



TESIS RC - 142501

**ANALISIS PENGGUNAAN *RECLAIMED ASPHALT PAVEMENT* (RAP) SEBAGAI BAHAN CAMPURAN ASPAL DINGIN (*COLDMIX ASPHALT*) BERGRADASI SEMI PADAT DENGAN MENGGUNAKAN ASPAL CAIR MC-800  
(Studi Kasus Material Jalan Nasional Amlapura - Angentelu)**

A. A. GDE ESA ARISTADATHU SANJAYA  
3112207820

DOSEN PEMBIMBING:  
Dr. Ir. Ria Asih Aryani Soemitro, M.Eng  
Ir. Herry Budianto, M.Sc

PROGRAM MAGISTER  
BIDANG KEAHLIAN MANAJEMEN ASET INFRASTRUKTUR  
JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA  
2015



THESIS RC - 142501

**ANALYSIS OF THE USE OF RECLAIMED ASPHALT  
PAVEMENT (RAP) AS A MIXTURE OF COLDMIX  
ASPHALT IN SEMI DENSE GRADED BY USING  
CUTBACK ASPHALT MC-800  
(A Case Study of Materials of Amlapura - Angentelu  
Roads)**

A. A. GDE ESA ARISTADATHU SANJAYA  
3112207820

SUPERVISORS:

Dr. Ir. Ria Asih Aryani Soemitro, M.Eng.

Ir. Herry Budiarto, M.Sc.

MAGISTER PROGRAMME  
INFRASTRUCTURE ASSET MANAGEMENT SPECIALITY  
DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING  
FACULTY OF CIVIL ENGINEERING AND PLANNING  
SEPULUH NOPEMBER INSTITUTE OF TECHNOLOGY  
SURABAYA  
2015

Tesis disusun untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar  
Magister Teknik (M.T.)

Di

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

A. A. GDE ESA ARISTADATHU SANJAYA  
NRP. 3112207820

Tanggal Ujian : 16 Januari 2015

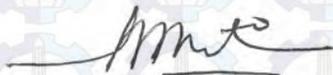
Periode Wisuda : Maret 2015

Disetujui oleh:



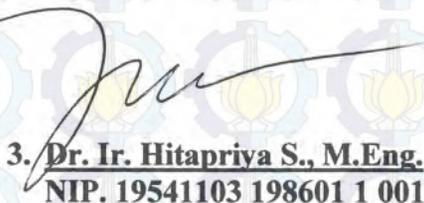
1. Dr. Ir. Ria A.A. Soemitro, M.Eng.  
NIP. 19560119 198601 2 001

(Pembimbing 1)



2. Ir. Herry Budianto, M.Sc.

(Pembimbing 2)



3. Dr. Ir. Hitapriya S., M.Eng.  
NIP. 19541103 198601 1 001

(Penguji)



4. Ir. Soemino, M.MT.

(Penguji)

Direktur Program Pascasarjana,



Prof. Dr. Ir. Adi Suprijanto, MT.

NIP. 19640405 199002 1 001

**ANALISA PENGGUNAAN *RECLAIMED ASPHALT PAVEMENT* (RAP) SEBAGAI BAHAN CAMPURAN ASPAL DINGIN (*COLDMIX*) BERGRADASI SEMI PADAT DENGAN MENGGUNAKAN ASPAL CAIR MC-800  
(Studi Kasus Material Ruas Jalan Amlapura - Angentelu)**

Nama Mahasiswa : A. A. Gde Esa Aristadathu Sanjaya  
NRP : 3112207820  
Dosen Pembimbing : Dr. Ir. Ria A. A. Soemitro, M.Eng  
: Ir. Herry Budianto, M.Sc

**ABSTRAK**

Potensi *Reclaimed Asphalt Pavement* (RAP) hasil *Cold Milling Machine* sebagai substitusi aspal dan agregat baru dalam perkerasan jalan dan bahu jalan masih belum optimal penggunaannya. Dengan adanya potensi pemanfaatan RAP dalam campuran beraspal dingin maka dilaksanakan penelitian ini yang bertujuan untuk mengetahui kemungkinan penggunaan RAP dalam perkerasan campuran aspal dingin bergradasi semi padat dengan bahan pengikat aspal cair MC-800 sehingga material RAP dapat dimanfaatkan lebih optimal.

Penelitian ini diawali dengan meneliti karakteristik RAP yang diambil dari hasil bongkaran perkerasan di Ruas Jalan Nasional Amlapura – Angentelu, Karangasem dan material baru ditinjau dari Spesifikasi Umum Bina Marga. Persentase penambahan agregat baru dalam campuran yang akan diuji bergantung pada gradasi RAP. Komposisi campuran harus memenuhi amplop gradasi agregat dan penambahan aspal cair ke dalam campuran sesuai dengan perhitungan rencana aspal. Didapatkan komposisi yang memenuhi amplop gradasi yaitu komposisi 40% RAP dan 60% material baru, 50% RAP dan 50% material baru, 60% RAP dan 40% material baru. Campuran kemudian diuji dengan pengujian Marshall sehingga dapat menentukan komposisi campuran optimal yang memenuhi ketentuan Spesifikasi Umum Bina Marga.

Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa komposisi campuran dengan 60% RAP merupakan komposisi yang paling optimal dengan kadar aspal dalam campuran sebesar 5,7%. Analisa biaya pembuatan campuran ini lebih murah 47,45% jika dibandingkan dengan biaya pembuatan campuran aspal dingin yang tidak menggunakan RAP.

Kata kunci : Jalan Amlapura – Angentelu, Karangasem; RAP; campuran aspal dingin bergradasi semi padat; aspal cair MC-800; Spesifikasi Umum Bina Marga.

# **ANALYSIS OF THE USE OF RECLAIMED ASPHALT PAVEMENT (RAP) AS A MIXTURE OF COLDMIX ASPHALT IN SEMI DENSE GRADED WITH CUTBACK ASPHALT MC-800**

**(A Case Study of Materials of Amlapura – Angentelu Roads)**

Name : A. A. Gde Esa Aristadathu Sanjaya  
Student's Number : 3112207820  
Supervisors : Dr. Ir. Ria A. A. Soemitro, M.Eng  
: Ir. Herry Budianto, M.Sc

## **ABSTRACT**

The potency of Reclaimed Asphalt Pavement from Cold Milling Machine as a substitution of new asphalt and aggregate in the pavement and road's shoulder is still not optimal use yet. By the potential of the use of RAP in Cold Mix Asphalt then this study conducted which aimed to find out the possibility of using RAP in semi dense graded coldmix asphalt pavement with cutback asphalt MC-800, so that the materials can be optimally used.

This study was initiated by examining the characteristic of RAP, which taken from the pavement demolition in Amlapura – Angentelu National Roads, and new materials to be reviewed of The Highways General Specification. The percentage of addition new aggregate in the mixture that will be tested depends on the RAP's gradation. The composition of the mixtures must fullfill aggregate grading envelope and the addition of cutback asphalt into the mixture according to calculation of asphalt plan. Obtained the compositions that meets the envelope gradation are the composition of 40% RAP and 60% new materials, 50% RAP and 50% new materials, 60% RAP and 40% new materials. The mixture then tested with Marshall Test, so that the optimal mixture composition can be determined which meets the provisions of The Highways General Specifications.

The result of this study shows that the mixture composition with 60% RAP is the most optimal composition with asphalt content in the mixture at 5,7%. Analysis of the production cost of this mixture is cheaper 47,45% compared to the production cost of coldmix asphalt that does not use RAP.

Keyword : Amlapura-Angentelu Roads, Karangasem; RAP; Semi Dense Graded Coldmix Asphalt; Cutback Asphalt MC-800; The Higways General Specification.

## KATA PENGANTAR

Segala puji syukur penulis panjatkan kepada Ida Sang Hyang Widhi Wasa, Tuhan Yang Maha Esa, atas limpahan berkah dan anugerah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan tesis ini. Tesis ini untuk memenuhi salah satu syarat kelulusan pada Program Pascasarjana Bidang Keahlian Manajemen Aset, Jurusan Teknik Sipil, FTSP – ITS Surabaya.

Dalam proses penyusunan dan penyelesaian tesis ini tidak terlepas dari bantuan berbagai pihak. Untuk peran dan jasa mereka yang sangat berarti bagi penulis, pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih dan penghargaan kepada :

1. Bapak & Ibu, Adik beserta keluarga besar atas segala cinta, semangat dan doa serta pengorbanan yang diberikan.
2. Ibu Dr. Ir. Ria Asih Aryani Soemitro, M.Eng. dan Bapak Ir. Herry Budianto, M.Sc. atas segala arahan dan petunjuk selama penyusunan tesis.
3. Bapak Dr. Ir. Hitapriya Suprayitno, M. Eng. dan Bapak Ir. Soemino, M.MT. atas segala sarannya.
4. Kepala Pusat Pendidikan dan Pelatihan (PUSDIKLAT) Kementerian Pekerjaan Umum yang telah memberikan beasiswa dan mendukung administrasi untuk mengikuti pendidikan Program Magister Bidang Keahlian Manajemen Aset Infrastruktur, Jurusan Teknik Sipil, FTSP ITS Surabaya.
5. Keluarga Besar Balai Pelaksanaan Jalan Nasional Wilayah VIII dan rekan-rekan di Laboratorium Teknik Jalan dan Jembatan BPJN VIII atas bantuannya selama di laboratorium.
6. Dosen dan seluruh staf sekretariat Program Pasca Sarjana Jurusan Teknik Sipil, FTSP ITS Surabaya atas dukungan dan kerjasamanya.
7. Gusti Bagus Mediyasa Permana dan Rudi Juharni, teman seperjuangan yang telah berjuang bersama-sama.

8. Rekan-rekan Manajemen Aset 2013 untuk persaudaraan dan kebersamaannya.

9. Semua pihak yang telah banyak membantu dan tidak penulis sebutkan satu persatu.

Semoga Ida Sang Hyang Widhi Wasa, Tuhan Yang Maha Esa membalas segala kebaikan dan ketulusan semua pihak yang telah membantu menyelesaikan tesis ini dengan melimpahkan rahmat dan karunia-Nya.

Penulis menyadari bahwa tesis ini masih jauh dari sempurna, kritikan dan saran sangat diharapkan untuk pengembangan penelitian selanjutnya yang lebih baik.

Surabaya, Januari 2014

## DAFTAR ISI

	Halaman
LEMBAR PENGESAHAN TESIS.....	i
KATA PENGANTAR .....	iii
ABSTRAK.....	v
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR GAMBAR .....	xi
DAFTAR TABEL.....	xiii
DAFTAR ISTILAH .....	xv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Perumusan Masalah .....	4
1.3 Tujuan Penelitian .....	4
1.4 Manfaat Penelitian .....	5
1.5 Ruang Lingkup Penelitian .....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	7
2.1 Jalan .....	7
2.1.1 Pengelompokan Jalan.....	7
2.1.2 Konstruksi Perkerasan Jalan.....	10
2.1.3 Jenis Kerusakan Jalan.....	12
2.2 Material Perkerasan Jalan .....	13
2.2.1 Agregat.....	14
2.2.2 Aspal .....	16
2.3 Reclaimed Asphalt Pavement (RAP).....	18
2.4 Cara Pengambilan Sampel .....	19
2.4.1 Pengambilan Contoh Agregat.....	19
2.4.2 Tata Cara Penyiapan Benda Uji.....	21
2.5 Campuran Aspal Dingin .....	22
2.5.1 Spesifikasi Teknis Bahan Dan Campuran Aspal Dingin .....	23
2.6 Analisa Biaya .....	30

2.7 Penelitian Terdahulu.....	31
<b>BAB III METODE PENELITIAN.....</b>	<b>35</b>
3.1 Umum.....	35
3.2 Bahan.....	38
3.3 Pengujian.....	38
3.4 Perancangan Benda Uji.....	38
3.5 Metode Analisis.....	39
3.6 Kesimpulan dan Rekomendasi.....	39
<b>BAB IV DATA PENELITIAN.....</b>	<b>41</b>
4.1 Material <i>Reclaimed Asphalt Pavement</i> (RAP).....	41
4.1.1 Agregat <i>Reclaimed Asphalt Pavement</i> (RAP).....	41
4.1.2 Aspal RAP Amlapura - Angentelu.....	42
4.2 Material Baru.....	43
4.2.1 Agregat Baru.....	43
4.2.2 Aspal Baru.....	45
<b>BAB V ANALISIS DATA.....</b>	<b>47</b>
5.1 Analisis Pengujian Material dan Perencanaan Gradasi Campuran ...	47
5.1.1 Agregat <i>Reclaimed Asphalt Pavement</i> .....	47
5.1.2 Aspal RAP Amlapura - Angentelu.....	48
5.1.3 Agregat Baru.....	48
5.1.4 Aspal Baru.....	49
5.2 Perencanaan Gradasi Campuran dan Kadar Aspal Empiris.....	49
5.2.1 Perencanaan Gradasi Campuran.....	49
5.2.2 Kadar Aspal Empiris.....	54
5.3 Analisis Pengujian Campuran Aspal Dingin.....	56
5.3.1 Perhitungan Komposisi Benda Uji.....	56
5.3.2 Hasil Pengujian Campuran Aspal Dingin.....	59
5.3.3 Analisis Hasil Pengujian Campuran Aspal Dingin.....	69
5.4 Analisis Biaya Penggunaan RAP Dalam Campuran Aspal Dingin ..	72
<b>BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN.....</b>	<b>77</b>
6.1 Kesimpulan.....	77
6.2 Saran.....	78
<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>	<b>79</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>83</b>

## DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Amplop Gradasi Agregat Untuk Kelas Campuran C/20 .....	28
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian.....	37
Gambar 4.1 Gradasi Agregat RAP Jalan Amlapura – Angentelu .....	42
Gambar 4.2 Gradasi Agregat Baru .....	45
Gambar 5.1 Gradasi Campuran 40% Dan 60 % Agregat Baru .....	50
Gambar 5.2 Gradasi Campuran 50% Dan 50% Agregat Baru .....	52
Gambar 5.3 Gradasi Campuran 60% Dan 40% Agregat Baru .....	53
Gambar 5.4 Grafik Stabilitas Terhadap Kadar Aspal Campuran Dengan 40% RAP Jalan Amlapura – Angentelu .....	59
Gambar 5.5 Grafik Tebal Film Aspal Terhadap Kadar Aspal Campuran Dengan 40% RAP Jalan Amlapura – Angentelu .....	60
Gambar 5.6 Grafik Stabilitas Sisa Terhadap Kadar Aspal Campuran Dengan 40% RAP Jalan Amlapura – Angentelu .....	61
Gambar 5.7 Grafik Penentuan Kadar Aspal Optimum Campuran Aspal Dingin Bergradasi Semi Padat Dengan 40% RAP Jalan Amlapura – Angentelu .....	61
Gambar 5.8 Grafik Stabilitas Terhadap Kadar Aspal Campuran Dengan 50% RAP Jalan Amlapura – Angentelu .....	62
Gambar 5.9 Grafik Tebal Film Aspal Terhadap Kadar Aspal Campuran Dengan 50% RAP Jalan Amlapura – Angentelu .....	63
Gambar 5.10 Grafik Stabilitas Sisa Terhadap Kadar Aspal Campuran Dengan 50% RAP Jalan Amlapura – Angentelu .....	64
Gambar 5.11 Grafik Penentuan Kadar Aspal Optimum Campuran Aspal Dingin Bergradasi Semi Padat Dengan 50% RAP Jalan Amlapura – Angentelu .....	64

Gambar 5.12	Grafik Stabilitas Terhadap Kadar Aspal Campuran Dengan 60% RAP Jalan Amlapura – Angentelu.....	65
Gambar 5.13	Grafik Tebal Film Aspal Terhadap Kadar Aspal Campuran Dengan 60% RAP Jalan Amlapura – Angentelu.....	66
Gambar 5.14	Grafik Stabilitas Sisa Terhadap Kadar Aspal Campuran Dengan 60% RAP Jalan Amlapura – Angentelu.....	67
Gambar 5.15	Grafik Penentuan Kadar Aspal Optimum Campuran Aspal Dingin Bergradasi Semi Padat Dengan 60% RAP Jalan Amlapura – Angentelu.....	67
Gambar 5.16	Stabilitas Marshall Aspal Cair MC-800 Dengan Proporsi RAP 40%, RAP 50%, RAP 60% .....	69
Gambar 5.17	Tebal Film Aspal Untuk Campuran Aspal Cair MC-800 Dengan Proporsi RAP 40%, RAP 50%, RAP 60% .....	70
Gambar 5.18	Stabilitas Sisa Untuk Campuran Aspal Cair MC-800 Dengan RAP 40%, RAP 50%, RAP 60% .....	71

## DAFTAR ISTILAH

### **Agregat**

Sekumpulan butir-butir batu pecah, kerikil, pasir, atau mineral lainnya berupa hasil alam atau buatan

### **Aspal**

Material perekat dengan unsur utama bitumen

### **Aspal Cair**

Aspal yang dicampur dengan bahan pelarut berupa minyak tanah, solar atau premium

### **Aspal Cair Mantap Cepat (RC, *Rapid Curing*)**

Aspal cair yang diperoleh dengan cara melarutkan aspal dengan pelarut jenis gasoline (bensin) yang mempunyai daya menguap cepat

### **Aspal Cair Mantap Sedang (MC, *Medium Curing*)**

Aspal cair yang diperoleh dengan cara melarutkan aspal dengan minyak bumi jenis minyak tanah yang mempunyai daya menguap sedang

### **Aspal Cair Mantap Lambat (SC, *Slow Curing*)**

Aspal cair yang diperoleh dengan cara melarutkan aspal dengan pelarut jenis solar yang mempunyai daya uap lambat.

### **Aspal Emulsi**

Aspal yang didispersikan dalam air atau air yang didispersikan dalam aspal dengan bantuan bahan pengemulsi (*emulgator*)

### ***Cold Milling Machine***

Mesin penghancur perkerasan yang digunakan untuk mengelupas sebagian atau seluruh lapisan perkerasan jalan

### ***Cold Mix Asphalt (CMA)***

Suatu campuran antara agregat tertentu dengan aspal cair atau aspal emulsi yang dicampur agar sesuai dihampar dan dipadatkan pada temperatur ruang tanpa memerlukan pemanasan

### **Gradasi**

Merupakan distribusi partikel yang terdistribusi secara menerus dan rapat

### **KAO (Kadar Aspal Optimum)**

Kadar aspal terhadap berat campuran beraspal yang memenuhi seluruh persyaratan dan menunjukkan kinerja yang paling baik

**NAPA**

National Asphalt Pavement Association

**Pelelehan**

Besarnya perubahan plastis suatu benda uji campuran beraspal yang terjadi akibat suatu beban sampai batas keruntuhan, dinyatakan dalam satuan panjang

**Penyerapan Air**

Air yang diserap agregat dinyatakan dalam persen terhadap berat agregat

**Penyerapan Aspal**

Aspal yang diserap agregat dinyatakan dalam persen terhadap berat agregat

**RAP (*Reclaimed Asphalt Pavement*)**

Material hasil pengupasan dan atau pemrosesan ulang perkerasan yang berisi agregat dan aspal.

**SNI**

Standar Nasional Indonesia.

**Stabilitas**

Kemampuan maksimum benda uji campuran beraspal dalam menerima beban sampai terjadi kelelahan plastis, yang dinyatakan dalam satuan beban.

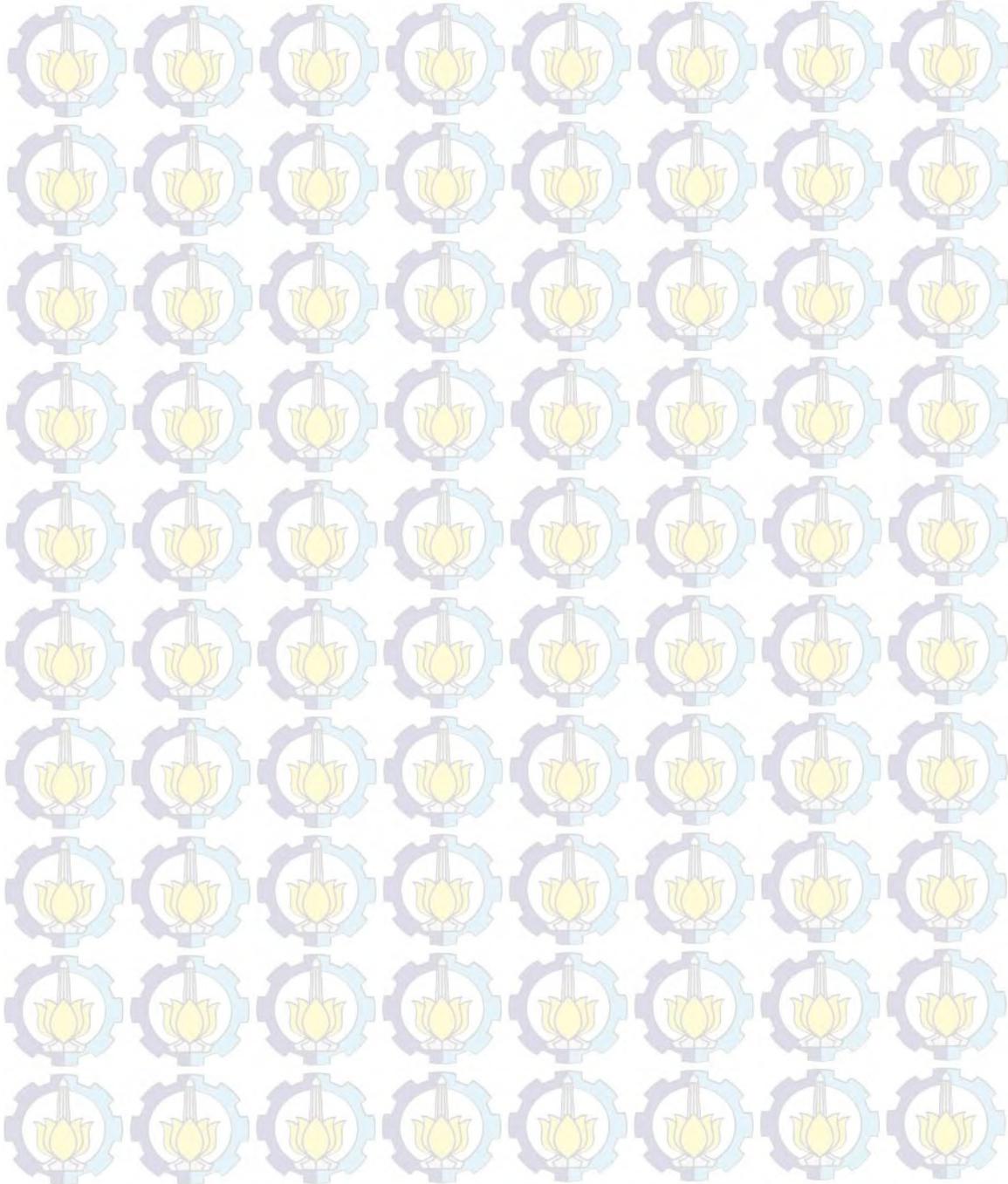
**Stabilitas Sisa**

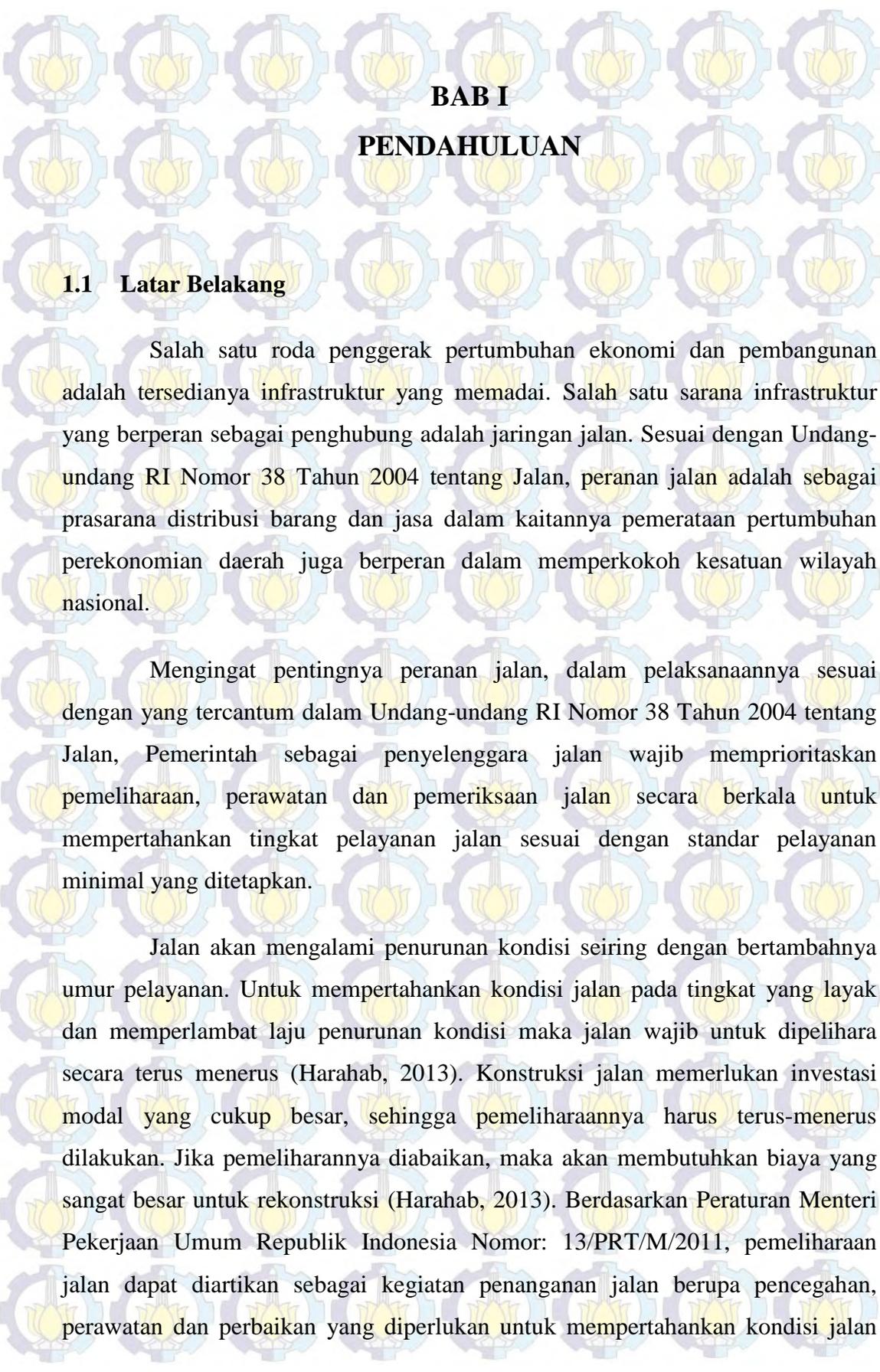
Nilai stabilitas dari benda uji campuran beraspal setelah direndam di dalam penangas selama 2 x 24 jam pada temperatur 25°C, atau dengan vakum 1 jam dengan 76 cm Hg

## DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1 Jenis Kerusakan Perkerasan Beraspal .....	13
Tabel 2.2 Berat Minimum Contoh Dari Lapangan Berdasarkan Ukuran Agregat .....	20
Tabel 2.3 Ketentuan Agregat Kasar .....	23
Tabel 2.4 Bahan Aspal Untuk Campuran Aspal Dingin .....	24
Tabel 2.5 Jenis Pengujian Dan Persyaratan Aspal Cair Penguapan Sedang (Cutback) .....	26
Tabel 2.6 Komposisi Tipikal Campuran Aspal Cair Dalam Persentase Berat ...	26
Tabel 2.7 Ketentuan Campuran Dingin, Komposisi, dan Sifat Campuran .....	27
Tabel 2.8 Persyaratan Campuran Beraspal Dingin .....	28
Tabel 3.1 Perincian Jumlah Benda Uji .....	39
Tabel 4.1 Karakteristik Agregat RAP Jalan Angentelu-Amlapura .....	41
Tabel 4.2 Karakteristik Agregat Baru .....	43
Tabel 4.3 Perhitungan Gradasi Agregat Baru .....	44
Tabel 4.4 Karakteristik Aspal RAP Jl. Amlapura - Angentelu .....	43
Tabel 4.5 Karakteristik Aspal Cair MC-800 .....	45
Tabel 5.1 Perhitungan Komposisi RAP 40% Dan 60% Agregat Baru .....	50
Tabel 5.2 Perhitungan Komposisi RAP 50% Dan 50% Agregat Baru .....	51
Tabel 5.3 Perhitungan Komposisi RAP 60% Dan 40% Agregat Baru .....	53
Tabel 5.4 Komposisi Benda Uji Marshall Dengan 40% RAP Dan 60% Material Baru .....	57
Tabel 5.5 Komposisi Benda Uji Marshall Dengan 50% RAP Dan 50% Material Baru .....	57
Tabel 5.6 Komposisi Benda Uji Marshall Dengan 60% RAP Dan 40% Material Baru .....	58
Tabel 5.7 Stabilitas Sisa Terhadap Kadar Aspal Campuran Dengan 40% RAP Jalan Amlapura – Angentelu .....	60

Tabel 5.8	Stabilitas Sisa Terhadap Kadar Aspal Campuran Dengan 50% RAP Jalan Amlapura – Angentelu .....	63
Tabel 5.9	Stabilitas Sisa Terhadap Kadar Aspal Campuran Dengan 60% RAP Jalan Amlapura – Angentelu .....	66
Tabel 5.10	Pengendalian Mutu .....	73
Tabel 5.11	Perbandingan Harga Campuran Aspal Dingin .....	75





# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Salah satu roda penggerak pertumbuhan ekonomi dan pembangunan adalah tersedianya infrastruktur yang memadai. Salah satu sarana infrastruktur yang berperan sebagai penghubung adalah jaringan jalan. Sesuai dengan Undang-undang RI Nomor 38 Tahun 2004 tentang Jalan, peranan jalan adalah sebagai prasarana distribusi barang dan jasa dalam kaitannya pemerataan pertumbuhan perekonomian daerah juga berperan dalam memperkokoh kesatuan wilayah nasional.

Mengingat pentingnya peranan jalan, dalam pelaksanaannya sesuai dengan yang tercantum dalam Undang-undang RI Nomor 38 Tahun 2004 tentang Jalan, Pemerintah sebagai penyelenggara jalan wajib memprioritaskan pemeliharaan, perawatan dan pemeriksaan jalan secara berkala untuk mempertahankan tingkat pelayanan jalan sesuai dengan standar pelayanan minimal yang ditetapkan.

Jalan akan mengalami penurunan kondisi seiring dengan bertambahnya umur pelayanan. Untuk mempertahankan kondisi jalan pada tingkat yang layak dan memperlambat laju penurunan kondisi maka jalan wajib untuk dipelihara secara terus menerus (Harahab, 2013). Konstruksi jalan memerlukan investasi modal yang cukup besar, sehingga pemeliharaannya harus terus-menerus dilakukan. Jika pemeliharannya diabaikan, maka akan membutuhkan biaya yang sangat besar untuk rekonstruksi (Harahab, 2013). Berdasarkan Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Republik Indonesia Nomor: 13/PRT/M/2011, pemeliharaan jalan dapat diartikan sebagai kegiatan penanganan jalan berupa pencegahan, perawatan dan perbaikan yang diperlukan untuk mempertahankan kondisi jalan

agar tetap berfungsi secara optimal melayani lalu lintas sehingga umur rencana yang ditetapkan dapat tercapai.

Jenis-jenis pemeliharaan jalan yang dilaksanakan berupa pemeliharaan rutin, pemeliharaan berkala, rehabilitasi dan rekonstruksi (Menteri PU, 2011). Dalam pelaksanaan pemeliharaan badan jalan terdapat pekerjaan pengupasan/pengerukan perkerasan aspal lama untuk kemudian dilapis kembali dengan perkerasan aspal baru. Pengupasan lapis perkerasan aspal lama ini dilaksanakan dengan *cold milling machine* (mesin pengupas perkerasan beraspal tanpa pemanasan) maupun tanpa *cold milling machine*, yang disebut dengan cara manual menggunakan seperangkat alat berupa *asphalt cutter*, *jack hammer* dan lain-lain (Spesifikasi Umum Bina Marga, 2010). Hasil pengupasan aspal lama ini disebut dengan RAP (*Reclaimed Asphalt Pavement*) dimana material ini berpotensi sebagai substitusi aspal dan agregat baru dalam perkerasan jalan dan bahu jalan sehingga dapat menghemat sumber daya alam, mengurangi konsumsi bahan bakar dan memperlambat laju kerusakan alam akibat penambangan (Hassan, 2009). Penggunaan RAP dalam campuran beraspal diharapkan dapat menghemat anggaran pemeliharaan atau pembangunan jalan.

Proses daur ulang material RAP dilaksanakan dengan cara mengolah kembali material perkerasan yang sudah menurun kualitasnya karena faktor umur atau kerusakan, kemudian dimodifikasi penambahan agregat baru, bahan bitumen dan bahan peremaja dengan tujuan untuk mendapatkan kembali sifat-sifat campuran dengan bahan baru. Material RAP dapat dimanfaatkan untuk keperluan sederhana seperti material bahu jalan, material penambalan lubang badan jalan, material lapis pondasi bawah aspal maupun keperluan yang membutuhkan spesifikasi teknis yang lebih tinggi seperti material campuran aspal panas maupun dingin (Budianto, 2009).

Pada pelaksanaan pemeliharaan jalan nasional di Provinsi Bali umumnya sudah memakai campuran beraspal dingin/CMA (*Cold Mix Asphalt*) untuk penambalan lubang di badan jalan. Penggunaan CMA ini dipilih karena dalam pembuatan/pencampurannya lebih sederhana dan bisa dilaksanakan secara manual

tidak seperti campuran beraspal panas (*Hotmix Asphalt*) yang proses produksinya dilaksanakan di AMP (*Asphalt Mixing Plant*) dimana memerlukan proses pemanasan pada saat pencampuran. Proses produksi CMA yang sederhana ini memungkinkan untuk dilaksanakan secara swakelola dengan peralatan sederhana sehingga lebih hemat biaya (Bina Marga, 1999). Penambalan lubang pada badan jalan di banyak tempat tentunya juga menghabiskan banyak waktu, maka sangat tepat menggunakan CMA karena tidak seperti hotmix yang terikat oleh faktor suhu pada saat penghamparan dan pematatan.

Pemanfaatan RAP dalam campuran beraspal dingin untuk material penambalan lubang di badan jalan merupakan salah satu upaya dalam pengurangan eksploitasi sumber daya alam. Dengan memanfaatkan RAP sebagai material dalam campuran aspal dingin maka biaya yang dikeluarkan untuk material baru yang digunakan dalam campuran dapat dihemat.

Selain pemeliharaan badan jalan, pemeliharaan bahu jalan tidak boleh diabaikan karena memiliki peranan yang penting. Bahu jalan berfungsi sebagai penyangga samping dan drainase untuk perkerasan jalan, serta merupakan tempat bagi lalu-lintas ketika darurat atau menyiap, pada perkerasan jalan yang sempit (Bina Marga, 1995). Bahu jalan yang dilapisi perkerasan dengan perkerasan aspal tentunya lebih baik dibandingkan dengan yang tidak diperkeras. Bahu jalan yang diberi lapis perkerasan berfungsi untuk menjaga kestabilan dan mencegah tergerus oleh aliran air hujan.

Salah satu pemanfaatan penggunaan material daur ulang RAP untuk penghematan material yang paling berpotensi dalam jumlah besar adalah untuk bahan perkerasan pada bahu jalan. Masih banyaknya bahu jalan yang belum diperkeras memungkinkan untuk penggunaan RAP dalam jumlah yang besar sebagai material dalam perkerasan untuk bahu jalan. Dengan demikian material RAP dapat dimanfaatkan, begitu juga bahu jalan menjadi meningkat kemampuan strukturnya karena sudah diperkeras.

Untuk mengoptimalkan pemanfaatan potensi material RAP sebagai material dalam CMA untuk pekerjaan pemeliharaan jalan maka perlu dilakukan

penelitian penggunaan RAP sebagai bahan campuran beraspal dingin dengan menggunakan aspal cair MC-800 sesuai dengan Pedoman Konstruksi Bangunan Nomor 001 – 05/BM/2006 sehingga hasil pencampurannya dapat memenuhi persyaratan dalam Spesifikasi Umum Bina Marga 2010. Sampel material RAP yang digunakan diambil dari Ruas Jalan Nasional Amlapura – Angentelu.

## 1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, pokok permasalahan dalam penelitian ini adalah :

1. Bagaimana karakteristik material RAP dan material baru ditinjau dari segi persyaratan sebagai bahan campuran beraspal dingin (*Cold Mix Asphalt*) bergradasi semi padat dengan menggunakan aspal cair MC-800 sesuai Spesifikasi Umum Bina Marga 2010?
2. Bagaimana komposisi gradasi campuran antara agregat RAP dan agregat baru yang memenuhi persyaratan campuran beraspal dingin (*Cold Mix Asphalt*) bergradasi semi padat sesuai Spesifikasi Umum Bina Marga 2010?
3. Bagaimana karakteristik dan komposisi yang optimal dari campuran beraspal dingin (*Cold Mix Asphalt*) bergradasi semi padat yang memanfaatkan material RAP sebagai bahan campuran dan menggunakan aspal cair MC-800 sesuai Spesifikasi Umum Bina Marga 2010?
4. Bagaimana biaya campuran beraspal dingin bergradasi semi padat yang menggunakan aspal cair MC-800 dan RAP sesuai Spesifikasi Umum Bina Marga 2010?

## 1.3 Tujuan Penelitian

Sesuai dengan perumusan masalah, maka tujuan penelitian ini adalah untuk:

1. Mengetahui karakteristik material RAP dan material baru ditinjau dari segi persyaratan sebagai bahan campuran beraspal dingin (*Cold Mix Asphalt*)

bergradasi semi padat dengan menggunakan aspal cair MC-800 sesuai Spesifikasi Umum Bina Marga 2010.

2. Mengetahui komposisi gradasi agregat RAP dan agregat baru yang memenuhi persyaratan campuran beraspal dingin (*Cold Mix Asphalt*) bergradasi semi padat sesuai Spesifikasi Umum Bina Marga 2010.
3. Mengetahui karakteristik dan komposisi yang optimal dari campuran beraspal dingin (*Cold Mix Asphalt*) bergradasi semi padat yang memanfaatkan material RAP sebagai bahan campuran dan menggunakan aspal cair MC-800 sesuai Spesifikasi Umum Bina Marga 2010.
4. Mengetahui biaya campuran beraspal dingin yang menggunakan aspal cair MC-800 dan RAP sesuai Spesifikasi Umum Bina Marga 2010.

#### **1.4 Manfaat Penelitian**

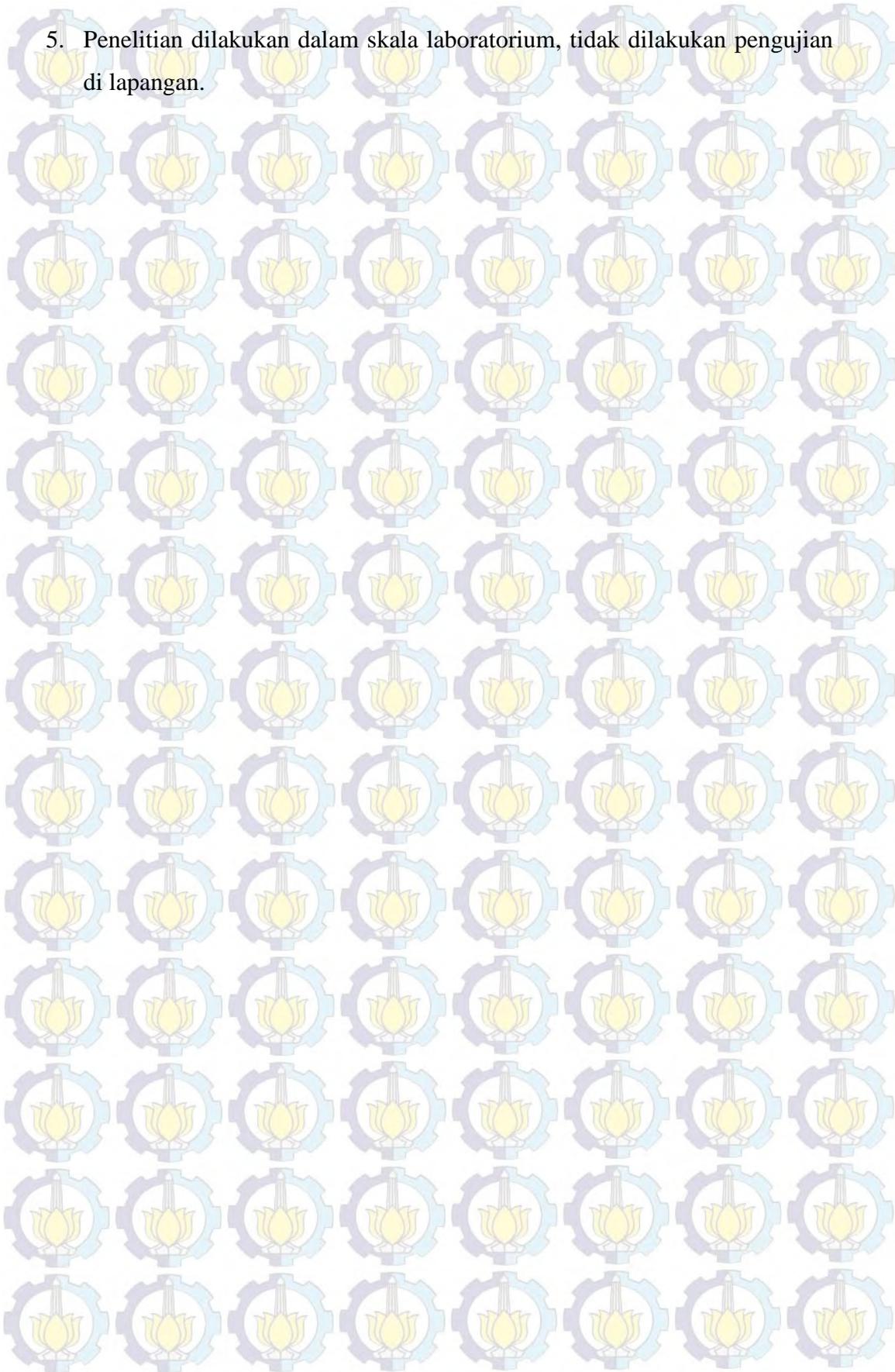
Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah ditemukannya komposisi yang optimal dari campuran beraspal dingin dengan menggunakan RAP dan aspal cair MC-800 sehingga bisa digunakan pada saat pelaksanaan pekerjaan pemeliharaan jalan dan memberikan alternatif penerapan pembangunan yang ramah lingkungan serta hemat energi.

#### **1.5 Ruang Lingkup Penelitian**

Ruang lingkup penelitian ini adalah :

1. Bahan RAP yang dipergunakan dalam penelitian ini adalah hasil pengupasan/pengerukan dari Ruas Jalan Nasional Amlapura – Angentelu.
2. Campuran beraspal dingin yang dipergunakan dalam penelitian ini menggunakan aspal cair MC-800.
3. Campuran beraspal dingin dalam penelitian ini menggunakan campuran kelas C/20 yang bergradasi semi padat sesuai dengan Spesifikasi Umum Bina Marga 2010.
4. Sifat-sifat fisik agregat, aspal dan campuran yang diuji mengacu kepada Spesifikasi Umum Bina Marga 2010.

5. Penelitian dilakukan dalam skala laboratorium, tidak dilakukan pengujian di lapangan.



## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Jalan**

Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 38 Tahun 2004 tentang Jalan menyebutkan definisi dari jalan adalah prasarana transportasi darat yang meliputi segala bagian jalan, termasuk bangunan pelengkap dan perlengkapannya yang diperuntukkan bagi lalu lintas, yang berada pada permukaan tanah, di atas permukaan tanah, di bawah permukaan tanah dan/air, serta di atas permukaan air kecuali jalan kereta api, jalan lori dan jalan kabel.

##### **2.1.1 Pengelompokan Jalan**

Pengelompokan jalan di Indonesia berdasarkan Undang-Undang Republik Indonesia No.38 Tahun 2004 tentang Jalan dan Undang-Undang Republik Indonesia No.22 Tahun 2009 tentang Lalu Lintas dapat dibagi berdasarkan sistem jaringan, fungsi, status dan kelas.

##### **A. Pengelompokan Jalan Menurut Sistem Jaringan**

Berdasarkan Undang-Undang Republik Indonesia No.38 Tahun 2004 tentang Jalan, sistem jaringan jalan dikelompokkan menjadi:

###### **1. Sistem Jaringan Jalan Primer**

Sistem Jaringan Jalan Primer adalah sistem jaringan jalan dengan peranan pelayanan distribusi barang dan jasa untuk pengembangan semua wilayah di tingkat nasional, dengan menghubungkan semua simpul jasa distribusi yang berwujud pusat-pusat kegiatan.

###### **2. Sistem Jaringan Jalan Sekunder**

Sistem Jaringan Jalan Sekunder adalah sistem jaringan dengan peranan pelayanan distribusi barang dan jasa untuk masyarakat di dalam kawasan perkotaan.

## **B. Pengelompokan Jaringan Jalan Menurut Fungsi**

Menurut Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 38 Tahun 2008 tentang Jalan, Jalan Umum menurut fungsinya dikelompokkan ke dalam:

### **1. Jalan Arteri**

Jalan arteri adalah jalan yang melayani angkutan yang utama dengan ciri-ciri melayani perjalanan yang jauh jaraknya, kecepatan rata-rata tinggi, jumlah jalan yang termasuk ke jalan tersebut dibatasi secara berdaya guna.

### **2. Jalan Kolektor**

Jalan kolektor adalah jalan yang melayani angkutan pengumpul atau pembagi dengan ciri-ciri jarak sedang, kecepatan rata-rata sedang dan jumlah jalan masuk dibatasi.

### **3. Jalan Lokal**

Jalan lokal adalah jalan yang melayani angkutan setempat dengan ciri-ciri jarak pendek, kecepatan rata-rata rendah dan jalan masuk tidak dibatasi.

### **4. Jalan Lingkungan**

Jalan lingkungan adalah jalan umum yang melayani angkutan lingkungan dengan ciri-ciri perjalanan jarak dekat, kecepatan rendah.

## **C. Pengelompokan Jalan Menurut Status**

Berdasarkan Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 38 Tahun 2008 tentang Jalan, Jalan Umum menurut statusnya dikelompokkan ke dalam:

### **1. Jalan Nasional**

Jalan Nasional merupakan jalan arteri dan jalan kolektor dalam sistem jaringan jalan primer yang menghubungkan antar ibukota provinsi dan jalan strategis nasional serta jalan tol.

## 2. Jalan Provinsi

Jalan Provinsi merupakan jalan kolektor dalam sistem jaringan jalan primer yang menghubungkan ibukota provinsi dengan ibukota kabupaten/kota atau antar ibukota kabupaten/kota dan jalan strategis provinsi.

## 3. Jalan Kabupaten

Jalan Kabupaten merupakan jalan lokal dalam sistem jaringan jalan primer yang tidak termasuk pada jalan nasional dan jalan provinsi, yang menghubungkan ibukota kabupaten dengan ibukota kecamatan, antar ibukota kecamatan, ibukota kabupaten dengan pusat kegiatan lokal, antar pusat kegiatan lokal serta jalan umum dalam sistem jaringan jalan sekunder dalam wilayah kabupaten dan jalan strategis kabupaten.

## 4. Jalan Kota

Jalan Kota merupakan jalan umum dalam sistem jaringan jalan sekunder yang menghubungkan antar pusat pelayanan dalam kota, menghubungkan pusat pelayanan dengan persil, menghubungkan antar persil serta menghubungkan antar pusat pemukiman yang berada di dalam kota.

## 5. Jalan Desa

Jalan Desa merupakan jalan umum yang menghubungkan kawasan dan/atau antar permukiman di dalam desa serta jalan lingkungan.

### **D. Pengelompokan Jalan Menurut Kelas**

Berdasarkan Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2009 tentang Lalu Lintas dan Angkutan Jalan, menurut kelasnya jalan dikelompokkan menjadi:

#### 1. Jalan Kelas I

Jalan arteri dan kolektor yang dapat dilalui kendaraan bermotor dengan ukuran lebar tidak melebihi 2.500 (dua ribu lima ratus) milimeter, ukuran panjang tidak melebihi 18.000 (delapan belas ribu) milimeter, ukuran paling tinggi 4.200 (empat ribu dua ratus) milimeter dan muatan sumbu terberat 10 (sepuluh) ton.

## 2. Jalan Kelas II

Jalan arteri, kolektor, lokal dan lingkungan yang dapat dilalui kendaraan bermotor dengan ukuran lebar tidak melebihi 2.500 (dua ribu lima ratus) milimeter, ukuran panjang tidak melebihi 12.000 (dua belas ribu) milimeter, ukuran paling tinggi 4.200 (empat ribu dua ratus) dan muatan sumbu terberat 10 (sepuluh) ton.

## 3. Jalan Kelas III

Jalan arteri, kolektor, lokal dan lingkungan yang dapat dilalui kendaraan bermotor dengan ukuran lebar tidak melebihi 2.100 (dua ribu seratus) milimeter, ukuran panjang tidak melebihi 9.000 (sembilan ribu) milimeter, ukuran paling tinggi 3.500 (tiga ribu lima ratus) dan muatan sumbu terberat 8 (delapan) ton.

