *VIM* dan Kadar Serat.

Berdasarkan Gambar 27 di atas nilai *VIM* (*Void In Mix*) mengalami peningkatan berturut-turut pada kadar serat 0,2%, 0,3%, 0,5% sebesar 29,72%, 54,05%, 43,24% terhadap kadar serat 0,1%. Dari grafik didapat nilai *VIM* (*Void In Mix*) yang tertinggi yaitu pada kadar aspal 0,3% dengan rerata 5,7%. Akan tetapi berdasarkan persyaratan Revisi SNI 03-1737-1989 tentang ketentuan sifat-sifat campuran laston nilai *VIM* (*Void In Mix*) yang memenuhi persyaratan yaitu sebesar 3,5%-5,5%. Nilai *VIM* (*Void In Mix*) yang memenuhi syarat pada kadar 0,1%, 0,2%, 0,5%, sedangkan 0,3% tidak memenuhi persyaratan.

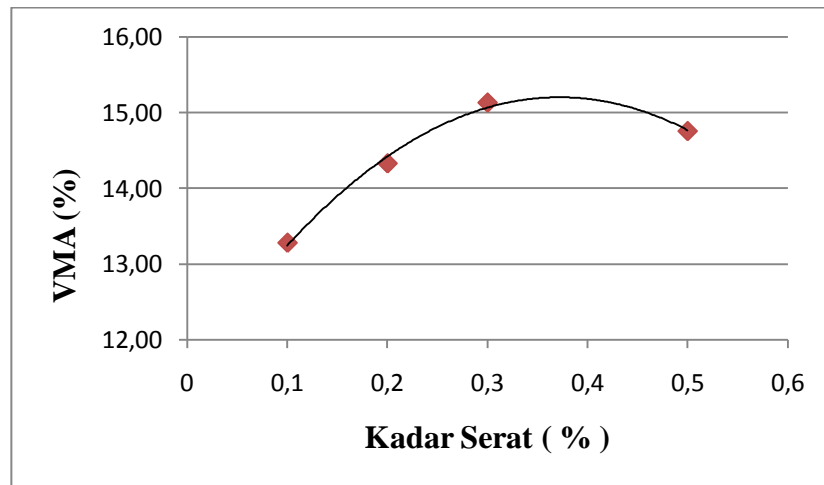
f. *VMA* (*Void In Mineral Aggregate*)

VMA (*Void In Mineral Aggregate*) adalah rongga udara yang ada diantara mineral agregat di dalam campuran beraspal panas yang sudah didapatkan termasuk ruang yang terisi aspal. *VMA* (*Void In Mineral Aggregate*) dinyatakan dalam prosentase dari campuran beraspal panas. *VMA* (*Void In Mineral Aggregate*) digunakan sebagai

ruang untuk menampung aspal dan volume rongga udara yang diperlukan dalam campuran beraspal panas, besarnya nilai *VMA (Void In Mineral Aggregate)* dipengaruhi oleh kadar aspal, gradasi bahan susun, jumlah tumbukan dan temperatur pemadatan. Hubungan antara *VMA (Void In Mineral Aggregate)* dengan kadar aspal dapat dilihat pada Tabel 17 Hasil Pengujian *VMA (Void In Mineral Aggregate)* dan Gambar 28. Grafik Hubungan *VMA* dan Kadar Aspal di bawah ini:

Tabel 17. Hasil Pengujian *VMA (Void In Mineral Aggregate)*

Notasi	Benda Uji	Kadar Serat (%)	Nilai VMA (%)
I	1	0,1	13,64
	2	0,1	13,1
	3	0,1	13,1
		Rata-rata	13,28
II	1	0,2	14,32
	2	0,2	14,1
	3	0,2	14,57
		Rata-rata	14,33
III	1	0,3	15,05
	2	0,3	14,96
	3	0,3	15,39
		Rata-rata	15,13
IV	1	0,5	13,91
	2	0,5	15,2
	3	0,5	15,16
		Rata-rata	14,76



Gambar 28. Grafik Hubungan VMA dan Kadar Serat.