## 4. Jalan Kelas Khusus

Jalan arteri yang dapat dilalui kendaraan bermotor dengan ukuran lebar melebihi 2.500 (dua ribu lima ratus) milimeter, ukuran panjang melebihi 2.500 (dua ribu lima ratus) milimeter, ukuran panjang melebihi 18.000 (delapan belas ribu) milimeter, ukuran paling tinggi 4.200 (empat ribu dua ratus) dan muatan sumbu terberat lebih dari 10 (sepuluh) ton.

### 2.1.2 Konstruksi Perkerasan Jalan

Perkerasan jalan merupakan lapisan konstruksi yang diletakkan di atas tanah dasar (*subgrade*) yang telah mengalami pemadatan dan mempunyai fungsi untuk mendukung beban lalu lintas yang kemudian menyebar ke badan jalan supaya tanah dasar tidak menerima beban yang lebih besar dari daya dukung tanah yang diijinkan. Tujuan dari pembuatan lapis perkerasan jalan adalah agar dicapai suatu kekuatan tertentu sehingga mampu mendukung beban lalu lintas dan dapat menyalurkan serta menyebarkan beban roda-roda kendaraan yang diterima ke tanah dasar (Sukirman, 1992).

Berdasarkan bahan pengikatnya, konstruksi perkerasan jalan dapat dibedakan atas tiga jenis (Sukirman, 1992):

1. Konstruksi Perkerasan Lentur (*Flexible Pavement*) yaitu perkerasan yang menggunakan aspal sebagai bahan pengikatnya.
2. Konstruksi Perkerasan Kaku (*Rigid Pavement*) yaitu perkerasan yang menggunakan semen (*portland cement*) sebagai bahan pengikatnya.
3. Konstruksi Perkerasan Komposit (*Composite Pavement*) yaitu perkerasan kaku yang dikombinasikan dengan perkerasan lentur.

Pada prinsipnya konstruksi perkerasan lentur/beraspal terdiri dari lapisan tanah dasar, lapisan pondasi bawah, lapis pondasi atas dan lapis permukaan (Sukirman, 1992).

1. Lapisan tanah dasar (*subgrade*), lapisan tanah setebal 50 – 100 cm di bawah lapisan pondasi bawah. Dapat berupa tanah asli yang dipadatkan, tanah yang didatangkan dari tempat lain atau tanah yang distabilisasikan dengan kapur atau bahan lainnya.
2. Lapisan pondasi bawah (*subbase course*), lapisan yang terletak antara tanah dasar dan lapisan pondasi atas. Berfungsi untuk menyebarkan beban roda ke lapisan tanah dasar.
3. Lapis pondasi atas (*base course*), lapisan yang terletak di antara lapisan pondasi bawah dengan lapisan permukaan. Berfungsi sebagai pondasi bagi lapisan permukaan dimana pengaruh muatan lalu lintas masih cukup besar, sehingga nilai CBR lebih besar dari lapisan di bawahnya.
4. Lapisan permukaan (*surface course/wearing course*), yang berfungsi sebagai lapisan yang menyebarkan beban ke lapisan di bawahnya, lapis kedap air dan lapis aus. Agar dapat memenuhi fungsi tersebut di atas, lapis permukaan dibuat dengan menggunakan bahan pengikat aspal sehingga menghasilkan lapisan yang kedap air dengan stabilitas yang tinggi dan tahan lama.

### 2.1.3 Jenis Kerusakan Jalan

Kerusakan jalan dibedakan menjadi dua yaitu kerusakan struktural dan kerusakan fungsional.

#### 1. Kerusakan Struktural

Kerusakan struktural yaitu kerusakan jalan yang sudah mencapai kegagalan perkerasan atau kerusakan dari satu atau lebih dari komponen perkerasan sehingga menyebabkan perkerasan tidak dapat lagi menanggung beban lalu lintas. Kerusakan ini ditandai dengan kerusakan pada sebagian atau keseluruhan lapisan perkerasan jalan, lebih bersifat progresif. Pada umumnya apabila kerusakan struktural tidak segera ditangani maka akan berkembang cepat menjadi kerusakan yang lebih besar dan berat. Kerusakan struktural biasanya harus diperbaiki dengan membangun ulang perkerasan.

#### 2. Kerusakan Fungsional

Kerusakan fungsional adalah kerusakan pada permukaan jalan yang dapat mengganggu fungsi jalan tersebut. Kerusakan fungsional ini khususnya tergantung pada tingkat kekasaran permukaan. Sifat kerusakan fungsional umumnya tidak progresif, perkerasan masih mampu menahan beban yang bekerja, hanya menyebabkan kenyamanan dan keselamatan pengguna jalan terganggu dan Biaya Operasional Kendaraan (BOK) meningkat. Kerusakan ini dapat berhubungan atau tidak dengan kerusakan struktural.

Secara garis besar, kerusakan pada perkerasan beraspal dapat dikelompokkan atas empat modus kejadian yaitu retak, cacat permukaan, deformasi dan cacat tepi perkerasan (Departemen PU, 2005). Untuk masing-masing modus tersebut dapat dibagi lagi ke dalam beberapa jenis kerusakan seperti ditunjukkan pada Tabel 2. 1

Tabel 2. 1 Jenis Kerusakan Perkerasan Beraspal

Modus	Jenis	Ciri-ciri
Retak	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Retak memanjang</li> <li>• Retak melintang</li> <li>• Retak tidak beraturan</li> <li>• Retak selip</li> <li>• Retak blok</li> <li>• Retak buaya</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Memanjang searah sumbu jalan</li> <li>• Melintang tegak lurus sumbu jalan</li> <li>• Tidak berhubungan dengan pola, tidak jelas</li> <li>• Membentuk parabola atau bulan sabit</li> <li>• Membentuk poligon, spasi jarak &gt; 300 mm</li> <li>• Membentuk Poligon, spasi jarak &lt; 300 mm</li> </ul>
Deformasi	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Alur</li> <li>• Keriting</li> <li>• Amblas</li> <li>• Sungkur</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Penurunan sepanjang jejak roda</li> <li>• Penurunan regular melintang, berdekatan</li> <li>• Cekungan pada lapis permukaan</li> <li>• Peninggian lokal pada lapis permukaan</li> </ul>
Cacat Permukaan	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Lubang</li> <li>• Delaminasi</li> <li>• Pelepasan butiran</li> <li>• Pengausan</li> <li>• Kegemukan</li> <li>• Tambalan</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tergerusnya lapisan aus di permukaan perkerasan yang berbentuk seperti mangkok</li> <li>• Terkelupasnya lapisan tambah pada perkerasan yang lama</li> <li>• Lepasnya butir-butir agregat dari permukaan</li> <li>• Ausnya batuan sehingga menjadi licin</li> <li>• Pelelehan aspal pada permukaan perkerasan</li> <li>• Perbaikan lubang pada permukaan perkerasan</li> </ul>
Cacat Tepi Perkerasan	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Gerusan tepi</li> <li>• Penurunan tepi</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Lepasnya bagian tepi perkerasan</li> <li>• Penurunan bahu jalan dari tepi perkerasan</li> </ul>

Sumber: Departemen Pekerjaan Umum, 2005

## 2.2 Material Perkerasan Jalan

Perkerasan jalan di Indonesia umumnya menggunakan konstruksi perkerasan lentur. Material utama penyusun untuk konstruksi perkerasan lentur adalah agregat dan aspal.

### 2.2.1 Agregat

Agregat adalah suatu bahan keras dan kaku yang digunakan sebagai bahan campuran yang terdiri dari berbagai butiran atau pecahan. Jumlah agregat campuran perkerasan umumnya adalah 90% - 95% berat, atau 75% - 85% volume. Sifat agregat harus diperiksa karena merupakan penentu dari kinerja campuran. Adapun pemeriksaan agregat meliputi:

#### 1. Ukuran Butir

Agregat yang digunakan dalam pekerjaan harus sedemikian rupa agar campuran beraspal, yang proporsinya dibuat sesuai dengan rumus perbandingan campuran dan memenuhi semua ketentuan yang disyaratkan. Ukuran agregat dalam suatu campuran beraspal terdiri dari yang berukuran besar sampai pada yang kecil. Klasifikasi agregat berdasarkan ukuran butiran:

- Agregat Kasar, agregat yang tertahan ayakan no. 8 (2,36 mm).
- Agregat Halus, agregat yang lolos ayakan no. 8 (2,36 mm).
- Bahan Pengisi/*filler*, fraksi dari agregat halus yang lolos saringan no. 200 (0,075 mm).

#### 2. Gradasi

Gradasi merupakan distribusi partikel yang terdistribusi secara menerus dan rapat. Gradasi agregat mempengaruhi besarnya rongga dalam campuran dan menentukan kemudahan pengerjaan dan stabilitas campuran. Gradasi agregat dalam campuran dibedakan menjadi gradasi seragam, gradasi rapat dan gradasi senjang.

##### a. Gradasi Seragam (*Uniform Graded*)

Adalah gradasi agregat dengan ukuran yang hampir sama, mengandung agregat halus yang sedikit sehingga terdapat banyak rongga/ruang kosong antar agregat. Gradasi seragam disebut juga gradasi terbuka (*open graded*).

##### b. Gradasi Rapat (*Dense Graded*)

Merupakan campuran agregat kasar dan halus dalam porsi yang berimbang.

c. Gradasi Senjang

Adalah campuran agregat dengan satu fraksi hilang atau jenis fraksi yang digunakan sedikit.

3. Kebersihan

Kebersihan agregat merupakan batasan jenis dan jumlah material yang tidak diinginkan (seperti tanaman, partikel lunak, lumpur, dan lain sebagainya) berada dalam atau melekat pada agregat. Agregat yang kotor akan memberikan pengaruh yang buruk pada kinerja perkerasan, seperti berkurangnya ikatan antar aspal dengan agregat yang disebabkan oleh banyaknya kandungan lempung pada agregat tersebut.

4. Daya Tahan Agregat

Semua agregat yang digunakan harus mampu menahan degradasi dan disintegrasi selama proses produksi dan operasionalnya di lapangan. Degradasi adalah kehancuran agregat akibat gaya yang diberikan pada waktu penimbunan, pemadatan, maupun beban lalu lintas. Sedangkan disintegrasi adalah pelapukan agregat akibat pengaruh kimiawi seperti kelembaban dan perbedaan temperatur.

5. Bentuk Partikel

Bentuk partikel dapat mempengaruhi kemudahan pengerjaan campuran perkerasan selama penghamparan, yaitu dalam hal energi pemadatan yang dibutuhkan untuk memadatkan campuran, dan kekuatan struktur perkerasan selama umur layanan. Agregat yang bersudut tajam, berbentuk kubikal dan agregat yang memiliki lebih dari satu bidang pecah akan menghasilkan ikatan antar agregat yang paling baik.

6. Tekstur Permukaan

Selain memberikan sifat ketahanan terhadap gelincir (*skid resistance*) pada permukaan perkerasan, tekstur permukaan agregat (baik makro maupun mikro) juga merupakan faktor lainnya yang menentukan kekuatan, kemudahan pengerjaan dan durabilitas campuran beraspal. Permukaan

agregat kasar akan memberikan perkuatan pada campuran beraspal karena kekasaran permukaan agregat dapat menahan agregat tersebut dari pergeseran atau perpindahan. Kekasaran permukaan agregat juga akan memberikan tahanan gesek yang kuat pada roda kendaraan sehingga akan meningkatkan keamanan kendaraan terhadap slip.

#### 7. Penyerapan

Porositas agregat menentukan banyaknya zat cair yang dapat diserap oleh agregat. Jika daya serap agregat sangat tinggi, agregat ini akan terus menyerap aspal baik pada saat maupun setelah proses pencampuran agregat dengan aspal di unit pencampur aspal. Hal ini akan menyebabkan aspal yang berada pada permukaan agregat yang berfungsi untuk mengikat partikel agregat menjadi sedikit sehingga akan menghasilkan film aspal yang lebih tipis.

#### 8. Kelekatan Terhadap Aspal

Kelekatan agregat terhadap aspal adalah kecenderungan agregat untuk menerima, menyerap dan menahan film aspal.

### 2.2.2 Aspal

Aspal atau bitumen merupakan material yang berwarna hitam kecoklatan yang bersifat viskoelastis sehingga akan melunak dan mencair. Sifat viskoelastis inilah yang membuat aspal dapat menyelimuti dan menahan agregat tetap pada tempatnya selama produksi dan masa pelayanan (Departemen Pekerjaan Umum, 1994). Umumnya aspal dapat diperoleh dari alam maupun residu hasil proses destilasi minyak bumi.

Berdasarkan sumbernya, terdapat dua jenis aspal yaitu aspal yang merupakan suatu produk berbasis minyak yang merupakan turunan dari proses penyulingan minyak bumi, dan dikenal dengan nama aspal minyak, dan aspal yang terdapat di alam secara alamiah yang disebut aspal alam (Sukirman, 1992).

Aspal minyak dapat dikelompokkan menjadi:

1. Aspal Keras (*Asphalt Cement/AC*)

Aspal yang berbentuk solid pada suhu ruang dan menjadi cair bila dipanaskan, maka didalam penggunaannya perlu dipanaskan terlebih dahulu.

2. Aspal Cair (*Cut Back Asphalt*)

Aspal cair dihasilkan dengan melarutkan aspal keras dengan bahan pelarut berbasis minyak seperti minyak tanah, bensin, atau solar, dan berbentuk cair pada suhu ruang.

3. Aspal Emulsi (*Emulsion Asphalt*)

Aspal emulsi dihasilkan melalui proses pengemulsian aspal. Pada proses ini, partikel-partikel aspal keras dipisahkan dan didispersikan dalam air yang mengandung *emulsifier*.

Agar aspal dapat digunakan sebagai bahan campuran aspal perlu diuji sifat-sifat teknisnya, antara lain :

1. Durabilitas

Durabilitas (awet) yaitu ketahanan terhadap cuaca/iklim/pelapukan dan perusakan dari beban roda kendaraan yang masuk dalam “*Durable*” (tahan dan awet). Untuk pengujian terhadap usia/pelapukan dilakukan *thin film oven test* dan *rolling film oven test*. Pengujian durabilitas aspal bertujuan untuk mengetahui seberapa baik aspal untuk mempertahankan sifat-sifat awalnya akibat proses penuaan.

2. Pengerasan Dan Penuaan

Peningkatan kekakuan akibat pengerasan aspal karena oksidasi jangka pendek maupun jangka panjang meningkatkan ketahanan campuran terhadap deformasi permanen dan kemampuan untuk menyebarkan beban yang diterima tetapi dilain pihak akan menyebabkan campuran menjadi lebih getas sehingga akan cepat retak dan akan menurunkan ketahanannya terhadap

beban berulang. Untuk mengetahui ketahanan terhadap pengaruh beban berulang digunakan *ductility test* yaitu menarik aspal sampai putus.

### 3. Kepekaan Terhadap Temperatur

Seluruh aspal bersifat termoplastik yaitu menjadi lebih keras bila temperatur menurun dan melunak bila temperatur meningkat. *Softening point test* merupakan tes untuk mengetahui temperatur pada saat aspal minyak mulai melembek atau mencair sehingga tidak lagi memiliki cukup kekuatan untuk memikul beban tekan, beban tarik, dan geser.

### 4. Adhesi Dan Kohesi

Uji daktilitas aspal adalah suatu uji kuantitatif yang secara tidak langsung dapat digunakan untuk mengetahui kemampuan partikel aspal keras untuk melekat satu sama lainnya. Aspal keras dengan nilai daktilitas yang rendah adalah aspal yang memiliki kohesi yang kurang baik dibandingkan dengan aspal yang memiliki nilai daktilitas yang tinggi. Uji penyelimutan aspal terhadap batuan merupakan uji kualitatif lainnya yang digunakan untuk mengetahui adhesi aspal terhadap batuan.

## 2.3 Reclaimed Asphalt Pavement (RAP)

*Reclaimed Asphalt Pavement (RAP)* adalah material hasil pengupasan atau pemrosesan ulang perkerasan yang berisi aspal dan agregat. Material ini timbul jika perkerasan aspal dikupas untuk direkonstruksi, pelapisan ulang atau untuk mengakses jaringan utilitas yang tertanam di bawahnya. Jika dikupas dan disaring dengan baik, RAP mengandung agregat yang bermutu tinggi dan bergradasi baik (NAPA, 1996).

Pengupasan perkerasan aspal biasanya dilakukan dengan *milling full-depth removal*. Permukaan perkerasan dengan menggunakan *Cold Milling Machine* dapat mengupas sampai dengan ketebalan 50 mm (2 inchi) ketebalan dalam sekali jalan. *Full-depth removal* melibatkan proses pengoyakan dan penghancuran perkerasan dengan menggunakan *bulldozer* atau menggunakan penghancur

perkeraan *pneumatic*. RAP kemudian diangkat dan dimuat ke dalam truk pengangkutan dengan *front-end loader* dan dikirim ke *plant*, untuk selanjutnya diproses melalui serangkaian kegiatan untuk dijadikan campuran baru yang lain. Selain dipergunakan untuk bahan campuran beraspal, RAP dipergunakan sebagai *base* pada bahu jalan atau ditimbun (NAPA, 1996).

Dalam pembuatan bahan campuran beraspal yang mengandung RAP harus memenuhi spesifikasi sebagaimana campuran aspal yang terbuat dari material baru. Untuk itu di dalam perencanaan campuran aspal yang mengandung RAP, gradasi dan sifat-sifat fisik agregat dan aspal yang terkandung dalam RAP harus diketahui terlebih dahulu. Untuk mengetahui hal tersebut dilakukan dengan melakukan ekstraksi RAP dengan pelarut tertentu untuk memisahkan agregat aspal dan aspal yang terkandung di dalamnya. Larutan aspal tersebut kemudian didestilasi atau di-*recovery* untuk memisahkan aspal dari pelarutnya. Agregat yang diperoleh kemudian diayak untuk mengetahui gradasinya dan aspalnya diuji sifat-sifat fisiknya (NAPA, 1996).

RAP biasanya mengandung agregat dengan ukuran banyak yang lebih kecil sehingga perlu dilakukan penambahan agregat baru yang ukuran dan jumlahnya tertentu agar memenuhi spesifikasi gradasi yang berlaku. Setelah gradasi gabungan dan jumlah RAP ditentukan maka dilanjutkan dengan penentuan aspal baru untuk mencapai sifat-sifat aspal yang diinginkan dalam campuran (NAPA, 1996).

## **2.4 Cara Pengambilan Sampel**

### **2.4.1 Pengambilan Contoh Agregat**

Mengacu pada SNI 03-6889-2002, pengambilan contoh dan pengujian merupakan dua hal yang sangat penting dalam fungsi pengendalian mutu. Data dari pengujian ini merupakan alat untuk menilai kualitas produk siapakah yang memenuhi syarat atau tidak sehingga pengambilan contoh dan prosedur pengujian harus dilakukan dengan hati-hati dan benar. Tujuan dari pengaturan ini untuk mendapatkan contoh agregat yang mewakili populasi.

Contoh yang akan diambil sudah tersedia dalam suatu timbunan agregat yang berbentuk kerucut atau trapesium kondisinya tidak terjadi segregasi. Selanjutnya dilakukan pengukuran agregat nominal dari tumpukan dengan saringan dan ditimbang dengan ketentuan seperti yang tercantum dalam Tabel 2.2 sebagai berikut :

Tabel 2.2 Berat Minimum Contoh Dari Lapangan Berdasarkan Ukuran Agregat

Ukuran nominal agregat maksimum		Prakiraan jumlah minimum contoh dari lapangan (kg)
Agregat Halus :		
No. 8	(2,36 mm)	10
No. 4	(4,75 mm)	10
Agregat Kasar :		
3/8	(9,5 mm)	10
½ inci	(12,5 mm)	15
¾ inci	(19,0 mm)	25
1 inci	(25,0 mm)	50
1 ½ inci	(37,5 mm)	75
2 inci	(50,0 mm)	100
2 ½ inci	(63,0 mm)	125
3 inci	(75,0 mm)	150
3 ½ inci	(90,0 mm)	175

Sumber : SNI 03-6889-2002

Tata cara pengambilan contoh dari timbunan agregat berbentuk kerucut adalah sebagai berikut :

1. Tentukan tempat pengambilan contoh agregat pada tempat penimbunan.
2. Masukkan plat baja penahan atau plat baja pemisah hingga cukup kokoh/tidak berubah bila diambil contoh agregat bagian luarnya.
3. Untuk timbunan kerucut, ambil contoh agregat sesuai dengan jumlah berat minimum yang disyaratkan.
4. Simpan hasil pengambilan contoh kedalam wadah (karung atau kantong plastik).

Sedangkan untuk timbunan agregat berbentuk trapesium, tata cara pengambilan contoh adalah sebagai berikut :

1. Tentukan tempat pengambilan contoh agregat pada tempat penimbunan.

2. Masukkan plat baja penahan atau plat baja pemisah hingga cukup kokoh/tidak berubah bila diambil contoh agregat bagian luarnya.
3. Untuk timbunan trapesium, keluarkan agregat yang berada diatas posisi titik pengambilan dan pada kedalaman yang ditentukan, ambil contoh agregat sesuai dengan jumlah berat minimum yang disyaratkan.
4. Simpan hasil pengambilan contoh kedalam wadah (karung atau kantong plastik).

#### 2.4.2 Tata Cara Penyiapan Benda Uji

Teknik pengambilan benda uji secara sistematis diatur berdasarkan SNI 13-6717-2002 yang mengacu pada *American Association of State Highways and Transportations Official, Part II Tests 1990(AASHTO T. 24898) Standard Method of Reducing Field Samples of Agregate to Testing Size*. Tata cara ini membahas tentang ketentuan dan cara penyiapan benda uji agregat dari suatu contoh agregat benda uji yang dihasilkan mempunyai sifat sama dengan contohnya. Lingkup tata cara ini mencakup penyiapan benda uji dari contoh yang datang dari lapangan disesuaikan dengan kondisi agregat serta jumlah benda uji yang diperlukan. Tujuan dari pengaturan ini adalah agar material yang akan digunakan dalam benda uji merupakan material yang diambil dari satu kelompok material, dengan cara tertentu sehingga mewakili kelompok tersebut.

Penyiapan benda uji dari contoh agregat yang telah diambil dari lapangan dapat dilakukan dengan salah satu dari 3 metode berikut :

1. Metode *Splitter*  
Metode ini digunakan untuk :
  - a. agregat kasar
  - b. agregat halus yang lebih kering permukaan jenuhnya
  - c. pembagian pendahuluan agregat halus basah yang jumlahnya cukup banyak; pembagian dilakukan dengan menggunakan *splitter* yang mempunyai ukuran lubang besar yaitu 37,5 mm sampai mendapatkan contoh yang diperoleh dikeringkan dan dibagi menggunakan *splitter* yang berukuran sesuai dengan agregat halus.

## 2. Metode Perempatan

Metode ini mempunyai 2 cara, digunakan untuk :

- a. agregat kasar
- b. agregat halus yang lebih basah dari keadaan kering permukaan jenuh.

## 3. Metode Pembentukan Gundukan Mini

Metode ini digunakan untuk :

- a. agregat halus dalam kondisi basah
- b. sebagai lanjutan dari metode spliter atau perempatan untuk mendapatkan jumlah benda uji tertentu.

## 2.5 Campuran Aspal Dingin

Campuran aspal dingin (*cold-mix asphalt*) dapat didefinisikan sebagai bahan campuran aspal yang disiapkan pada suhu ruang. Banyak keuntungan terhadap lingkungan dan biaya yang didapatkan ketika campuran aspal dingin digunakan untuk menggantikan campuran aspal panas tradisional. Namun campuran ini menunjukkan sifat mekanis yang lebih rendah seperti berkurangnya sifat mekanis pada umur awal dan porositas yang tinggi, dibandingkan dengan kepadatan campuran panas dan stabilitas sifat mekanisnya pada umur awal (Read dan Whiteoak, 2003; Needham, 1996; Thanaya et al, 2009; Oruc et al, 2007 dalam Al-Busaltan et al, 2012).

Campuran aspal dingin merupakan campuran agregat dengan aspal emulsi atau aspal cair yang dicampur dengan perbandingan tertentu menggunakan Unit Pencampur Aspal (UPCA/AMP) atau unit *pan mixer* atau *paddle mixer* atau alat pencampur beton semen dengan putaran dalam. Campuran aspal dingin dihampar dan dipadatkan dalam keadaan dingin (Bina Marga, 2006).

Campuran aspal dingin dapat digunakan sebagai lapis permukaan untuk ruas-ruas jalan yang melayani lalu lintas sedang, yaitu untuk lalu lintas rencana < 1 juta ESA atau LHR < 1000 kendaraan dan jumlah kendaraan truk maksimum 5% (Bina Marga, 2006). Campuran aspal dingin juga digunakan dalam pemeliharaan jalan dan perbaikan jalan yaitu untuk penambalan (*patching*),

perbaiki bentuk permukaan, pelebaran tepi jalan untuk jalan dengan volume lalu lintas rendah dan sedang.

Beberapa keuntungan campuran aspal dingin adalah:

- Tidak tergantung temperatur campuran karena merupakan campuran dingin.
- Material hasil pencampuran dapat disimpan dalam waktu tertentu (tidak cepat mengeras), sangat praktis untuk pekerjaan penambalan.
- Dapat dilaksanakan dengan menggunakan peralatan yang relatif sederhana baik pada saat pencampuran atau penghamparan.
- Relatif ramah lingkungan karena tidak memerlukan proses pemanasan agregat sehingga emisi debu rendah dan tidak menimbulkan asap.

### 2.5.1 Spesifikasi Teknis Bahan Dan Campuran Aspal Dingin

Spesifikasi teknis yang dipergunakan adalah Spesifikasi Umum Bina Marga Edisi 2010 dimana digunakan dalam perencanaan teknis dan pekerjaan konstruksi jalan dan jembatan yang dikeluarkan oleh Direktorat Jenderal Bina Marga Kementerian Pekerjaan Umum.

#### 2.5.1.1 Agregat

##### A. Agregat Kasar

Agregat kasar yang digunakan harus terdiri dari bahan yang bersih, keras, awet dan bebas dari kotoran dan bahan-bahan lain yang tidak diinginkan serta harus memenuhi ketentuan yang diberikan dalam Tabel 2.3.

Tabel 2.3 Ketentuan Agregat Kasar

Pengujian	Standar	Nilai
Kekekalan bentuk agregat terhadap larutan natrium dan magnesium sulfat	SNI 3407 : 2008	Maks. 12%
Abrasi dengan mesin Los Angeles pada 500 putaran	SNI 2417 : 2008	Maks. 40%
Kelekatan agregat terhadap aspal	SNI 03-2439-1991	Min. 95%

Sumber: Spesifikasi Umum Bina Marga 2010

## B. Agregat Halus

Agregat halus harus terdiri dari pasir atau batu pecah halus atau kombinasi keduanya serta terdiri atas butiran yang bersih, keras, dan bebas dari gumpalan atau bola lempung, atau bahan lain yang tidak diinginkan. Batu pecah halus yang dihasilkan dari pemecahan batu harus memenuhi ketentuan yang disyaratkan dalam Tabel 2.3. Dalam segala hal, pasir yang kotor dan berdebu serta mempunyai partikel lolos ayakan No. 200 (0,075 mm) lebih dari 8% atau pasir yang mempunyai nilai setara pasir (*sand equivalent*) kurang dari 50 sesuai dengan SNI 03-4428-1997, tidak diperkenankan untuk digunakan dalam campuran.

## C. Bahan Pengisi (*Filler*)

Bahan pengisi yang ditambahkan harus kering dan bebas dari gumpalan-gumpalan dan bila diuji dengan pengayakan sesuai SNI 03-4142-1996 harus mengandung bahan yang lolos ayakan No. 200 (75 micron) tidak kurang dari 75% terhadap beratnya kecuali untuk mineral Asbuton. Mineral Asbuton harus mengandung bahan yang lolos ayakan No. 100 (150 micron) tidak kurang dari 95% terhadap beratnya.

Semua campuran beraspal harus mengandung bahan pengisi yang ditambahkan (*filler added*) tidak kurang dari 1% dari agregat total agregat.

### 2.5.1.2 Aspal

Bahan aspal yang digunakan untuk campuran aspal dingin dapat berupa aspal cair atau aspal emulsi yang memenuhi ketentuan yang disyaratkan dalam Tabel 2.4.

Tabel 2.4 Bahan Aspal Untuk Campuran Aspal Dingin

Rancangan Campuran	Standar Rujukan	Jenis Aspal Cair atau Emulsi	
		C	E
Aspal Cair	SNI 03-4799-1998	MC 250 MC 800	-
Aspal Emulsi	SNI 03-4798-1998	-	CMS2 CMS2-h CSS1

Sumber: Spesifikasi Umum Bina Marga 2010

### 2.5.1.2.1 Aspal Cair

Aspal cair dapat dibedakan menjadi 3 (tiga) macam, yaitu:

1. Aspal Cair Mantap Cepat (RC, *Rapid Curing*), yaitu aspal cair yang diperoleh dengan cara melarutkan aspal dengan pelarut jenis gasoline (bensin) yang mempunyai daya menguap cepat.
2. Aspal Cair Mantap Sedang (MC, *Medium Curing*), yaitu aspal cair yang diperoleh dengan cara melarutkan aspal dengan minyak bumi jenis minyak tanah yang mempunyai daya menguap sedang.
3. Aspal Cair Mantap Lambat (SC, *Slow Curing*), yaitu aspal cair yang diperoleh dengan cara melarutkan aspal dengan pelarut jenis solar yang mempunyai daya uap lambat.

Penggunaan aspal cair umumnya adalah untuk bahan lapis resap pengikat dan lapis perekat. Bahan lapis resap pengikat dan lapis perekat berfungsi sebagai perekat antara badan jalan dengan campuran aspal yang baru dihampar. Untuk bahan lapis resap pengikat biasanya menggunakan aspal cair jenis MC-30 atau MC-70 (80-85 pph) yang dibuat dari aspal keras Pen.60/70 dicampur dengan kerosen. Sedangkan untuk bahan lapis perekat menggunakan aspal keras Pen.60/70 yang diencerkan dengan kerosen atau gasoline yang memiliki nilai pph 25-30 atau bisa juga menggunakan aspal cair RC-250.

Berdasarkan Buku Pedoman Konstruksi dan Bangunan nomor 001-05/BM/2006, aspal cair yang digunakan dalam campuran beraspal dingin (*coldmix*) adalah aspal cair penguapan sedang.

Aspal cair penguapan sedang yang digunakan harus memenuhi syarat seperti dalam Tabel 2.5.

Tabel 2.5 Jenis Pengujian Dan Persyaratan Aspal Cair Penguapan Sedang (Cutback)

Jenis Pengujian	Metode Pengujian	MC-30	MC-70	MC-250	MC-800*)	RC-250
Kekentalan kinematic pada 60°C, Cst	SNI 06-6721-2002	30-60	70-140	250-500	800-1600	250-500
Titik Nyala (TOC), °C	SNI 06-2433-1991	Min.38	Min.38	Min.66	Min.26	Min.27
Kadar Air, %	SNI 06-2490-1991	Maks. 0,2				
Penyulingan, % isi :	SNI 06-2488-1991					
Sulingan sampai 225°C		Maks. 25	0-20	0-10	-	Min. 35
260°C		40-70	20-60	15-55	0-35	Min. 60
315°C		75-93	65-90	60-87	45-80	Min. 80
sisa pada 360°C		Min. 50	Min. 55	Min. 67	Min. 75	Min. 67
Pengujian Sisa Penyulingan :						
- Penetrasi, 0.1 mm	SNI 06-2456-1991	-	120-250	120-250	120-250	80-120
- Kekentalan absolut pada 60°C, Poise		300-1200	300-1200	300-1200	300-1200	600-2400
- Daktilitas, cm	SNI 06-2432-1991	Min. 100				
- Kelarutan dalam C <sub>2</sub> HCl <sub>2</sub> , % berat	SNI 03-2438-1991	Min. 99				
Pelekatan dalam air, % permukaan tertutup	SNI 03-2439-1991	Min. 80				
Spot Test	AASHTO T 102	Negatif	Negatif	Negatif	Negatif	Negatif

Sumber : Pedoman Konstruksi dan Bangunan No: 001-05/BM/2006

\*) Untuk campuran dingin diambil MC-800 dengan viskositas di atas 1500 Cst

Berdasarkan Buku Pedoman Teknik No: 023/T/BM/ 1999 tentang Pelaksanaan Campuran Beraspal Dingin Untuk Pemeliharaan dilampirkan komposisi tipikal campuran aspal cair dalam persentase berat seperti dalam Tabel 2.6 berikut.

Tabel 2.6 Komposisi Tipikal Campuran Aspal Cair Dalam Persentase Berat

Jenis Aspal Cair	Kelas	Komposisi	
		AC (%)	Minyak Tanah (%)
MC	30	64	36
	70	72	28
	250	80	20
	800	85	15
	3000	90	10

Sumber : Pedoman Teknik No: 023/T/BM/1999

### 2.5.1.3 Campuran Aspal Dingin

Campuran aspal dingin dibedakan menjadi kelas C dan kelas E. Campuran kelas C adalah campuran yang bergradasi semi padat dengan menggunakan aspal cair (*cutback*). Campuran kelas E adalah campuran bergradasi terbuka dengan menggunakan aspal emulsi.

Campuran aspal dingin harus memenuhi resep yang diberikan dalam Tabel 2.7.

Tabel 2.7 Ketentuan Campuran Dingin, Komposisi, dan Sifat Campuran

Uraian	Kelas Campuran				
	C/10	C/20	E/10	E/20	
Ukuran butiran nominal maksimum (mm)	9,5	19	9,5	19	
Jenis Gradasi	Semi padat	Semi padat	Terbuka	Terbuka	
Ketebalan lapisan nominal minimum (mm)	20	40	20	40	
<b>GRADASI</b>					
ASTM	(mm)	% Berat Yang Lolos			
1"	25	100	100	100	100
¾"	19	100	95 – 100	100	95 – 100
3/8"	9,5	85 – 100	60 – 75	85 – 100	20 – 55
No. 8	2,36	15 – 25	15 – 25	0 – 10	0 -10
No. 200	0,075	3 – 5	3 – 5	0 – 2	0 – 2
<b>RESEP CAMPURAN</b>					
Kadar aspal residu minimum (% terhadap berat total campuran)	5,6	5,3	4,8	4,2	
<b>CAMPURAN RANCANGAN</b>					
Batas kadar bitumen residual (% terhadap berat total campuran)	≥ 5,5	≥ 5,5	3,9 – 6,2	3,3 – 5,5	
Kadar efektif bitumen minimum (% terhadap berat total campuran)	≥ 5,0	≥ 4,5	(*)	(*)	
Ketebalan efektif film bitumen minimum	10	10	20	20	

Sumber: Spesifikasi Umum Bina Marga 2010

Catatan :

- (\*) : kadar aspal harus dioptimasi.
- Kadar aspal residu = kadar aspal efektif + % aspal yang diserap agregat.
- Untuk memperoleh kadar aspal cair, maka kalikan aspal residu dengan :
$$\frac{100}{100 - \% \text{ minyak tanah dalam aspal cair}} \dots\dots\dots (2.1)$$
- Untuk memperoleh kadar aspal emulsi, maka kalikan kadar aspal residu dengan :
$$\frac{100}{100 - \% \text{ air dalam aspal emulsi}} \dots\dots\dots (2.2)$$

5. Pengujian harus dilaksanakan untuk menentukan Kadar Aspal Residu dan Kadar Aspal Efektif.

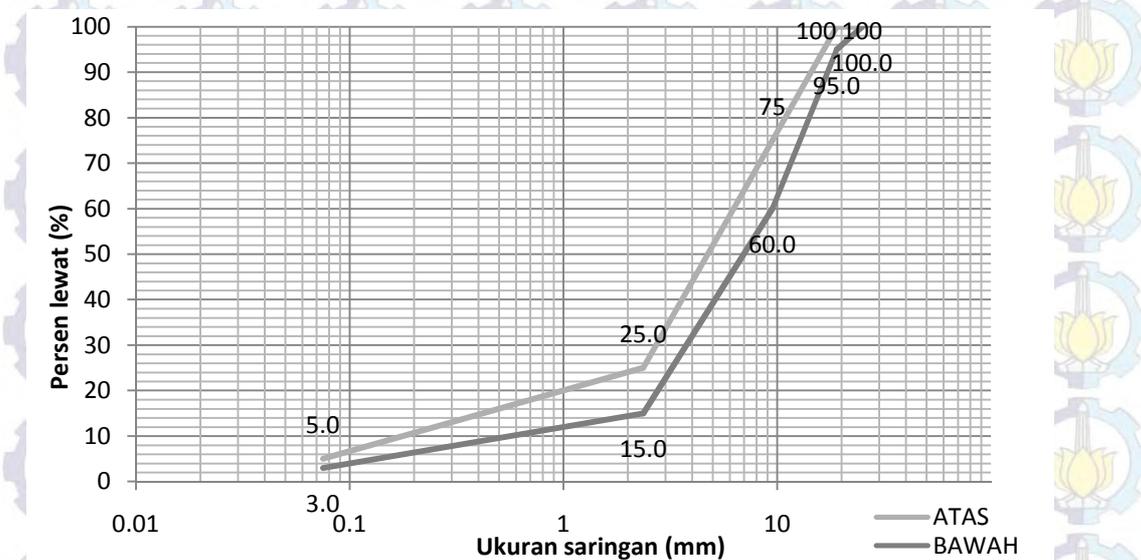
Rumusan campuran rancangan (*Design Mix Formula*) yang dibuat harus memenuhi semua sifat-sifat campuran beraspal dingin sesuai dengan Tabel 2.8.

Tabel 2.8 Persyaratan Campuran Beraspal Dingin

Sifat Campuran	Persyaratan
Jumlah Tumbukan	2 x 50
Stabilitas Marshall pada 22°C, (kg)	Min. 450
Stabilitas sisa setelah perendaman 4 x 24 jam (%)	Min. 60
Tebal film aspal, mikron	Min. 8
Penyelimutan agregat kasar (%)	Min. 75

Sumber : Pedoman Konstruksi dan Bangunan No: 001-05/BM/2006

Adapun gradasi jenis semi padat untuk kelas campuran C/20 yang digunakan dalam penelitian ini harus memenuhi amplop gradasi sesuai dengan yang disyaratkan dalam Tabel 2.7 seperti pada Gambar 2.1.



Sumber : Perhitungan

Gambar 2.1 Amplop Gradasi Agregat Untuk Kelas Campuran C/20

### 2.5.1.4 Pengujian Campuran

Dalam perencanaan campuran aspal dingin diperlukan pengujian bahan yang digunakan meliputi analisa ayakan, berat jenis, dan semua jenis pengujian

lainnya sebagaimana yang disyaratkan untuk semua agregat yang digunakan, serta pengujian bahan aspal. Untuk material RAP dilaksanakan ekstraksi dan uji gradasi untuk menentukan jumlah material baru (aspal dan agregat) yang akan ditambahkan ke dalam campuran. Selanjutnya untuk mendapatkan nilai dari parameter-parameter sifat-sifat campuran beraspal dingin sesuai dengan Tabel 2.8 dilakukan pengujian Marshall.

Prosedur pengujian Marshall didasarkan pada SNI 06-2489-1991. Pengujian ini untuk campuran aspal dengan agregat ukuran maksimum 2,54 cm. Pengujian Marshall dimulai dengan persiapan benda uji. Untuk keperluan tersebut perlu diperhatikan hal-hal sebagai berikut :

1. Bahan yang digunakan masuk spesifikasi.
2. Kombinasi agregat memenuhi gradasi yang disyaratkan.
3. Untuk keperluan analisa volumetrik, berat jenis dari semua agregat yang digunakan pada kombinasi agregat, dan berat jenis aspal harus dihitung terlebih dahulu.

Ukuran benda uji berdiameter 10,16 cm dengan tinggi kira-kira 63,5 mm  $\pm$  1,27 mm, yang dipersiapkan dengan menggunakan prosedur khusus untuk pencampuran dan pemadatan campuran agregat dengan aspal.

Untuk menentukan kadar aspal optimum, kadar aspal campuran harus divariasikan dengan nominal 1% dan 2 % di atas dan di bawah perkiraan kadar aspal. Perkiraan awal kadar aspal dalam campuran percobaan dapat ditentukan dengan persamaan:

$$PA = (0,05 AK + 0,1 AH + 0,5 F) \times 0,7 \dots\dots\dots(2.3)$$

Dengan pengertian :

- PA : kadar aspal efektif perkiraan terhadap berat agregat
- AK : persentase agregat kasar tertahan saringan No. 8
- AH : persentase agregat halus lolos saringan No. 8 tertahan No. 200
- F : persentase agregat lolos saringan No. 200

Parameter penting pada perencanaan campuran dengan pengujian Marshall adalah analisa stabilitas dan pelelehan (*flow*) dari benda uji padat. Stabilitas Marshall adalah beban maksimum yang dapat dipikul benda uji sebelum hancur, dan pelelehan Marshall adalah deformasi permanen dari sampel sebelum hancur. Turunan dari keduanya yang merupakan perbandingan antara Stabilitas Marshall dan Pelelehan Marshall disebut Marshall Quotient. Marshall Quotient merupakan indikator kelenturan yang potensial terhadap keretakan. (Sukirman, 1992).

Uji perendaman Marshall merupakan uji lanjutan dengan maksud mengukur ketahanan daya ikat/adhesi campuran beraspal terhadap pengaruh air dan suhu. Tingkat durabilitas campuran dapat dilihat dari nilai Stabilitas Sisa rendaman Marshall yang merupakan hasil bagi nilai stabilitas Marshall setelah perendaman selama 4 x 24 jam pada temperatur ruang atau divacum selama 60 menit di dalam *desicator* pada 100 mm Hg dan direndam dalam air selama 60 menit pada temperatur ruang dengan nilai stabilitas Marshall kondisi standar. Semakin besar nilai stabilitas sisa maka semakin besar durabilitas campuran tersebut (Dirjen Bina Marga, 2006).

## **2.6 Analisa Biaya**

Analisa biaya pada penelitian ini berdasarkan Panduan Analisa Harga Satuan (PAHS) Direktorat Jenderal Bina Marga 2010. Analisa harga satuan menguraikan suatu perhitungan harga satuan bahan dan pekerjaan secara teknis dirinci secara detail berdasarkan suatu metode kerja dan asumsi-asumsi yang sesuai dengan yang diuraikan dalam spesifikasi teknik, gambar desain dan komponen harga satuan.

Sedangkan untuk harga satuan pekerjaan terdiri atas beberapa komponen yaitu biaya langsung dan biaya tidak langsung. Komponen biaya langsung terdiri atas upah, bahan dan alat. Secara garis besar penjelasan mengenai komponen biaya langsung adalah sebagai berikut:

### 1. Komponen Bahan.

Digunakan dalam mata pembayaran tertentu tergantung pada jenis pekerjaannya. Faktor yang mempengaruhi harga satuan komponen bahan antara lain adalah kualitas, kuantitas dan lokasi asal bahan. Faktor-faktor yang berkaitan dengan kuantitas dan kualitas bahan harus ditetapkan dengan mengacu kepada spesifikasi umum yang berlaku.

### 2. Komponen Alat.

Material bahan yang dikerjakan disamping peralatan mekanis, hampir semua nomor mata pembayaran memerlukan alat bantu manual, seperti: pacul, sekop, gerobak dorong, keranjang, timba dan lain-lain, namun karena harganya relatif kecil maka untuk memudahkan analisa, alat bantu manual tidak dianalisa (dalam contoh perhitungan analisa harga satuan diisi dengan angka nol). Jika beberapa jenis peralatan digunakan dalam mata pembayaran tertentu, maka produktivitas peralatan ditentukan oleh peralatan utama yang digunakan dalam mata pembayaran tersebut.

### 3. Komponen Tenaga Kerja.

Digunakan dalam mata pembayaran tertentu tergantung pada jenis pekerjaannya. Faktor yang menentukan harga satuan komponen tenaga kerja antara lain: jumlah tenaga kerja dan tingkat keahlian tenaga kerja. Penetapan jumlah dan keahlian tenaga kerja mengikuti produktivitas peralatan utama.

Harga satuan pekerjaan terdiri atas biaya langsung dan biaya tidak langsung. Komponen biaya langsung terdiri atas upah, bahan dan alat. Komponen biaya tidak langsung terdiri atas biaya umum atau *overhead* dan keuntungan. Biaya *overhead*, besarnya sesuai dengan ketentuan yang berlaku (Dirjen Bina Marga, 2010).

## 2.7 Penelitian Terdahulu

1. Rizal Falevi (2013) melakukan penelitian laboratorium untuk optimalisasi penggunaan RAP dari ruas Jalan Pandaan – Malang sebagai bahan campuran beraspal panas AC-WC bergradasi halus. Campuran beraspal panas yang dibuat menggunakan aspal pen 60-70, agregat baru yang berasal dari *quarry*

Banyuwangi memiliki nilai abrasi 19,73% dan *quarry* Lumajang dengan nilai abrasi 23,6%. Selanjutnya ditambahkan RAP dengan komposisi awal 25% RAP kemudian ditingkatkan menjadi 30% RAP. Penelitian ini berlaku pada rentang kadar aspal antara 5,1%-7,4% yang nilainya diperoleh dari perhitungan kadar aspal empiris. Hasil dari penelitian menunjukkan bahwa komposisi 25% RAP Jalan Pandaan-Malang dan 75% material baru dengan nilai abrasi sebesar 19,73% memenuhi persyaratan Spesifikasi dengan Kadar Aspal Optimum (KAO) sebesar 6,35%. Penggunaan komposisi tersebut mengakibatkan adanya biaya tambahan sebesar 0,6% dibandingkan campuran beraspal panas tanpa RAP. Sedangkan untuk Komposisi 25% RAP Jalan Pandaan-Malang dan 75% material baru dengan nilai abrasi sebesar 23,6% tidak dapat memenuhi persyaratan yang berlaku.

Perbedaan dengan penelitian ini adalah :

- Penelitian ini menganalisa penggunaan RAP sebagai bahan campuran aspal dingin.
- RAP yang dipergunakan berasal dari hasil pengupasan lapisan perkerasan ruas jalan Amlapura - Angentelu.

2. Esti Peni Kusmarini (2012) melaksanakan penelitian laboratorium untuk optimalisasi penggunaan RAP sebagai bahan campuran beraspal panas *Asphaltic Concrete* pada Ruas Jalan Gemekan – Jombang dan Pandaan Malang dengan menggunakan Aspal Penetrasi 60-70. Hasilnya adalah komposisi optimal penambahan agregat kasar sebesar 6%, agregat sedang sebesar 25%, agregat halus sebesar 48%, semen sebesar 1%, dan aspal penetrasi 60-70 sebesar 5,2%. Komposisi optimal penggunaan RAP dari segi teknis dan biaya adalah sebesar 20% RAP dan 80% material baru dengan KAO campuran 5,9%. Penghematan yang dicapai sebesar 10,6%.

Perbedaan dengan penelitian ini adalah :

- Penelitian ini menganalisa penggunaan RAP sebagai bahan campuran aspal dingin.
- RAP yang dipergunakan berasal dari hasil pengupasan lapisan perkerasan ruas jalan Amlapura - Angentelu.

3. Berdasarkan penelitian yang dilakukan Emrizal dalam “Pemanfaatan Material Daur Ulang Aspal Beton Untuk Material Aspal Beton Campuran Dingin Memakai Aspal Emulsi” pada tahun 2009, didapatkan bahwa karakteristik dan sifat-sifat struktur material dari bahan bongkaran aspal beton sesuai hasil pemeriksaan ekstraksi sudah mengalami degradasi dengan kadar aspal pada RAP adalah 4,8%. Campuran dingin aspal beton dengan kadar RAP sebesar 90% untuk campuran gradasi agregat yang diekstraksi, dan 95% untuk campuran gradasi agregat tanpa ekstraksi menghasilkan nilai stabilitas Marshall  $> 800$ .

Perbedaan penelitian terdahulu dengan penelitian yang akan dilaksanakan ini adalah :

- Bahan RAP yang dipergunakan berasal dari hasil pengupasan lapisan perkerasan ruas jalan Amlapura - Angentelu.
- Aspal yang digunakan berupa aspal cair MC-800.
- Penelitian ini juga meninjau penggunaan RAP dari segi biaya.