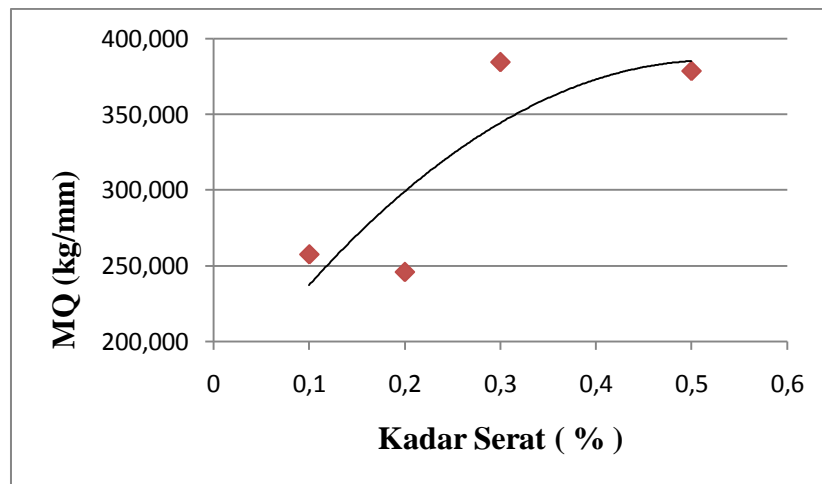
Nilai *VMA (Void In Mineral Aggregate)* pada kadar serat 0,2%, 0,3% mengalami kenaikan sebesar 7,90%, 13,93% terhadap kadar serat 0,1% sedangkan kadar serat 0,5% mengalami penurunan sebesar 2,44% terhadap kadar serat 0,3%. Ditinjau dari Revisi SNI 03-1737-1989 tentang ketentuan sifat-sifat campuran aspal beton nilai *VMA* minimal sebesar >13%. Semua kadar serat nilai *VMA (Void In Mineral Agregat)*.

g. *MQ (Marshall Quotient)*

Nilai *MQ (Marshall Quotient)* merupakan hasil bagi antara stabilitas dengan kekelahan (*flow*) dan merupakan pendekatan terhadap tingkat kekakuan dan fleksibilitas campuran. Semakin besar nilai *MQ (Marshall Quotient)* berarti campuran semakin kaku dan sebaliknya semakin kecil *MQ (Marshall Quotient)* maka perkerasannya semakin lentur.

Tabel 18. Hasil Pengujian *MQ* (*Marshall Quotient*)

Notasi	Benda Uji	Kadar Aspal (%)	<i>Marshall Quotient</i> (kg/mm)
I	1	0,1	237,102
	2	0,1	311,797
	3	0,1	223,422
		Rata-rata	257,440
II	1	0,2	228,209
	2	0,2	351,614
	3	0,2	157,632
		Rata-rata	245,818
III	1	0,3	307,585
	2	0,3	312,429
	3	0,3	533,000
		Rata-rata	384,338
IV	1	0,5	725,318
	2	0,5	232,615
	3	0,5	177,517
		Rata-rata	378,483



Gambar 29. Grafik Hubungan *MQ* (*Marshall Quotient*) dan Kadar Serat.

Berdasarkan Gambar 29 di atas pada penambahan kadar serat 0,2% mengalami penurunan sebesar 4,72% terhadap kadar serat 0,1%.

Pada kadar serat 0,3% mengalami kenaikan sebesar 56,35% terhadap kadar serat 0,2%. Pada kadar serat 0,5% mengalami penurunan sebesar 1,52% terhadap kadar serat 0,3%. Dari Gambar 23 menunjukkan bahwa campuran beton aspal dengan kadar serat 0,3% memiliki nilai *MQ* (*Marshall Quotient*) maksimum yaitu 384,338 kg/mm. Pada kadar serat 0,2% dan 0,5% hasilnya terlalu jauh dengan kadar 0,1% dan 0,3% dikarenakan pada saat pembuatan benda uji menggunakan alat manual sehingga proses pemadatannya kurang stabil. Secara keseluruhan campuran beton aspal menggunakan agregat Bantak memenuhi syarat *MQ* (*Marshall Quotient*) kecuali pada kadar serat 0,2 % tidak memenuhi syarat berdasarkan Revisi SNI 03-1737-1989 yaitu > 250 kg/mm.