## **BAB III**

### **METODE PENELITIAN**

#### **3.1 Umum**

Kegiatan penelitian ini secara garis besar dibagi dalam dua tahapan, yaitu:

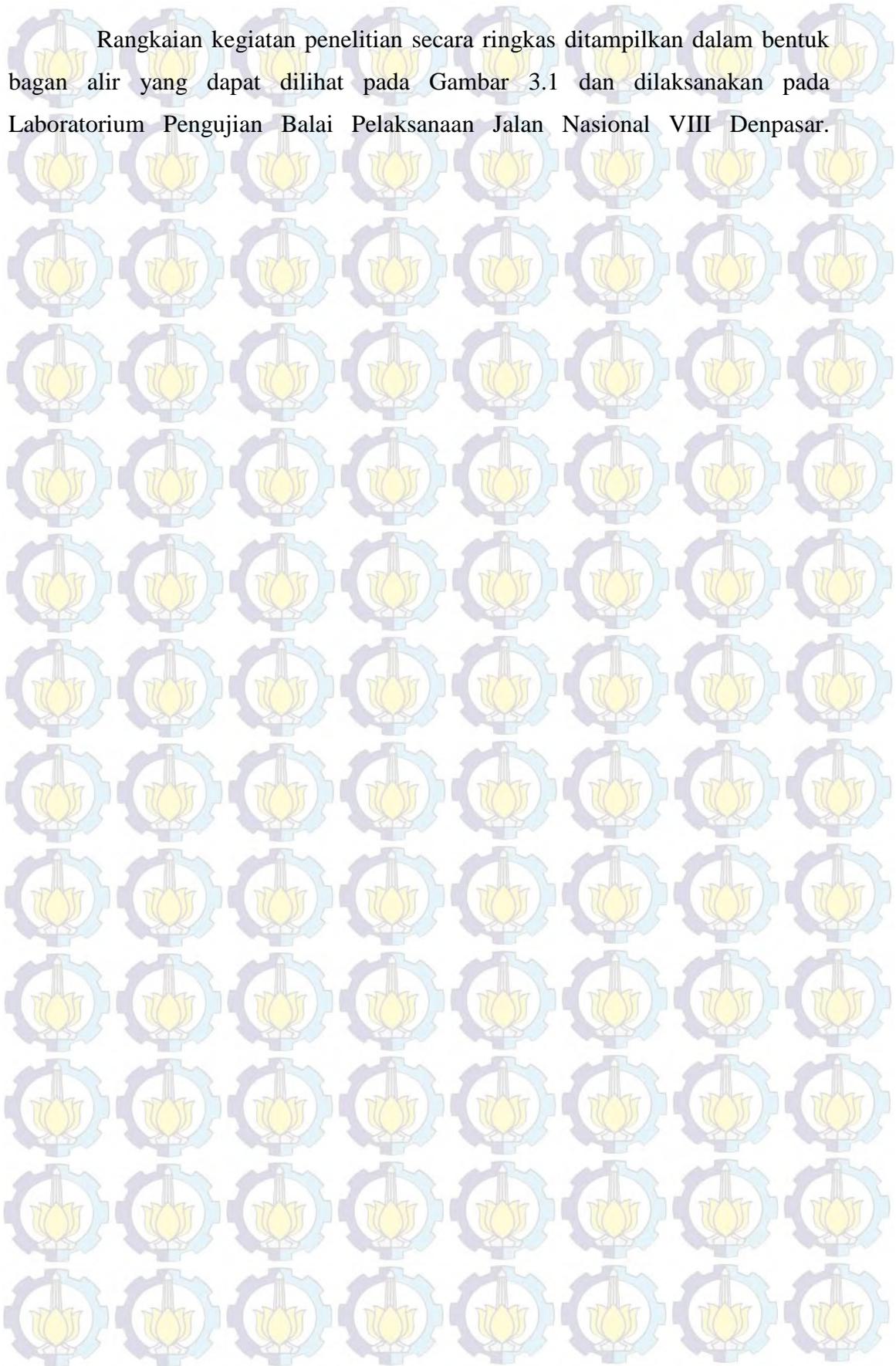
A. Tahap I, penelitian material campuran aspal dingin (RAP, agregat baru dan aspal cair MC-800) dengan langkah-langkah sebagai berikut :

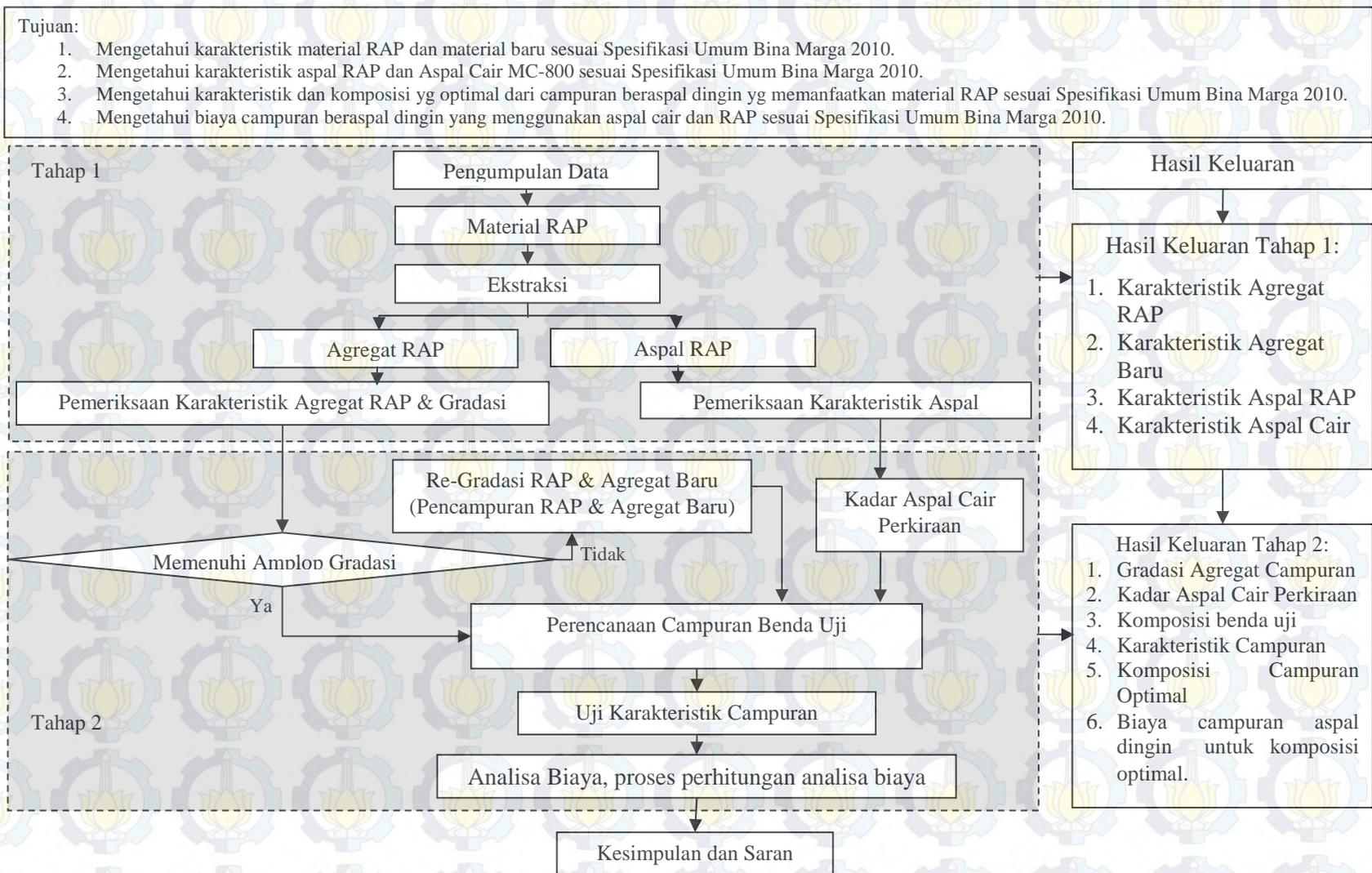
1. Menyiapkan material yang meliputi RAP, agregat baru, dan aspal cair MC-800.
2. Mengekstraksi RAP untuk memisahkan aspal dan agregatnya sehingga diketahui kadar aspal yang terkandung di dalam RAP.
3. Melakukan pengujian gradasi dan sifat fisik agregat RAP hasil ekstraksi.
4. Melakukan pengujian gradasi dan sifat fisik agregat baru.
5. Melakukan pengujian sifat fisik aspal RAP hasil ekstraksi.
6. Melakukan pengujian sifat-sifat fisik aspal cair MC-800.

B. Tahap II, penelitian campuran aspal dingin dengan aspal cair MC-800, RAP dan agregat baru dengan tujuan akhir untuk mengetahui komposisi campuran yang optimal dengan langkah-langkah sebagai berikut :

1. Melakukan re-gradasi terhadap gradasi agregat RAP dengan menambahkan agregat baru dengan jumlah dan ukuran tertentu agar memenuhi amplop gradasi.
2. Melakukan penghitungan penambahan jumlah aspal cair MC-800 yang dipergunakan dalam campuran.
3. Melakukan pencampuran campuran aspal dingin dengan komposisi yang ditentukan
4. Pengujian Marshall.
5. Analisa Biaya Campuran Aspal Dingin
6. Kesimpulan dan Saran.

Rangkaian kegiatan penelitian secara ringkas ditampilkan dalam bentuk bagan alir yang dapat dilihat pada Gambar 3.1 dan dilaksanakan pada Laboratorium Pengujian Balai Pelaksanaan Jalan Nasional VIII Denpasar.





Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

### 3.2 Bahan

Bahan yang digunakan untuk melakukan penelitian ini terdiri atas :

- A. RAP yang digunakan berasal dari hasil kupasan *Cold Milling Machine* pada Ruas Jalan Amlapura – Angentelu, Bali.
- B. Agregat yang digunakan terdiri dari agregat kasar dan agregat halus yang diambil dari *quarry* di Desa Bantas, Tabanan.
- C. Aspal yang digunakan untuk campuran adalah aspal cair MC-800.

### 3.3 Pengujian

Dalam penelitian ini alat-alat yang digunakan berasal dan tersedia di Laboratorium Pengujian Balai Pelaksanaan Jalan Nasional VIII Denpasar.

Jenis dan standar pengujian agregat yang dipakai dalam pengujian ini sesuai dengan Spesifikasi Umum Bina Marga 2010, disajikan dalam Tabel 2.3.

Pengujian untuk aspal menggunakan standar yang disajikan dalam Tabel 2.5 dan pengujian campuran menggunakan standar yang disajikan dalam Tabel 2.7 dan Tabel 2.8.

### 3.4 Perancangan Benda Uji

Sebelum membuat benda uji untuk Marshall test, terlebih dahulu memeriksa kesesuaian material yang dipergunakan dengan Spesifikasi Umum Bina Marga 2010. Apabila belum sesuai maka dilakukan penyesuaian, antara lain:

- Pencucian material apabila terdapat kotoran di dalamnya.
- Penambahan agregat baru ke dalam RAP dengan jumlah dan ukuran tertentu untuk mencapai gradasi yang disyaratkan.

Komposisi campuran pada penelitian ini yaitu :

- Campuran yang dibuat adalah campuran kelas C/20 dengan gradasi semi padat.

- Penambahan material baru disesuaikan dengan hasil pemeriksaan gradasi RAP sehingga dapat memperoleh gradasi campuran yang sesuai dengan ketentuan.
- Asal dari RAP adalah Ruas Jalan Amlapura - Angentelu.
- Jenis aspal yang digunakan adalah aspal cair jenis MC-800.

Untuk mengetahui sifat-sifat fisik campuran tersebut dilakukan dengan pengujian Marshall. Jumlah benda uji didasarkan pada kebutuhan sesuai dengan tujuan penelitian ini. Perkiraan jumlah benda uji dapat dilihat pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1 Perincian Jumlah Benda Uji

No	Jenis Pengujian	Jumlah Benda Uji
1.	Uji Marshall	$3 \times 5 \times 3 = 45$
2.	Uji Perendaman Marshall	$3 \times 5 \times 3 = 45$
Total		90

Sumber : Hasil Perhitungan

Benda uji dibuat untuk masing-masing kadar aspal (5 kadar aspal) untuk setiap variasi kandungan RAP (3 variasi) dimana diujikan sebanyak 3 kali pada setiap jenis pengujian yaitu Uji Marshall dan Uji Perendaman Marshall.

### 3.5 Metode Analisis

Dalam penelitian ini dianalisa mutu masing-masing variasi campuran yang dibuat. Mutu yang ingin dicapai mengacu pada sifat-sifat fisik campuran sesuai dengan Spesifikasi Bina Marga. Apabila sudah didapatkan komposisi yang optimal dan memenuhi sifat-sifat fisik campuran sesuai dengan Spesifikasi Bina Marga, selanjutnya dihitung analisa biayanya dengan memasukkan komponen-komponen biaya material, tenaga kerja, peralatan dan komponen biaya *overhead*. Perhitungan biaya mengacu pada analisa harga satuan Bina Marga.

### 3.6 Kesimpulan dan Rekomendasi

Kesimpulan berisikan hasil yang dicapai dari penelitian ini yang berupa komposisi perkerasan campuran aspal dingin yang menggunakan bahan pengikat aspal cair MC-800 dan RAP hasil pengerukan lapisan permukaan dari Ruas Jalan

Nasional Amlapura – Angentelu yang sifat-sifat fisik campurannya memenuhi Spesifikasi Bina Marga.

Dari kesimpulan yang didapatkan dibuat rekomendasi kepada pemangku kepentingan untuk percobaan di lapangan untuk mengetahui tingkat keberhasilannya.

## BAB IV DATA PENELITIAN

### 4.1 Material Reclaimed Asphalt Pavement (RAP)

#### 4.1.1 Agregat Reclaimed Asphalt Pavement (RAP)

Material RAP yang didapat dari Ruas Jalan Nasional Amlapura – Angentelu kemudian diuji untuk mengetahui karakteristik dari material-material penyusunnya. Material RAP merupakan campuran antara agregat dan aspal. Untuk mendapatkan material-material penyusun RAP dilaksanakan ekstraksi sehingga material-material tersebut dapat terpisah.

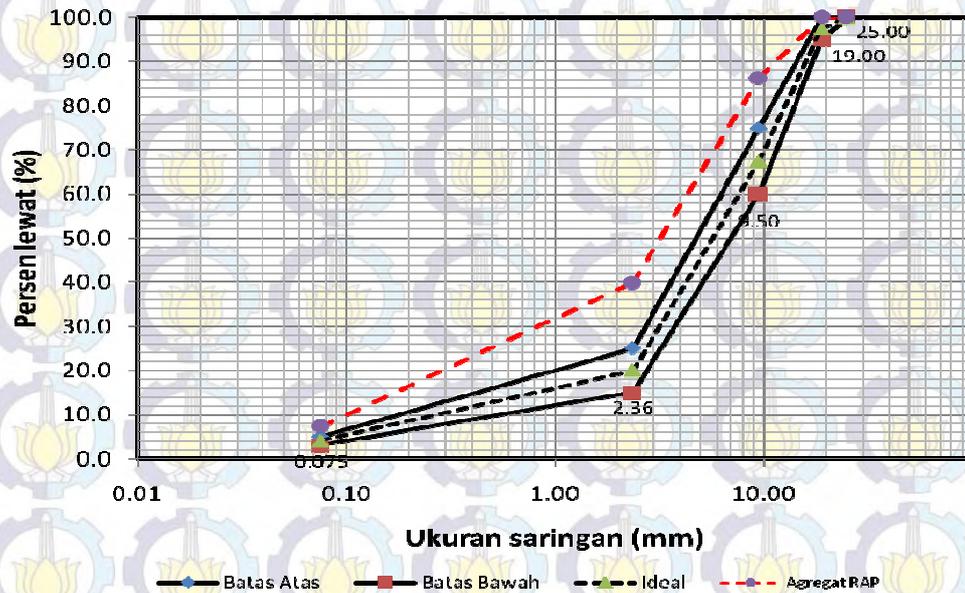
Kemudian dilaksanakan beberapa pengujian terhadap agregat RAP hasil ekstraksi yaitu pengujian abrasi, kelekatan terhadap aspal, berat jenis dan penyerapan, pengujian setara pasir dan kekekalan bentuk terhadap Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. Pengujian dilaksanakan sesuai dengan Spesifikasi Umum Bina Marga 2010 dan hasil pengujiannya dapat dilihat pada Tabel 4.1 berikut ini.

Tabel 4.1 Karakteristik Agregat RAP Jalan Angentelu-Amlapura

No.	Uraian	Nilai Pengujian	Persyaratan
1.	Abrasi (%)	25,68	Maks. 40
2.	Kelekatan Aspal (%)	>95	Min. 95
3.	Berat Jenis Agregat Kasar (%)	2,575	Selisih Maks. 0,2
4.	Berat Jenis Agregat Halus (%)	2,621	
5.	Penyerapan Agregat Kasar (%)	0,559	Maks. 3
6.	Penyerapan Agregat Halus (%)	1,013	Maks. 3
7.	Pengujian Setara Pasir	66,18	Min. 50
8.	Kekekalan Bentuk Terhadap Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (%)	4,60	Maks. 12

Sumber : Hasil Pengujian

Dari hasil pengujian agregat yang dilakukan, didapatkan bahwa agregat dari material RAP memenuhi persyaratan yang ditentukan dalam Spesifikasi Umum Bina Marga Tahun 2010. Gradasi dari agregat RAP dari Jalan Amlapura – Angentelu yang telah diekstrak dapat dilihat pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1 Gradasi Agregat RAP Jalan Amlapura – Angentelu (Hasil Perhitungan, 2014)

Dari hasil gradasi yang dilakukan pada agregat RAP, seperti pada Gambar 4.1 terlihat bahwa gradasi agregat dari RAP Ruas Jalan Amlapura – Angentelu di luar amplop gradasi dan umumnya berada di atas batas atas amplop gradasi campuran aspal dingin C/20 sehingga perlu ditambahkan dengan agregat baru.

#### 4.1.2 Aspal RAP Amlapura - Angentelu

Aspal yang didapatkan dari hasil ekstraksi masih tercampur dengan zat pelarut yang digunakan untuk mengekstrak RAP. Untuk mendapatkan aspalnya maka dilakukan *recovery* dengan menguapkan zat pelarut yang terkandung dalam aspal dengan jalan memanaskan di dalam oven hingga didapatkan berat aspal yang tetap.

Aspal yang didapatkan kemudian diuji dengan pengujian penetrasi, titik lemek, daktilitas dan kadar aspal. Hasil dari pengujian aspal tersebut disajikan pada Tabel 4.2 sebagai berikut.

Tabel 4.2 Karakteristik Aspal RAP Jl. Amlapura - Angentelu

No.	Uraian	RAP	Persyaratan
1.	Kadar aspal dalam campuran (%)	4,75	-
2.	Penetrasi pada 25 °C (mm)	30,5	60-70
3.	Titik Lembek (°C)	64,2	≥ 48
4.	Daktilitas pada 25 °C (cm)	10	≥ 100

Sumber : Hasil Pengujian

## 4.2 Material Baru

### 4.2.1 Agregat Baru

Agregat baru yang digunakan diambil berdasarkan data hasil pengujian agregat baru yang dilakukan di Laboratorium Teknik Jalan Dan Jembatan BPJN VIII yang telah memenuhi persyaratan. Dari data yang tersedia dan kemudahan dalam memperoleh material maka agregat yang diambil adalah agregat dari *quarry* di Desa Bantas, Tabanan. Agregat baru tersebut kemudian diuji kembali karakteristiknya untuk menentukan apakah agregat tersebut memenuhi persyaratan yang tercantum dalam Spesifikasi Umum Bina Marga 2010.

Pengujian yang dilaksanakan pada agregat baru meliputi pengujian abrasi, kelekatan aspal, berat jenis serta penyerapan agregat kasar dan halus, pengujian setara pasir dan kekekalan bentuk terhadap Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. Semua pengujian dilaksanakan mengacu pada Spesifikasi Umum Bina Marga Tahun 2010. Hasil dari pengujian tersebut dapat dilihat pada Tabel 4.3

Tabel 4.3 Karakteristik Agregat Baru

No.	Uraian	Nilai Pengujian	Persyaratan
1.	Abrasi (%)	20,11	Maks. 40
2.	Kelekatan Aspal (%)	>95	Min. 95
3.	Berat Jenis Agregat Kasar (%)	2,669	Selisih Maks. 0,2
4.	Berat Jenis Agregat Halus (%)	2,705	
5.	Penyerapan Agregat Kasar (%)	1,108	Maks. 3
6.	Penyerapan Agregat Halus(%)	0.472	Maks. 3
7.	Pengujian Setara Pasir	82,79	Min. 50
8.	Kekekalan Bentuk Terhadap Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (%)	4,95	Maks. 12

Sumber : Hasil Pengujian

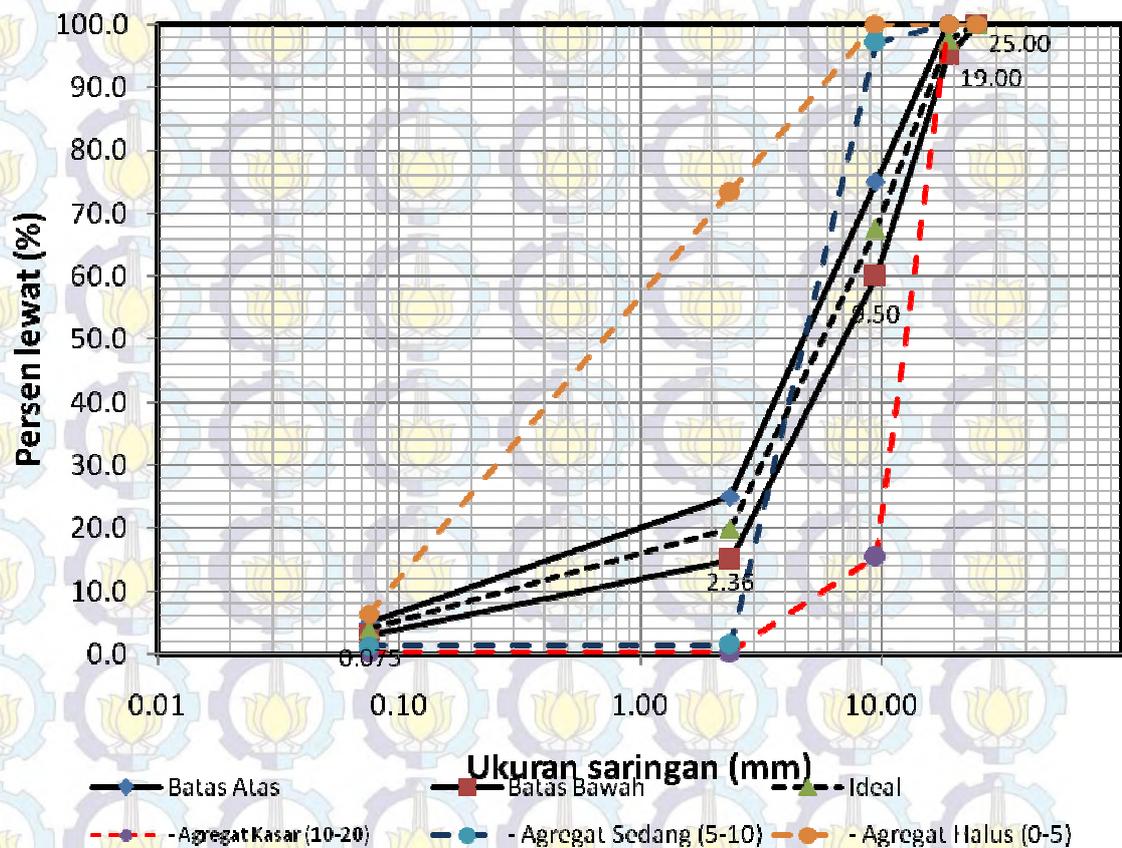
Dari hasil pengujian terhadap agregat baru dapat diketahui bahwa telah memenuhi seluruh persyaratan Spesifikasi Bina Marga Tahun 2010 sehingga dapat dipergunakan sebagai campuran beraspal dingin.

Pada proses pencampuran yang akan dilaksanakan, harus diketahui gradasi dari agregat yang akan dicampurkan. Gradasi dari agregat baru dapat dilihat pada Tabel 4.4 dan Gambar 4.2 sebagai berikut.

Tabel 4.4 Perhitungan Gradasi Agregat Baru

Uraian	Ukuran Saringan				
	1" 25.00	3/4" 19.00	3/8" 9.50	# 8 2.36	# 200 0.075
<b>Data Gradasi Agregat</b>					
- Agregat Kasar (10-20)	100.00	100.00	15.46	0.33	0.33
- Agregat Sedang (5-10)	100.00	100.00	97.11	1.45	1.29
- Agregat Halus (0-5)	100.00	100.00	100.00	73.47	6.42
<b>Titik Kontrol</b>					
Max	100.0	100.0	75.0	25.0	5.0
Min	100.0	95.0	60.0	15.0	3.0
Gradasi Ideal	100.0	97.5	67.5	20.0	4.0

Sumber : Hasil Perhitungan



Gambar 4.2 Gradasi Agregat Baru (Hasil Perhitungan, 2014)

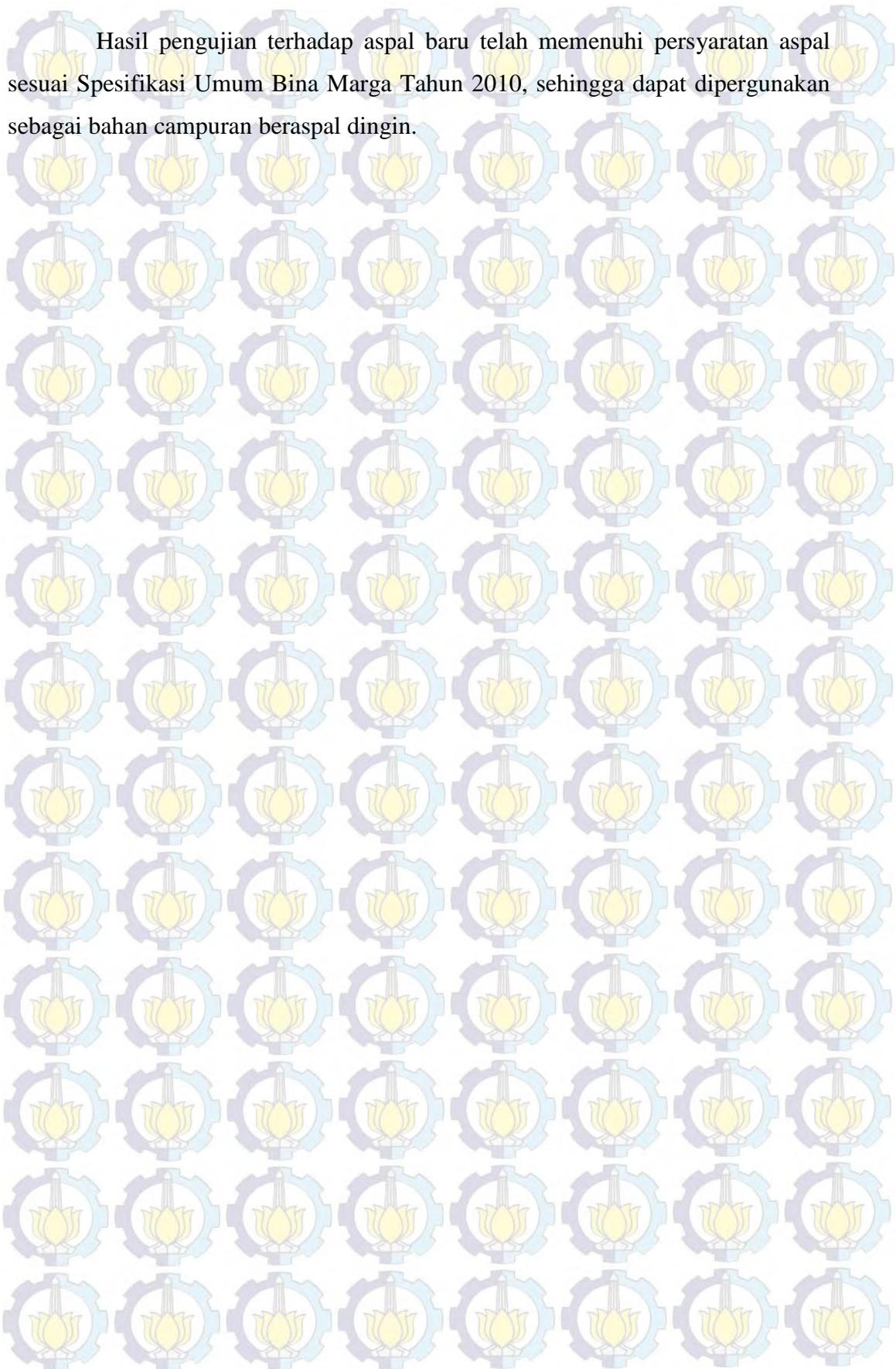
#### 4.2.2 Aspal Baru

Pengujian yang dilakukan terhadap aspal cair meliputi viskositas, kelekatan, titik nyala, daktilitas, penetrasi dan kadar air. Aspal yang digunakan adalah Aspal Cair MC-800. Hasil pengujian tersebut dapat dilihat pada Tabel 4.5 berikut.

Tabel 4.5 Karakteristik Aspal Cair MC-800

No.	Uraian	Aspal Cair MC-800	Persyaratan
1	Viskositas	1502	800 – 1600 Cst.
2	Kelekatan	90	Min. 80
3	Titik Nyala	67	Min. 66
4	Daktilitas (25°C - 5 cm/menit)	115	Min. 100
6	Penetrasi	129,90	120 - 250
5	Berat Jenis (25°C)	0,17	Maks. 0,2

Sumber : Hasil Pengujian



Hasil pengujian terhadap aspal baru telah memenuhi persyaratan aspal sesuai Spesifikasi Umum Bina Marga Tahun 2010, sehingga dapat dipergunakan sebagai bahan campuran beraspal dingin.

## BAB V ANALISIS DATA

### 5.1 Analisis Pengujian Material dan Perencanaan Gradasi Campuran

#### 5.1.1 Agregat Reclaimed Asphalt Pavement

Pengujian material RAP dilaksanakan setelah dilakukan proses ekstraksi terlebih dahulu. Proses ekstraksi ini bertujuan untuk memisahkan antara campuran agregat dan aspal yang menyusun RAP sehingga dapat diuji masing-masing material penyusun RAP.

Pengujian yang dilaksanakan untuk agregat RAP dari Jalan Amlapura – Angentelu sama seperti pengujian yang dilaksanakan untuk agregat baru. Hasil yang diperoleh dari pengujian agregat RAP ini menunjukkan nilai yang memenuhi persyaratan yang ditentukan dalam Spesifikasi Bina Marga 2010 dan layak digunakan dalam campuran aspal dingin. Dari pengujian abrasi dengan nilai sebesar 25,68%, dimana syarat maksimum abrasi agregat adalah 40%, dapat diketahui bahwa agregat RAP masih memiliki ketahanan yang baik terhadap degradasi agregat. Kelekatan aspal yang dimiliki agregat RAP juga memenuhi syarat yaitu di atas 95% yang menunjukkan bahwa agregat RAP mampu menerima, menyerap dan menahan film aspal dengan baik. Penyerapan agregat kasar dan halus RAP memiliki nilai di bawah 3%, hal ini menunjukkan bahwa agregat kasar dan halus RAP memiliki nilai porositas yang rendah sehingga membuat aspal yang ada di permukaan agregat berfungsi dengan baik karena tidak terserap banyak oleh agregat pada saat maupun setelah pencampuran. Untuk pengujian ketahanan bentuk terhadap  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ , agregat RAP memiliki nilai yang memenuhi syarat yaitu sebesar 4,60% yang menunjukkan bahwa agregat RAP memiliki ketahanan yang baik terhadap pengaruh kimia.

Dari hasil gradasi yang dilakukan pada agregat RAP, seperti pada Gambar 4.1 terlihat bahwa gradasi agregat dari RAP Ruas Jalan Amlapura –

Angentelu di luar amplop gradasi dan umumnya berada di atas batas atas amplop gradasi campuran aspal dingin C/20 sehingga perlu ditambahkan dengan agregat baru agar bisa masuk ke dalam amplop gradasi.

### 5.1.2 Aspal RAP Amlapura - Angentelu

Untuk pengujian aspal yang terkandung dalam RAP didapatkan kadar aspalnya sebesar 4,75%. Untuk nilai pengujian penetrasi dan daktilitas didapatkan nilai dibawah persyaratan. Nilai penetrasi yang didapat sebesar 30,5 mm, sedangkan pada persyaratan sebesar 60-70 mm. Nilai daktilitas aspal RAP sebesar 10 cm, dalam persyaratan ditentukan sebesar  $\geq 100$  cm. Hal ini kemungkinan disebabkan oleh aspal *recovery* hasil dari RAP masih mengandung sedikit pelarut pada proses ekstraksi, serta sudah mengalami penurunan. Untuk nilai titik lembek, aspal RAP memiliki nilai yang memenuhi persyaratan.

### 5.1.3 Agregat Baru

Dari hasil pengujian yang dilakukan terhadap agregat baru dapat diketahui bahwa karakteristik agregat baru telah memenuhi seluruh persyaratan Spesifikasi Bina Marga Tahun 2010 sehingga dapat dipergunakan sebagai campuran beraspal dingin. Terpenuhinya semua syarat yang diujikan menunjukkan bahwa agregat yang berasal dari *quarry* Desa Bantas, Tabanan tergolong baik.

Pengujian abrasi agregat kasar yang dihasilkan adalah sebesar 20,11% dimana persyaratan maksimum untuk abrasi agregat kasar adalah sebesar 40%. Hal ini menunjukkan bahwa agregat baru memiliki ketahanan yang baik terhadap degradasi dan disintegrasi. Sedangkan untuk pengujian kelekatan aspal terhadap agregat menunjukkan hasil yang memenuhi syarat yaitu  $>95\%$ , dimana hal ini menunjukkan bahwa agregat baru mampu menerima, menyerap dan menahan film aspal dengan baik. Untuk pengujian penyerapan agregat kasar dan halus baru menunjukkan nilai yang tidak lebih dari 3%, dimana dalam hal ini agregat kasar dan halus baru memiliki nilai porositas yang rendah yang membuat aspal yang ada di permukaan agregat berfungsi dengan baik karena tidak terserap banyak oleh

agregat pada saat maupun setelah pencampuran. Pengujian kekekalan bentuk agregat terhadap  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  menghasilkan nilai 4,95%, dimana nilai maksimumnya adalah 12%, menunjukkan bahwa agregat baru memiliki ketahanan terhadap pengaruh kimiawi.

Dari Tabel 4.4 dan Gambar 4.2 dapat dilihat bahwa masing-masing fraksi agregat baru berada di luar amplop gradasi semi padat untuk kelas campuran C/20. Dengan komposisi tertentu dari masing-masing fraksi tersebut maka akan didapatkan komposisi yang memenuhi amplop gradasi yang ditentukan.

#### **5.1.4 Aspal Baru**

Untuk campuran aspal dingin yang menggunakan aspal cair, dalam Spesifikasi Bina Marga 2010 disebutkan dapat menggunakan aspal cair jenis MC-250 atau MC-800. Dalam penelitian ini, aspal baru yang digunakan yaitu aspal cair MC-800, dalam pengujiannya menunjukkan hasil yang memenuhi syarat yang ditentukan dalam spesifikasi seperti yang ditunjukkan dalam Tabel 4.5, sehingga dapat dipergunakan sebagai bahan campuran aspal dingin.

### **5.2 Perencanaan Gradasi Campuran dan Kadar Aspal Empiris**

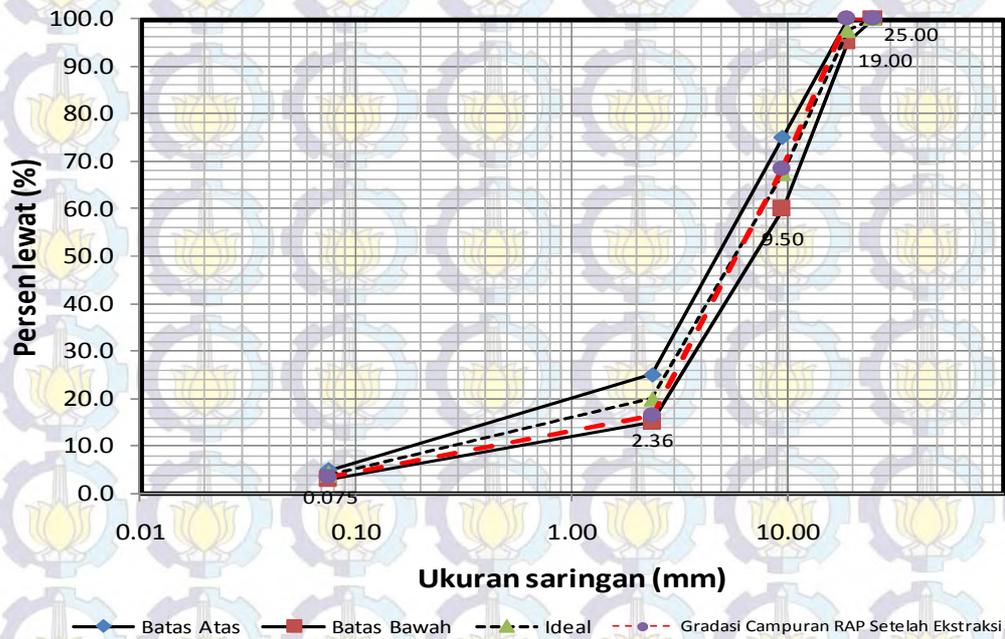
#### **5.2.1 Perencanaan Gradasi Campuran**

Gradasi campuran yang direncanakan dalam penelitian ini adalah campuran dengan gradasi semi padat seperti yang disyaratkan pada Spesifikasi Umum Bina Marga 2010. Kombinasi proporsi agregat RAP dan agregat baru dilakukan dengan cara mencoba-coba besaran proporsi masing-masing berdasarkan data gradasi agregat RAP dan agregat baru sehingga didapat perbandingan yang memenuhi amplop gradasi. Berdasarkan hasil perhitungan didapatkan proporsi campuran yang memenuhi amplop gradasi yaitu 40% RAP dan 60% material baru, 50% RAP dan 50% material baru serta 60% RAP dan 40% material baru. Perhitungan gradasi campuran dapat dilihat pada tabel dan gambar berikut ini.

Tabel 5.1 Perhitungan Komposisi RAP 40% Dan 60% Agregat Baru

Uraian	Ukuran Saringan				
	1" 25.00	3/4" 19.00	3/8" 9.50	# 8 2.36	# 200 0.075
<b>Data Gradasi Agregat</b>					
- Agregat RAP Setelah Ekstraksi	100.00	100.00	86.35	39.89	7.23
- Agregat Kasar (10-20)	100.00	100.00	15.46	0.33	0.33
- Agregat Sedang (5-10)	100.00	100.00	97.11	1.45	1.29
- Agregat Halus (0-5)	100.00	100.00	100.00	73.47	6.42
<b>Kombinasi Agregat</b>					
- Agregat RAP 40.0%	40.00	40.00	34.54	15.95	2.89
- Agregat Kasar (10-20) 30.0%	30.00	30.00	4.64	0.10	0.10
- Agregat Sedang (5-10) 30.0%	30.00	30.00	29.13	0.43	0.39
- Agregat Halus (0-5) 0.0%	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<b>Total Campuran 100.0%</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>	<b>68.31</b>	<b>16.49</b>	<b>3.38</b>
<b>Titik Kontrol</b>					
Max	100.0	100.0	75.0	25.0	5.0
Min	100.0	95.0	60.0	15.0	3.0
Gradasi Ideal	100.0	97.5	67.5	20.0	4.0

Sumber : Hasil Perhitungan



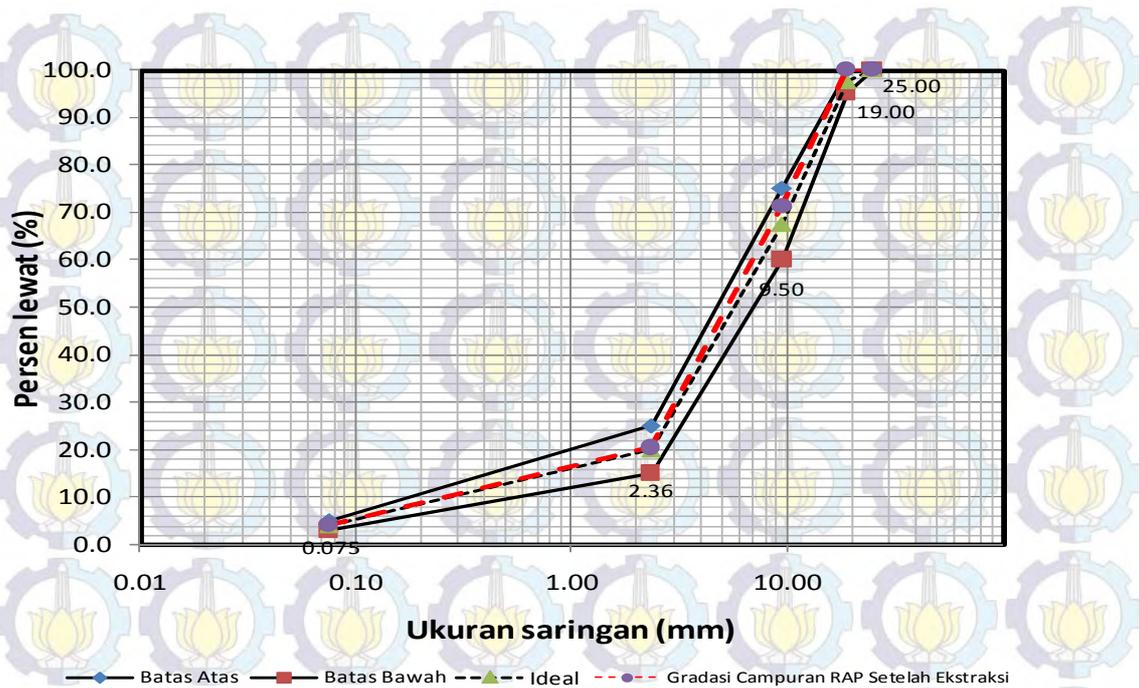
Gambar 5.1 Gradasi Campuran 40% Dan 60 % Agregat Baru (Hasil Perhitungan, 2014)

Dari Tabel 5.1 dan Gambar 5.1 dapat diketahui bahwa gradasi campuran komposisi 40% material RAP dan 60% agregat baru masuk amplop gradasi semi padat campuran aspal dingin. Komposisi 60% agregat baru ini terdiri dari 30% agregat dengan ukuran butir 10-20 mm dan 30% agregat dengan ukuran butir 5-10 mm. Tidak digunakannya fraksi agregat halus dalam campuran ini dikarenakan kebutuhannya telah dipenuhi oleh gradasi dari agregat RAP.

Tabel 5.2 Perhitungan Komposisi RAP 50% Dan 50% Agregat Baru

Uraian	Ukuran Saringan				
	1" 25.00	3/4" 19.00	3/8" 9.50	# 8 2.36	# 200 0.075
<b>Data Gradasi Agregat</b>					
- Agregat RAP Setelah Ekstraksi	100.00	100.00	86.35	39.89	7.23
- Agregat Kasar (10-20)	100.00	100.00	15.46	0.33	0.33
- Agregat Sedang (5-10)	100.00	100.00	97.11	1.45	1.29
- Agregat Halus (0-5)	100.00	100.00	100.00	73.47	6.42
<b>Kombinasi Agregat</b>					
- Agregat RAP 50.0%	50.00	50.00	43.17	19.94	3.62
- Agregat Kasar (10-20) 25.0%	25.00	25.00	3.87	0.08	0.08
- Agregat Sedang (5-10) 25.0%	25.00	25.00	24.28	0.36	0.32
- Agregat Halus (0-5) 0.0%	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<b>Total Campuran 100.0%</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>	<b>71.32</b>	<b>20.39</b>	<b>4.02</b>
<b>Titik Kontrol</b>					
Max	100.0	100.0	75.0	25.0	5.0
Min	100.0	95.0	60.0	15.0	3.0
Gradasi Ideal	100.0	97.5	67.5	20.0	4.0

Sumber : Hasil Perhitungan



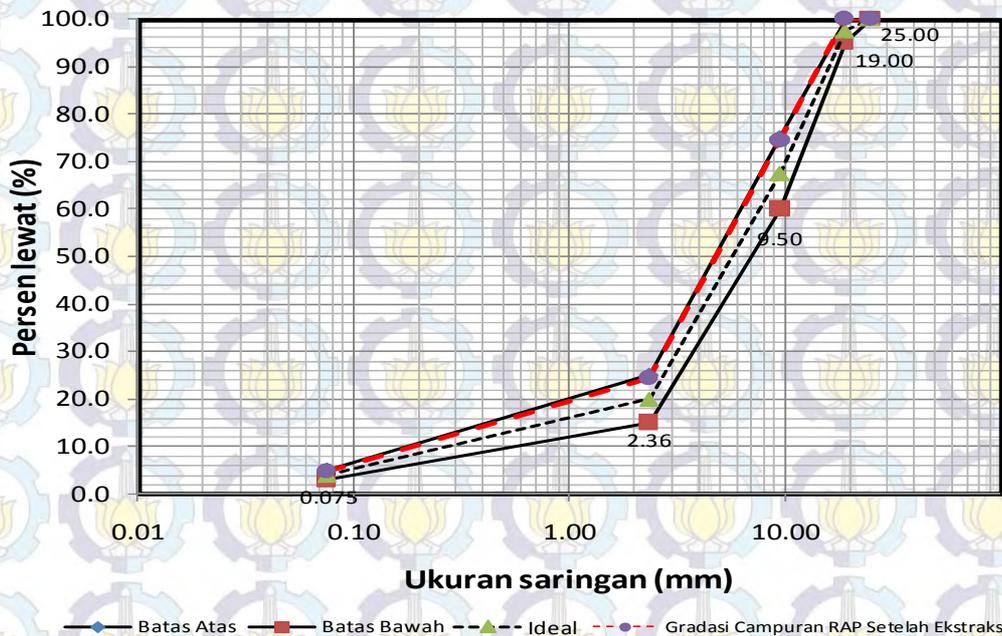
Gambar 5.2 Gradasi Campuran 50% Dan 50% Agregat Baru (Hasil Perhitungan, 2014)

Dari Tabel 5.2 dan Gambar 5.2 dapat diketahui bahwa gradasi campuran komposisi 50% material RAP dan 50% agregat baru masuk amplop gradasi semi padat campuran aspal dingin. Komposisi 50% agregat baru ini terdiri dari 25% agregat dengan ukuran butir 10-20 mm dan 25% agregat dengan ukuran butir 5-10 mm.

Tabel 5.3 Perhitungan Komposisi RAP 60% Dan 40% Agregat Baru

Uraian	Ukuran Saringan				
	1" 25.00	3/4" 19.00	3/8" 9.50	# 8 2.36	# 200 0.075
<b>Data Gradasi Agregat</b>					
- Agregat RAP Setelah Ekstraksi	100.00	100.00	86.35	39.89	7.23
- Agregat Kasar (10-20)	100.00	100.00	15.46	0.33	0.33
- Agregat Sedang (5-10)	100.00	100.00	97.11	1.45	1.29
- Agregat Halus (0-5)	100.00	100.00	100.00	73.47	6.42
<b>Kombinasi Agregat</b>					
- Agregat RAP 60.0%	60.00	60.00	51.81	23.93	4.34
- Agregat Kasar (10-20) 20.0%	20.00	20.00	3.09	0.07	0.07
- Agregat Sedang (5-10) 20.0%	20.00	20.00	19.42	0.29	0.26
- Agregat Halus (0-5) 0.0%	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<b>Total Campuran 100.0%</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>	<b>74.32</b>	<b>24.29</b>	<b>4.66</b>
<b>Titik Kontrol</b>					
Max	100.0	100.0	75.0	25.0	5.0
Min	100.0	95.0	60.0	15.0	3.0
Gradasi Ideal	100.0	97.5	67.5	20.0	4.0

Sumber : Hasil Perhitungan



Gambar 5.3 Gradasi Campuran 60% Dan 40% Agregat Baru (Hasil Perhitungan, 2014)

Dari Tabel 5.3 dan Tabel 5.3 dapat diketahui bahwa gradasi campuran komposisi 60% material RAP dan 40% agregat baru masuk amplop gradasi semi padat campuran aspal dingin. Komposisi 40% agregat baru ini terdiri dari 20% agregat dengan ukuran butir 10-20 mm dan 20% agregat dengan ukuran butir 5-10 mm.

### 5.2.2 Kadar Aspal Empiris

Penentuan kadar aspal empiris di dalam campuran (PA) dilakukan berdasarkan pada gradasi agregat campuran. Rumus yang dipergunakan adalah rumus dalam persamaan 2.3 sebagai berikut :

$$PA = (0,05 AK + 0,1 AH + 0,5 F) \times 0,7$$

Dimana :

- PA : kadar aspal efektif perkiraan terhadap berat agregat
- AK : persentase agregat kasar tertahan saringan No. 8
- AH : persentase agregat halus lolos saringan No. 8 tertahan No. 200
- F : persentase agregat lolos saringan No. 200

Setelah didapatkan kadar aspal empiris, untuk mendapatkan kadar aspal optimum, kadar aspal rencana divariasikan dengan nominal 0,5% dan 1% di atas dan di bawah perkiraan kadar aspal.