BAB V

SIMPULAN DAN SARAN

A. Simpulan

Berdasarkan pengujian laboratorium didapatkan kinerja penambahan serat *Polypropylene* terhadap karakteristik Marshall menggunakan bahan pengikat *Shell 60/70* dengan kadar aspal 6,75 % adalah sebagai berikut:

- a. Nilai *Density* dengan kadar serat 0,1%; 0,2%; 0,3%; 0,5% diperoleh sebesar 2,168 gr/cc; 2,141 gr/cc; 2,121 gr/cc; dan 2,131 gr/cc.
- b. Nilai *VMA (Void in Mineral Agregat)* dengan kadar serat 0,1%; 0,2%; 0,3%; 0,5% diperoleh sebesar 13,28%; 14,33%; 15,13%; dan 14,76%.
- c. Nilai *VFB (Void Filled Bitumen)* dengan kadar serat 0,1%; 0,2%; 0,3%; 0,5% diperoleh sebesar 73,49%; 66,33%; 62,21%; dan 64,27%.
- d. Nilai *VIM (Void In Mix)* dengan kadar serat 0,1%; 0,2%; 0,3%; 0,5% diperoleh sebesar 3,7%; 4,8%; 5,7%; dan 5,3%.
- e. Nilai Stabilitas Marshall dengan kadar serat 0,1%; 0,2%; 0,3%; 0,5% diperoleh sebesar 800,01 kg; 700,43 kg; 752,2 kg; dan 655,95 kg.
- f. Nilai *Flow* (kelelehan) dengan kadar serat 0,1%; 0,2%; 0,3%; 0,5% diperoleh sebesar 3,17 mm; 3,08 mm; 2,14 mm; dan 2,27 mm.
- g. *Marshall Quotient* dengan kadar serat 0,1%; 0,2%; 0,3%; 0,5% diperoleh sebesar 257,44 kg/mm; 245,818 kg/mm; 384,338 kg/mm; dan 378,483 kg/mm.

B. Saran ,

Dari hasil penelitian yang kami lakukan, didapatkan hasil semua pemeriksaan telah memenuhi standar spesifikasi AASHTO, ASTM, dan SNI sehingga perencanaan aspal beton agregat bantak dengan bahan tambah serat *Polypropylene* ini dapat digunakan untuk lapis perkerasan *Asphalt Concrete* (AC).