Untuk detail perhitungannya adalah sebagai berikut:

- a) Kadar aspal campuran (PA) RAP Amlapura – Angentelu 40% dan agregat baru 60% berdasarkan diperoleh data sebagai berikut:

$$AK = (100 - 16,49)\% = 83,51\%$$

$$AH = (16,49 - 3,38)\% = 13,11\%$$

$$F = 3,38\%$$

$$PA = (0,05 AK + 0,1 AH + 0,5 F) \times 0,7$$

$$= ((0,05 \times 83,51) + (0,1 \times 13,11) + (0,5 \times 3,38))\% \times 0,7$$

$$= 5,02\%$$

Berdasarkan perhitungan kadar aspal empiris, maka dapat dilakukan

perhitungan kadar aspal rencana untuk pembuatan benda uji:

$$PA - 1\% = 5,02\% - 1\% = 4,02\%$$

$$PA - 0,5\% = 5,02\% - 0,5\% = 4,52\%$$

$$PA = 5,02\%$$

$$PA + 0,5\% = 5,02\% + 0,5\% = 5,52\%$$

$$PA + 1\% = 5,02\% + 1\% = 6,02\%$$

b) Kadar aspal campuran (PA) RAP Amlapura – Angentelu 50% dan agregat baru 50% berdasarkan diperoleh data sebagai berikut:

$$AK = (100 - 20,39)\% = 79,61\%$$

$$AH = (20,39 - 4,02)\% = 16,37\%$$

$$F = 4,02\%$$

$$PA = (0,05 AK + 0,1 AH + 0,5 F) \times 0,7$$

$$= ((0,05 \times 79,61) + (0,1 \times 16,37) + (0,5 \times 4,02))\% \times 0,7$$

$$= 5,3\%$$

Berdasarkan perhitungan kadar aspal empiris, maka dapat dilakukan perhitungan kadar aspal rencana untuk pembuatan benda uji:

$$PA - 1\% = 5,3\% - 1\% = 4,3\%$$

$$PA - 0,5\% = 5,3\% - 0,5\% = 4,8\%$$

$$PA = 5,3\%$$

$$PA + 0,5\% = 5,3\% + 0,5\% = 5,8\%$$

$$PA + 1\% = 5,3\% + 1\% = 6,3\%$$

c) Kadar aspal campuran (PA) RAP Amlapura – Angentelu 60% dan agregat baru 40% berdasarkan diperoleh data sebagai berikut:

$$AK = (100 - 24,29)\% = 75,71\%$$

$$AH = (24,29 - 4,66)\% = 19,62\%$$

$$F = 4,66\%$$

$$PA = (0,05 AK + 0,1 AH + 0,5 F) \times 0,7$$

$$= ((0,05 \times 75,71) + (0,1 \times 19,62) + (0,5 \times 4,66))\% \times 0,7$$

$$= 5,7\%$$

Berdasarkan perhitungan kadar aspal empiris, maka dapat dilakukan perhitungan kadar aspal rencana untuk pembuatan benda uji:

$$PA - 1\% = 5,7\% - 1\% = 4,7\%$$

$$PA - 0,5\% = 5,7\% - 0,5\% = 5,2\%$$

$$PA = 5,7\%$$

$$PA + 0,5\% = 5,7\% + 0,5\% = 6,2\%$$

$$PA + 1\% = 5,7\% + 1\% = 6,7\%$$

Nilai kadar aspal empiris yang diperoleh dengan rentang nilai 4,02%-6,7% menjadi batasan yang berlaku untuk penggunaan kadar aspal yang ditambahkan ke dalam campuran aspal dingin pada penelitian ini.

## 5.3 Analisis Pengujian Campuran Aspal Dingin

### 5.3.1 Perhitungan Komposisi Benda Uji

Setelah didapatkan kadar aspal rencana maka selanjutnya dilakukan perhitungan benda uji untuk pengujian Marshall dengan berat masing-masing benda uji 1000 gram. Perencanaan komposisi benda uji dilakukan dengan cara menghitung masing-masing berat material RAP, fraksi-fraksi agregat baru dan aspal berdasarkan besarnya komposisi dari material tersebut dalam campuran seperti yang direncanakan. Kadar aspal rencana merupakan kadar aspal total, sehingga aspal baru yang ditambahkan merupakan selisih antara kadar aspal rencana dengan kadar aspal yang terkandung dalam RAP.

a) Benda uji dengan komposisi 40% RAP dan 60% material baru

Perhitungan komposisi benda uji Marshall untuk kandungan 40% RAP dapat dilihat pada Tabel 5.4 berikut ini.

Tabel 5.4 Komposisi Benda Uji Marshall Dengan 40% RAP Dan 60% Material Baru

Material C/20	4.02%			4.52%			5.02%			5.52%			6.02%			
	% camp	gram	Kumulatif	% camp	gram	Kumulatif	% camp	gram	Kumulatif	% camp	gram	Kumulatif	% camp	gram	Kumulatif	
<b>Material baru</b>																
- Agregat Kasar (10-20)	30%	28.794%	287.94	287.94	28.644%	286.44	286.44	28.494%	284.94	284.94	28.344%	283.44	283.4	28.194%	281.94	281.94
- Agregat Sedang (5-10)	30%	28.794%	287.94	575.88	28.644%	286.44	572.88	28.494%	284.94	569.88	28.344%	283.44	566.9	28.194%	281.94	563.88
<b>Material RAP</b>	40%	38.392%	383.92	959.80	38.192%	381.92	954.80	37.992%	379.92	949.80	37.792%	377.92	944.8	37.592%	375.92	939.80
*Aspal RAP 4.75%		1.824%	18.24		1.814%	18.14		1.805%	18.05		1.795%	17.95		1.786%	17.86	
Aspal Baru		2.196%	21.96		2.706%	27.06		3.215%	32.15		3.725%	37.25		4.234%	42.34	
<b>Aspal Total</b>		4.020%	40.20	<b>1000.00</b>	4.520%	45.20	<b>1000.00</b>	5.020%	50.20	<b>1000.00</b>	5.52%	55.20	<b>1000.00</b>	6.02%	60.20	<b>1000.00</b>
		<b>100%</b>	<b>1000</b>		<b>100%</b>	<b>1000</b>		<b>100%</b>	<b>1000</b>		<b>100%</b>	<b>1000</b>		<b>100%</b>	<b>1000</b>	

Sumber : Hasil Perhitungan

b) Benda uji dengan komposisi 50% RAP dan 50% material baru

Perhitungan komposisi benda uji Marshall untuk kandungan 50% RAP dapat dilihat pada Tabel 5.5 di bawah ini.

Tabel 5.5 Komposisi Benda Uji Marshall Dengan 50% RAP Dan 50% Material Baru

Material C/20	4.30%			4.80%			5.30%			5.80%			6.30%			
	% camp	gram	Kumulatif	% camp	gram	Kumulatif	% camp	gram	Kumulatif	% camp	gram	Kumulatif	% camp	gram	Kumulatif	
<b>Material baru</b>																
- Agregat Kasar (10-20)	25%	23.925%	239.25	239.25	23.80%	238.00	238.00	23.675%	236.75	236.75	23.550%	235.50	235.50	23.425%	234.25	234.25
- Agregat Sedang (5-10)	25%	23.925%	239.25	478.50	23.80%	238.00	476.00	23.675%	236.75	473.50	23.550%	235.50	471.00	23.425%	234.25	468.50
<b>Material RAP</b>	50%	47.850%	478.50	957.00	47.60%	476.00	952.00	47.350%	473.50	947.00	47.100%	471.00	942.00	46.850%	468.50	937.00
*Aspal RAP 4.75%		2.273%	22.73		2.261%	22.61		2.249%	22.49		2.237%	22.37		2.225%	22.25	
Aspal Baru		2.027%	20.27		2.539%	25.39		3.051%	30.51		3.563%	35.63		4.075%	40.75	
<b>Aspal Total</b>		4.300%	43.00	<b>1000.00</b>	4.800%	48.00	<b>1000.00</b>	5.300%	53.00	<b>1000.00</b>	5.800%	58.00	<b>1000.00</b>	6.30%	63.00	<b>1000.00</b>
		<b>100%</b>	<b>1000</b>		<b>100%</b>	<b>1000</b>		<b>100%</b>	<b>1000</b>		<b>100%</b>	<b>1000</b>		<b>100%</b>	<b>1000</b>	

Sumber : Hasil Perhitungan

c) Benda uji dengan komposisi 60% RAP dan 40% material baru

Perhitungan komposisi benda uji Marshall untuk kandungan 60% RAP dapat dilihat pada Tabel 5.6 di bawah ini.

Tabel 5.6 Komposisi Benda Uji Marshall Dengan 60% RAP Dan 40% Material Baru

Material C/20		4.70%			5.20%			5.70%			6.20%			6.70%		
		% camp	gram	Kumulatif												
<b>Material baru</b>																
- Agregat Kasar (10-20)	20%	19.06%	190.6	190.6	18.96%	189.6	189.6	18.86%	188.6	188.6	18.76%	187.6	187.6	18.66%	186.6	186.6
- Agregat Sedang (5-10)	20%	19.06%	190.6	381.2	18.96%	189.6	379.2	18.86%	188.6	377.2	18.76%	187.6	375.2	18.66%	186.6	373.2
<b>Material RAP</b>	60%	57.18%	571.8	953.0	56.88%	568.8	948.0	56.58%	565.8	943.0	56.28%	562.8	938.0	55.98%	559.8	933.0
*Aspal RAP	4.75%	2.72%	27.2		2.70%	27.0		2.69%	26.9		2.67%	26.7		2.66%	26.6	
Aspal Baru		1.98%	19.8		2.50%	25.0		3.01%	30.1		3.53%	35.3		4.04%	40.4	
<b>Aspal Total</b>		4.70%	47.0	<b>1000.0</b>	5.2%	52.0	<b>1000.0</b>	5.70%	57.0	<b>1000.0</b>	6.20%	62.0	<b>1000.0</b>	6.70%	67.0	<b>1000.0</b>
		<b>100%</b>	<b>1000</b>		<b>100%</b>	<b>1000</b>		<b>100%</b>	<b>1000</b>		<b>100%</b>	<b>1000</b>		<b>100%</b>	<b>1000</b>	

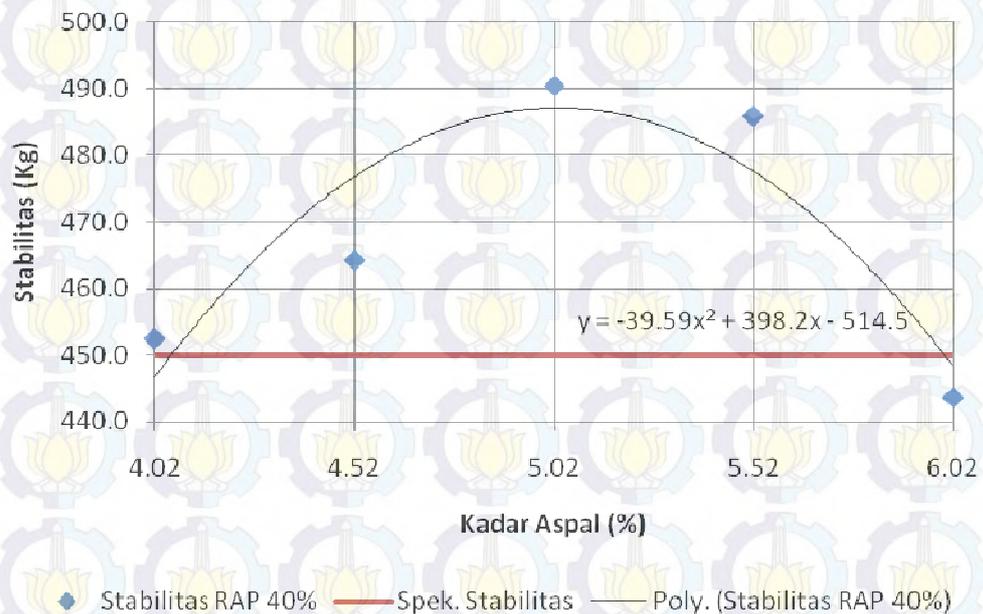
Sumber : Hasil Perhitungan

### 5.3.2 Hasil Pengujian Campuran Aspal Dingin

Di dalam penelitian ini akan dibuat beberapa benda uji dengan urutan benda uji yang memiliki persentase RAP yang paling kecil menuju benda uji dengan persentase RAP lebih besar.

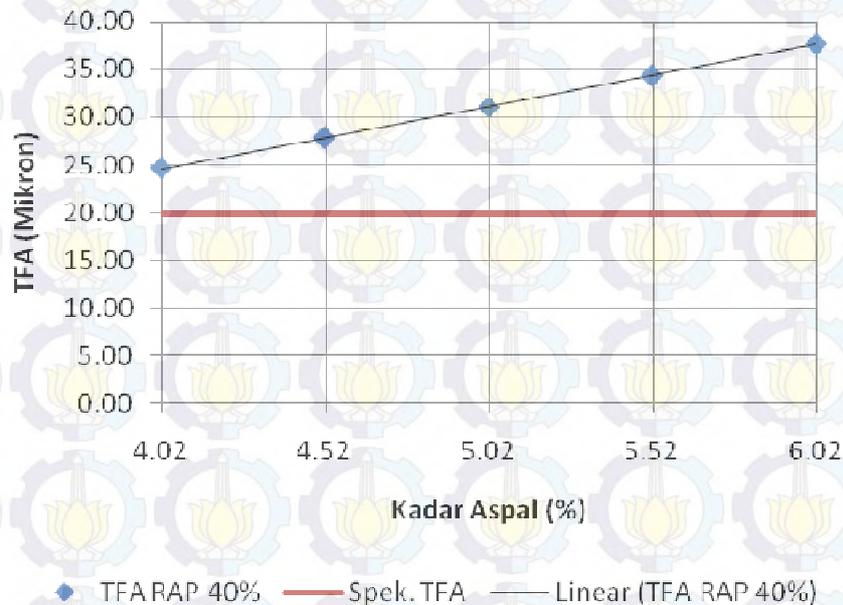
#### a. Komposisi Campuran 40% RAP Dan 60% Material Baru

Komposisi ini merupakan komposisi awal dari campuran beraspal dingin yang dibuat untuk mengetahui karakteristik dari campuran aspal dingin bergradasi semi padat dengan menggunakan RAP Jalan Amlapura – Angentelu. Pengujian ini hanya dilaksanakan pada benda uji dengan rentang kadar aspal 4,02% - 6,02%. Detail perhitungan karakteristik campuran dengan metode Marshall meliputi stabilitas, tebal film aspal dan stabilitas sisa disajikan pada Lampiran 1 dan Lampiran 2. Hasil pengujian ditampilkan pada Gambar 5.4 sampai dengan Gambar 5.6 berikut ini.



Gambar 5.4 Grafik Stabilitas Terhadap Kadar Aspal Campuran Dengan 40% RAP Jalan Amlapura – Angentelu (Hasil Perhitungan, 2014)

Gambar 5.4 menunjukkan bahwa nilai stabilitas meningkat sampai pada titik optimum di kadar aspal 5,02%. Nilai stabilitas memenuhi syarat pada semua rentang kadar aspal awal terkecuali pada kadar aspal 6,02%.



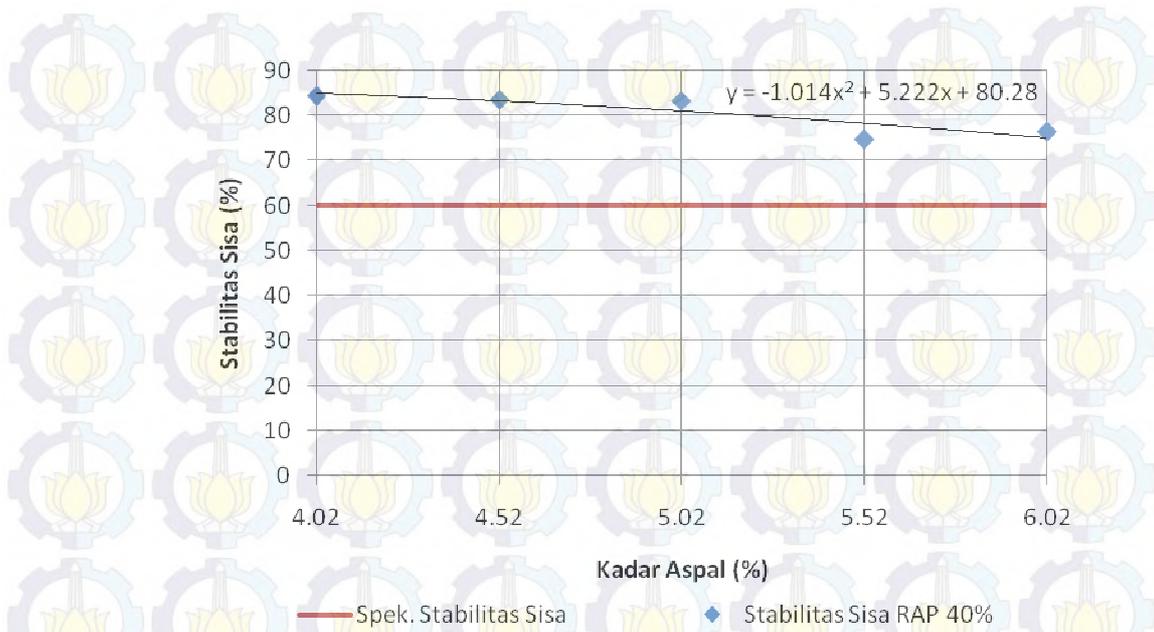
Gambar 5.5 Grafik Tebal Film Aspal Terhadap Kadar Aspal Campuran Dengan 40% RAP Jalan Amlapura – Angentelu (Hasil Perhitungan, 2014)

Gambar 5.5 menunjukkan bahwa dengan bertambahnya kadar aspal campuran, maka nilai Tebal Film Aspal (TFA) semakin meningkat. Nilai tebal film aspal memenuhi syarat pada seluruh rentang kadar aspal cair.

Tabel 5.7 Stabilitas Sisa Terhadap Kadar Aspal Campuran Dengan 40% RAP Jalan Amlapura – Angentelu

No.	Kadar Aspal Cair Awal (%)	Nilai Stabilitas Sisa (%)
1.	4,02	84,35
2.	4,52	83,44
3.	5,02	83,34
4.	5,52	74,72
5.	6,02	76,29

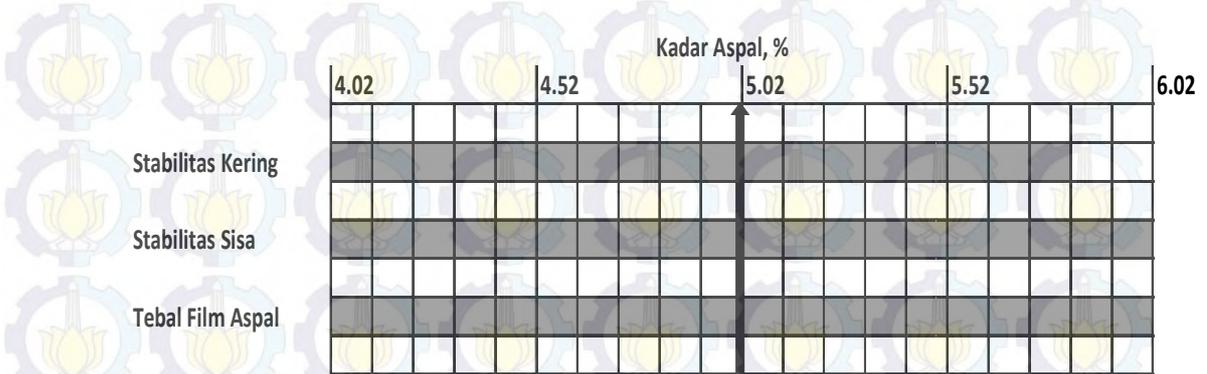
Sumber : Hasil Perhitungan



Gambar 5.6 Grafik Stabilitas Sisa Terhadap Kadar Aspal Campuran Dengan 40% RAP Jalan Amlapura – Angentelu (Hasil Perhitungan, 2014)

Tabel 5.7 dan Gambar 5.6 menunjukkan nilai stabilitas sisa dari campuran dengan 40% RAP memenuhi syarat pada seluruh rentang kadar aspal.

Dari hasil perhitungan di atas, maka dapat diketahui nilai kadar aspal optimum dari campuran tersebut dan dapat dilihat pada Gambar 5.7 berikut ini.



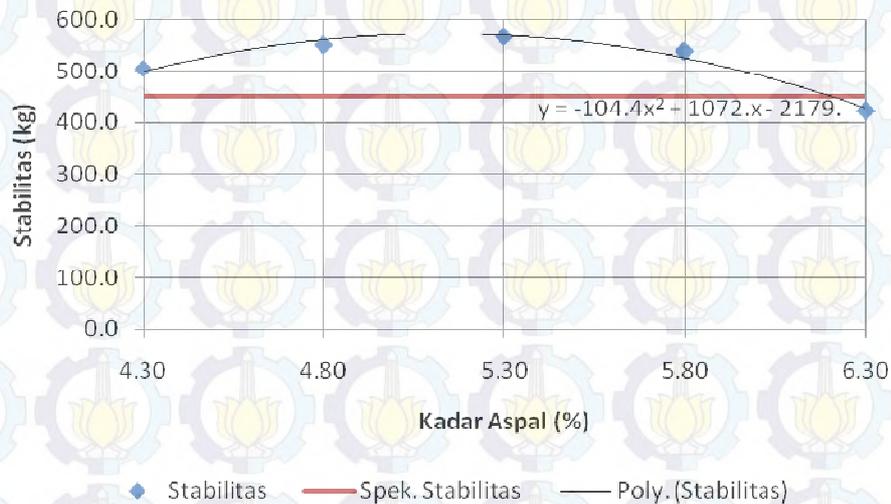
Gambar 5.7 Grafik Penentuan Kadar Aspal Optimum Campuran Aspal Dingin Bergradasi Semi Padat Dengan 40% RAP Jalan Amlapura – Angentelu (Hasil Perhitungan, 2014)

Gambar 5.7 di atas menunjukkan bahwa campuran aspal dingin bergradasi semi padat dengan persentase RAP 40% terdapat kadar aspal yang memenuhi

persyaratan. Nilai kadar aspal optimum campuran ditetapkan dari nilai tengah dalam rentang kadar aspal yang memenuhi persyaratan spesifikasi, yaitu sebesar 5,02%. Nilai kadar aspal tersebut terdiri dari aspal RAP sebesar 1,9% dan aspal residu sebesar 3,12%. Dengan demikian kadar aspal cair optimum dalam campuran ini adalah 3,67%.

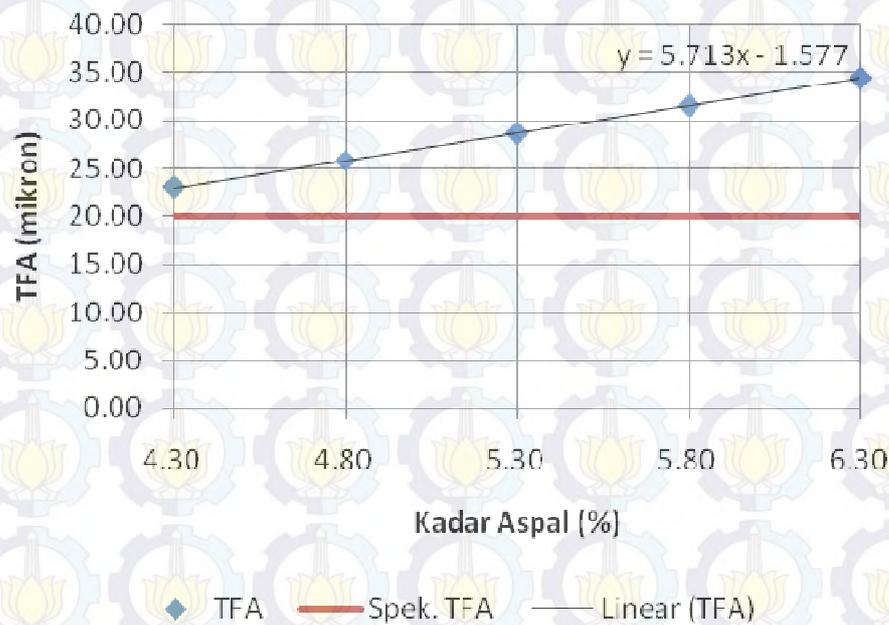
b. Komposisi Campuran 50% RAP Dan 50% Material Baru

Komposisi campuran beraspal dingin yang selanjutnya dibuat adalah komposisi dimana gradasi gabungannya masih masuk ke dalam amplop gradasi semi padat yaitu komposisi dengan 50% material RAP Jalan Amlapura – Angentelu dan 50% material baru. Rentang kadar aspal yang berlaku dalam pengujian komposisi ini adalah 4,30% - 6,30%. Detail perhitungan karakteristik campuran dengan metode Marshall meliputi stabilitas, tebal film aspal dan stabilitas sisa disajikan pada Lampiran 3 dan Lampiran 4. Hasil pengujian ditampilkan pada Gambar 5.8 sampai dengan Gambar 5.10 berikut ini.



Gambar 5.8 Grafik Stabilitas Terhadap Kadar Aspal Campuran Dengan 50% RAP Jalan Amlapura – Angentelu (Hasil Perhitungan, 2014)

Gambar 5.8 menunjukkan bahwa nilai stabilitas meningkat seiring bertambahnya kadar aspal sampai pada titik optimum di kadar aspal 5,30%. Nilai stabilitas memenuhi syarat pada semua rentang kadar aspal awal terkecuali pada kadar aspal 6,30%.