DAFTAR PUSTAKA

- AASHTO T 96. 2001. *Standard Method of Test for Resistance to Degradation of Small-Size Coarse Aggregate by Abrasion and Impact in the Los Angeles Machine*.
- AASHTO T 209-90. *Standard Method of test for Maximum Specific Gravity of Bituminous Paving Mixtures*.
- AASHTO T 245-97. *Standard Method of test for Resistance to Plastic Flow of Bituminous Mixtures Using Marshall Apparatus*
- Bale, Helmi A. 2011. *Analisis Pasir Lahar Dingin Disungai Opak Untuk Material Beton Dengan Pengerjaan Konvensional*: Program Studi Teknik Sipil Jurusan Pendidikan Teknik Sipil dan Perencanaan Fakultas Teknik Universitas Islam Indonesia Yogyakarta.
- Diana. 1999. Pengaruh Penggunaan *Polypropylene Fiber* Terhadap Penyusutan Pada Saat Pre-Hardening Stage. Surabaya: Teknik Sipil UPN “Veteran” Jawa Timur.
- Dodi, Wijayanto. 2012. *Efek Penambahan Kadar Aspal Modifikasi Shell (Singapore) Terhadap Karakteristik Marshall Menggunakan Material Lokal Bantak*. Yogyakarta: Program Studi Teknik Sipil Jurusan Pendidikan Teknik Sipil dan Perencanaan Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta.
- Harold N. Atkins, PE. 1997. *Highway Materials, Soils and Concretes, 3th Edition*: Prentice Hall, New Jersey.
- Peraturan Menteri Pekerjaan Umum, 2007. *Pedoman Pelaksanaan Lapis Campuran Beraspal Panas*.
- Putrowijoyo, R. 2006. *Kajian Laboratorium Sifat Marshall dan Durabilitas Aspal Concrete-Wearing Course (AC-WC) Dengan Membandingkan Penggunaan Antara Semen Portland dan Abu Bata Sebagai Filler*. Semarang: Program Pasca Sarjana Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro.
- Ruhaidani, E. 2010. *Pemanfaatan Bantak Sebagai Agregat Kasar dan Asbuton Lawele Sebagai Agregat Halus Pada Lapis HRS-Base*. Yogyakarta: Magister Sistem dan Teknik Transportasi Program Pasca Sarjana Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Gajah Mada.

- Revisi SNI 03-1737-1989. *Pedoman Tentang “Pelaksanaan lapis campuran beraspal panas” adalah pengganti dari SNI 03-1737-1989, Tata cara pelaksanaan laapis aspal beton (LASTON) untuk jalan raya*: Badan Litbang Departemen Pekerjaan Umum.
- Revisi SNI 06-2456-1991. *Uji Penetrasi Aspal*: Badan Litbang Departemen Pekerjaan Umum.
- RSNI M-06-2003. *Metode Pengujian Campuran Beraspal Panas dengan Alat Marshall*
- RSNI M-06-2004. *Metode Pengujian Campuran Beraspal Panas dengan Alat Marshall*: Badan Standardisasi Nasional.
- RSNI 06-2433-1991. *Metode pengujian titik nyala dan titik bakar dengan Cleveland open cup*: Badan Standarisasi Nasional.
- RSNI 06-2434-1991. *Metode pengujian titik lembek*: Badan Litbang Departemen Pekerjaan Umum
- RSNI 06-2489-1991. *Metode pengujian campuran aspal dengan alat marshall*: Badan Litbang Departemen Pekerjaan Umum
- SNI 2432-2011. *Cara uji penetrasi aspal*: Badan Standarisasi Nasional
- SNI 06-2441-1991. *Metode pengujian berat jenis aspal*: Pustrang Balitbang Pekerjaan Umum.
- SNI 1970–2008. *Cara uji berat jenis dan penyerapan air agregat halus*: Badan Standardisasi Nasional.
- SNI 03-1968-1990. *Metode pengujian analisa saringan agregat halus dan agregat kasar*: Pustran-Balitbang Pekerjaan Umum.
- SNI 03-2417-1991. *Metode Pengujian Keausan Agregat Dengan Mesin Abrasi Los Angeles*: Pustran Balitbang Pekerjaan Umum.
- SNI 2490-2008. *Cara Uji Kadar Air Dalam Produk Minyak dan Bahan Mengandung Aspal Dengan Cara Penyulingan*: Badan Standarisasi Nasional.
- Sugiyono (2006). *Statistika Untuk Penelitian Pendidikan Pendekatan Kuantitatif, Kualitatif dan R&D*. Bandung: Alfabeta.
- Sukirman, Silvia. 2003. *Beton Aspal Campuran Panas*. Jakarta: Granit.

Tayyib-Al,A-H J dan Zahrani-Al, M.M. 2005. Serat *Polypropylene*.

Yusuf,Dahlan. 2011. *Pengaruh Perbaikan Agregat Kasar Bantak Dengan Menggunakan Buton Glanular Aspal Pada Lapisan Campuran AC-Base*. Yogyakarta: Magister Sistem dan Teknik Transportasi Program Pasca Sarjana Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Gajah Mada.