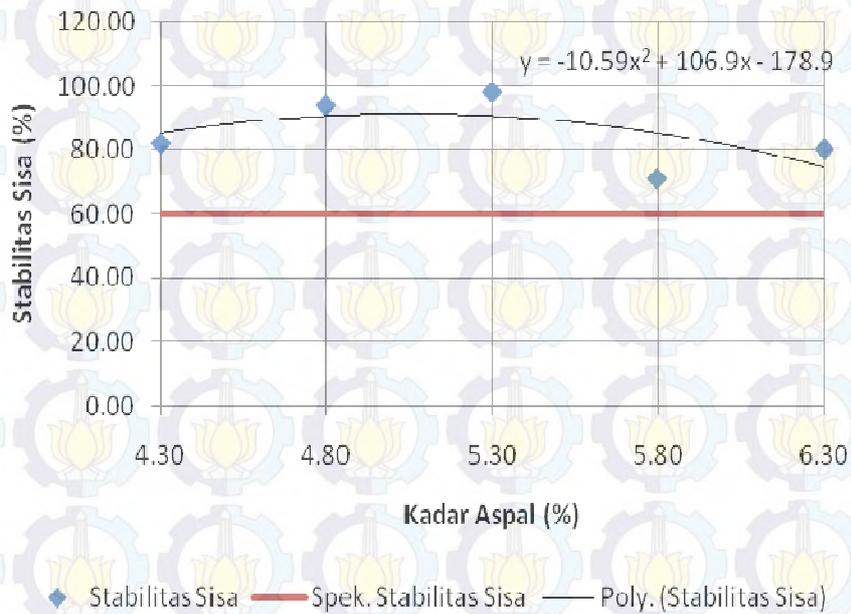
Gambar 5.9 Grafik Tebal Film Aspal Terhadap Kadar Aspal Campuran Dengan 50% RAP Jalan Amlapura – Angentelu (Hasil Perhitungan, 2014)

Gambar 5.9 menunjukkan bahwa dengan bertambahnya kadar aspal campuran, maka nilai Tebal Film Aspal (TFA) semakin meningkat. Nilai tebal film aspal memenuhi syarat pada seluruh rentang kadar aspal cair.

Tabel 5.8 Stabilitas Sisa Terhadap Kadar Aspal Campuran Dengan 50% RAP Jalan Amlapura – Angentelu

No.	Kadar Aspal Cair Awal (%)	Nilai Stabilitas Sisa (%)
1.	4,30	82,14
2.	4,80	93,88
3.	5,30	98,31
4.	5,80	71,23
5.	6,30	80,19

Sumber : Hasil Perhitungan



Gambar 5.10 Grafik Stabilitas Sisa Terhadap Kadar Aspal Campuran Dengan 50% RAP Jalan Amlapura – Angentelu (Hasil Perhitungan, 2014)

Tabel 5.8 dan Gambar 5.10 menunjukkan nilai stabilitas sisa dari campuran memenuhi syarat pada seluruh rentang kadar aspal.

Dari hasil perhitungan di atas, maka dapat diketahui nilai kadar aspal optimum dari campuran tersebut dan dapat dilihat pada Gambar 5.11 berikut ini.



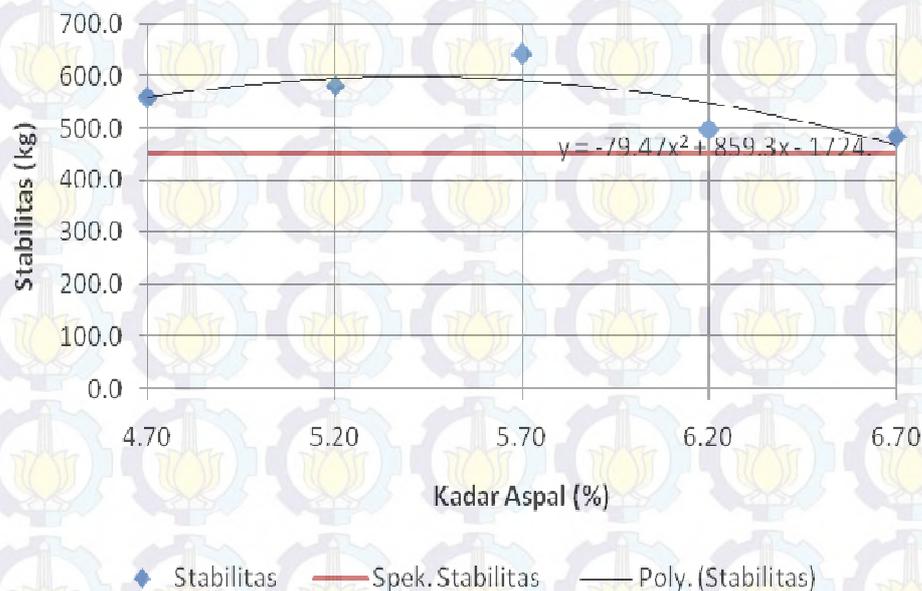
Gambar 5.11 Grafik Penentuan Kadar Aspal Optimum Campuran Aspal Dingin Bergradasi Semi Padat Dengan 50% RAP Jalan Amlapura – Angentelu (Hasil Perhitungan, 2014)

Gambar 5.11 di atas menunjukkan bahwa campuran aspal dingin bergradasi semi padat dengan persentase RAP 50% terdapat kadar aspal yang memenuhi persyaratan. Nilai kadar aspal optimum campuran ditetapkan dari nilai tengah

dalam rentang kadar aspal yang memenuhi persyaratan spesifikasi, yaitu sebesar 5,30%. Nilai kadar aspal tersebut terdiri dari aspal RAP 2,375% dan aspal residu 2,925%. Dengan demikian kadar aspal cair optimum dalam campuran ini adalah 3,44%.

c. Komposisi Campuran 60% RAP Dan 40% Material Baru

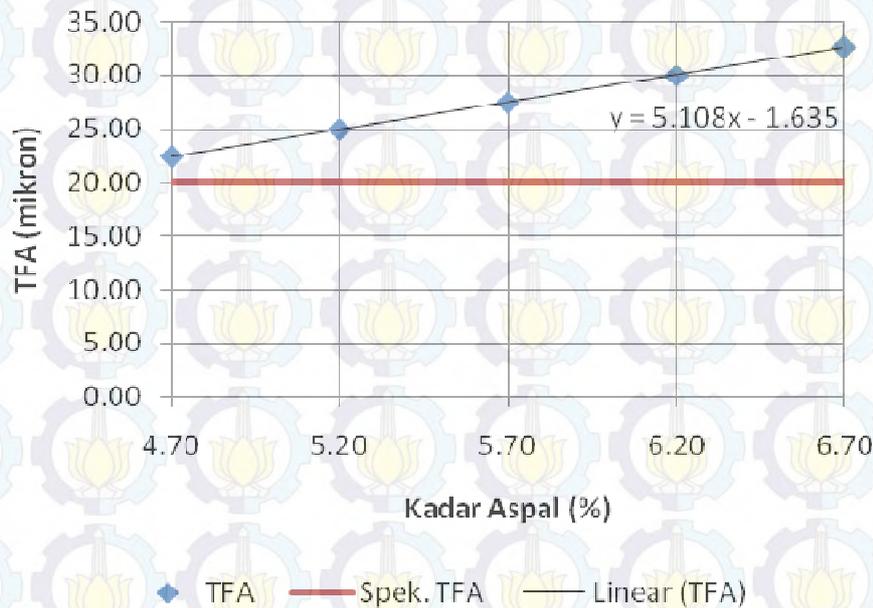
Komposisi campuran beraspal dingin yang terakhir dibuat adalah komposisi di mana gradasi gabungannya masuk ke dalam amplop gradasi semi padat yaitu komposisi dengan 60% material RAP Jalan Amlapura – Angentelu dan 40% material baru. Rentang kadar aspal yang berlaku dalam pengujian komposisi ini adalah 4,70% - 6,70%. Detail perhitungan karakteristik campuran dengan metode Marshall meliputi stabilitas, tebal film aspal dan stabilitas sisa disajikan pada Lampiran 5 dan Lampiran 6. Hasil pengujian ditampilkan pada Gambar 5.12 sampai dengan Gambar 5.14 berikut ini.



Gambar 5.12 Grafik Stabilitas Terhadap Kadar Aspal Campuran Dengan 60% RAP Jalan Amlapura – Angentelu (Hasil Perhitungan, 2014)

Gambar 5.12 menunjukkan bahwa nilai stabilitas meningkat seiring dengan bertambahnya kadar aspal sampai pada titik optimum di kadar aspal 5,70%

kemudian kadar aspal di atasnya mengalami penurunan. Nilai stabilitas memenuhi syarat pada semua rentang kadar aspal cair awal.



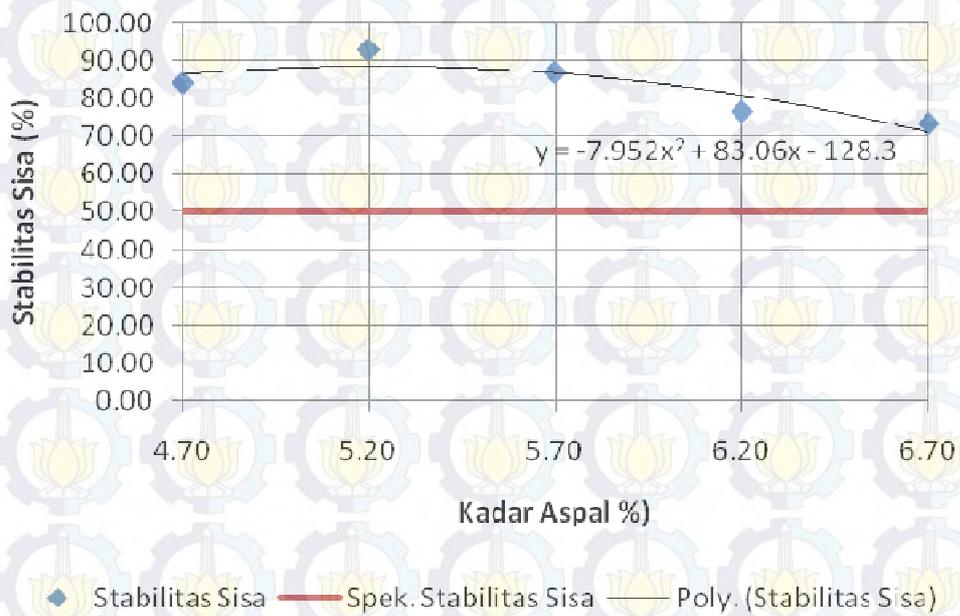
Gambar 5.13 Grafik Tebal Film Aspal Terhadap Kadar Aspal Campuran Dengan 60% RAP Jalan Amlapura – Angentelu (Hasil Perhitungan, 2014)

Gambar 5.13 menunjukkan bahwa dengan bertambahnya kadar aspal campuran, maka nilai Tebal Film Aspal (TFA) semakin meningkat. Nilai tebal film aspal memenuhi syarat pada seluruh rentang kadar aspal cair.

Tabel 5.9 Stabilitas Sisa Terhadap Kadar Aspal Campuran Dengan 60% RAP Jalan Amlapura – Angentelu

No.	Kadar Aspal Cair Awal (%)	Nilai Stabilitas Sisa (%)
1.	4,70	84,22
2.	5,20	92,88
3.	5,70	86,83
4.	6,20	76,55
5.	6,70	73,40

Sumber : Hasil Perhitungan



Gambar 5.14 Grafik Stabilitas Sisa Terhadap Kadar Aspal Campuran Dengan 60% RAP Jalan Amlapura – Angentelu (Hasil Perhitungan, 2014)

Tabel 5.9 dan Gambar 5.14 menunjukkan nilai stabilitas sisa dari campuran memenuhi syarat pada seluruh rentang kadar aspal.

Dari hasil perhitungan di atas, maka dapat diketahui nilai kadar aspal optimum dari campuran tersebut dan dapat dilihat pada Gambar 5.15 berikut ini.



Gambar 5.15 Grafik Penentuan Kadar Aspal Optimum Campuran Aspal Dingin Bergradasi Semi Padat Dengan 60% RAP Jalan Amlapura – Angentelu (Hasil Perhitungan, 2014)

Gambar 5.15 di atas menunjukkan bahwa campuran aspal dingin bergradasi semi padat dengan persentase RAP 60% terdapat kadar aspal yang memenuhi

persyaratan. Nilai kadar aspal optimum campuran ditetapkan dari nilai tengah dalam rentang kadar aspal yang memenuhi persyaratan spesifikasi, yaitu sebesar 5,70%. Nilai kadar aspal tersebut terdiri dari aspal RAP sebesar 2,85% dan aspal residu sebesar 2,85%. Dengan demikian kadar aspal cair optimum dalam campuran ini adalah 3,35%.

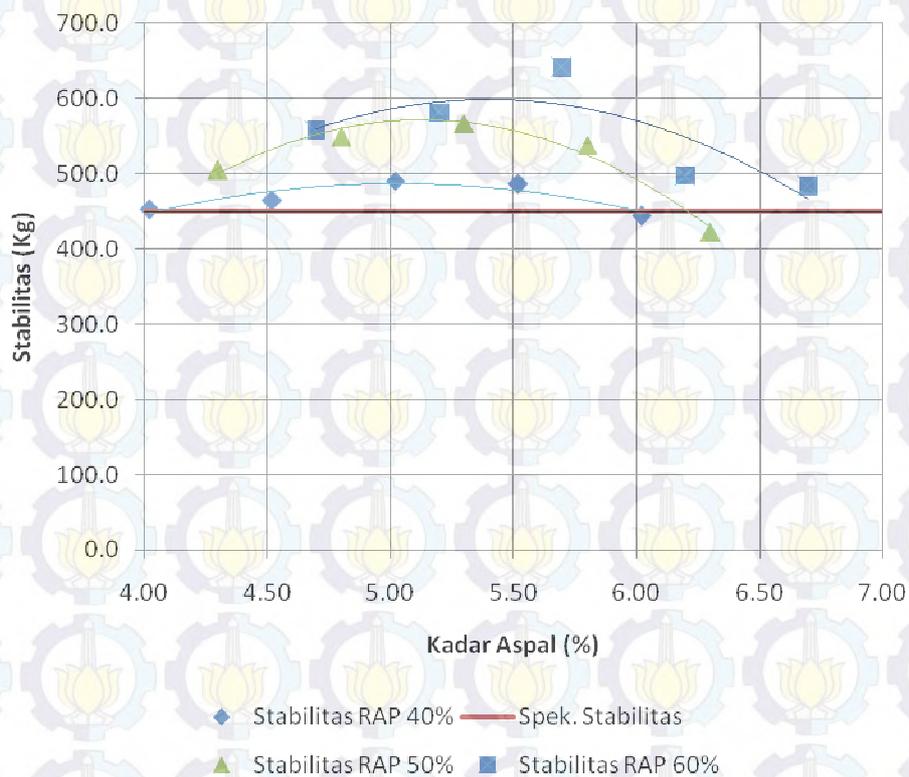
Dari pengujian yang dilakukan, karakteristik dari benda uji yang dibuat berdasarkan urutan komposisi dari material RAP Jalan Amlapura – Angentelu dan material baru, apabila dibandingkan dengan Spesifikasi yang ditetapkan maka dapat dirangkum sebagai berikut:

- a. Pada campuran aspal dingin bergradasi semi padat dengan RAP Jalan Amlapura – Angentelu terdapat tiga komposisi RAP yang memenuhi amplop gradasi semi padat yaitu komposisi 40% RAP dan 60% agregat baru, 50% RAP dan 50% agregat baru serta 60% RAP dan 40% agregat baru.
- b. Pada campuran aspal dingin bergradasi semi padat dengan komposisi 40% RAP dan 60% material baru serta komposisi 50% RAP dan 50% material baru ditemukan kadar aspal rencana yang memenuhi persyaratan Spesifikasi Umum Bina Marga 2010 namun ada 1 kadar yang tidak memenuhi spesifikasi. Sehingga nilai dari kadar aspal optimum campuran dapat diambil dari rentang kadar aspal rencana yang masuk ke dalam persyaratan spesifikasi.
- c. Pada campuran aspal dingin bergradasi semi padat dengan komposisi 60% RAP dan 40% material baru ditemukan kadar aspal rencana yang memenuhi semua persyaratan Spesifikasi Umum Bina Marga 2010. Sehingga nilai dari kadar aspal optimum campuran dapat diambil dari rentang kadar aspal rencana yang masuk ke dalam persyaratan spesifikasi.
- d. Dalam penelitian ini, campuran aspal dingin bergradasi semi padat dengan proporsi 60% RAP Jalan Angentelu – Amlapura dan 40% material baru merupakan komposisi yang maksimal yang menghasilkan kadar aspal optimum campuran sebesar 5,70% yang terdiri dari aspal RAP sebesar 2,85% dan aspal residu sebesar 2,85%. Dengan demikian kadar aspal cair optimum dalam campuran ini adalah 3,35%.

### 5.3.3 Analisis Hasil Pengujian Campuran Aspal Dingin

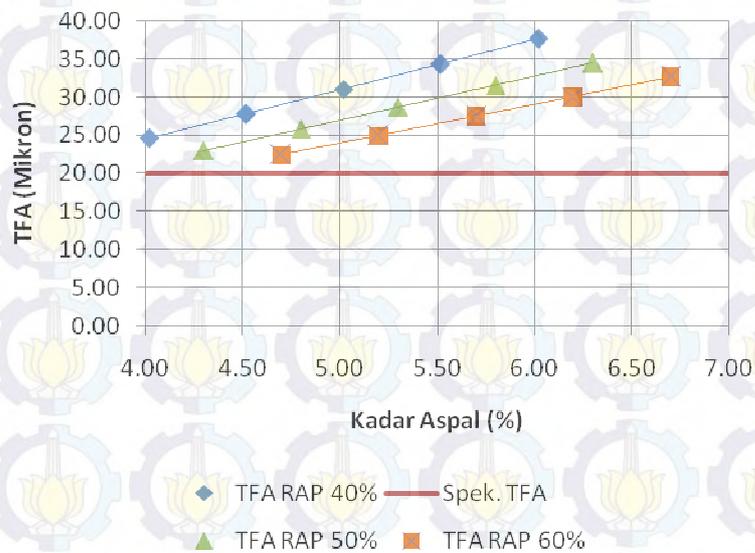
Penggunaan gradasi semi padat pada campuran aspal dingin kelas C/20 yang memiliki karakteristik berupa komposisi fraksi halus yang lebih banyak jika dibandingkan dengan gradasi untuk kelas campuran E/10 maupun E/20 yang menggunakan tipe gradasi terbuka, memungkinkan untuk digunakannya RAP dengan komposisi 40%, 50% dan 60% dari komposisi total campuran. Pemenuhan kebutuhan fraksi halus dalam amplop gradasi semi padat untuk campuran kelas C/20 dapat dipenuhi oleh kandungan fraksi halus dalam RAP.

Dari hasil pengujian campuran aspal dingin dengan aspal cair MC-800 dengan material agregat baru yang digunakan dalam penelitian ini dirangkum dalam satu grafik untuk proporsi RAP Jalan Amlapura – Angentelu 40%, 50% dan 60% kemudian ditampilkan pada Gambar 5.16.



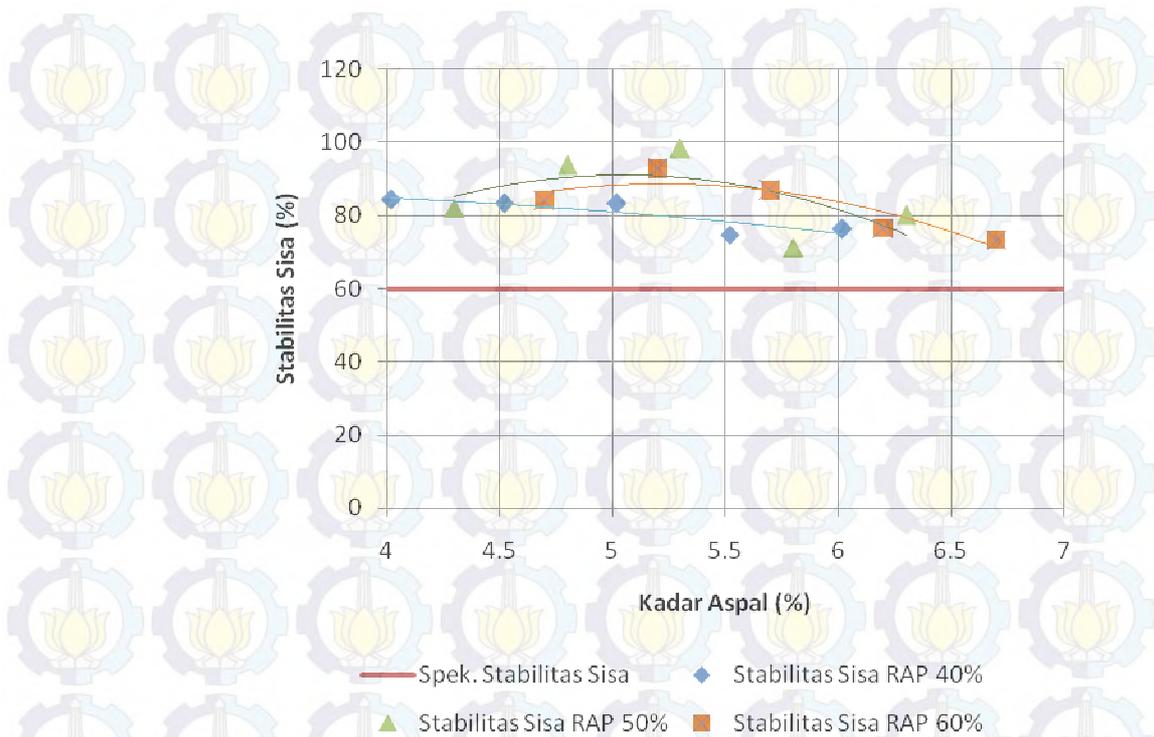
Gambar 5.16 Stabilitas Marshall Aspal Cair MC-800 Dengan Proporsi RAP 40%, RAP 50%, RAP 60% (Hasil Perhitungan, 2014)

Gambar 5.16 menunjukkan nilai stabilitas Marshall untuk campuran aspal dingin bergradasi semi padat dengan aspal cair MC-800 mempunyai nilai yang meningkat seiring dengan bertambahnya kadar RAP, hal ini dikarenakan peningkatan titik lembek aspal campuran yang digunakan. Menurut Strategic Highway Program, peningkatan titik lembek aspal meningkatkan stabilitas Marshall (Budianto, 2009).



Gambar 5.17 Tebal Film Aspal Untuk Campuran Aspal Cair MC-800 Dengan Proporsi RAP 40%, RAP 50%, RAP 60% (Hasil Perhitungan, 2014)

Gambar 5.17 menunjukkan nilai tebal film aspal untuk campuran aspal dingin bergradasi semi padat dengan aspal cair MC-800 mempunyai nilai yang menurun seiring bertambahnya kadar RAP, hal ini dikarenakan adanya peningkatan luas permukaan agregat dalam campuran yang digunakan. Agregat RAP yang digunakan banyak mengandung agregat halus, sedangkan agregat baru yang digunakan merupakan agregat kasar dan sedang. Dalam perhitungan, nilai luas permukaan agregat berbanding terbalik dengan nilai tebal film aspal.



Gambar 5.18 Stabilitas Sisa Untuk Campuran Aspal Cair MC-800 Dengan RAP 40%, RAP 50%, RAP 60% (Hasil Perhitungan, 2014)

Gambar 5.18 menunjukkan nilai persentase stabilitas sisa untuk campuran aspal dingin bergradasi semi padat dengan aspal cair MC-800 mempunyai nilai yang meningkat seiring bertambahnya kadar RAP, hal ini dikarenakan peningkatan nilai titik leleh aspal campuran yang digunakan. Peningkatan titik leleh aspal meningkatkan stabilitas Marshall dari benda uji yang telah direndam.

Dengan membandingkan hasil pengujian sifat-sifat fisik campuran aspal dingin dengan aspal cair MC-800 pada kadar RAP 40%, 50% dan 60% maka dapat dituliskan bahwa nilai kadar aspal optimum pada campuran aspal dingin bergradasi semi padat dengan komposisi RAP Jalan Amlapura - Angentelu 40% dan agregat baru 60% adalah 5,02% dengan kadar aspal cair sebesar 3,67%. Untuk campuran aspal dingin bergradasi semi padat dengan komposisi RAP Jl. Jalan Amlapura - Angentelu 50% dan agregat baru 50%, nilai kadar aspal optimum campuran adalah 5,30% dengan kadar aspal cair sebesar 3,44%. Sedangkan campuran aspal dingin bergradasi semi padat dengan komposisi RAP Jalan Amlapura - Angentelu 60% dan agregat baru 40%, nilai kadar aspal

optimum campuran adalah 5,70% dengan kadar aspal cair sebesar 3,35%. Jadi dengan bertambahnya jumlah RAP, nilai kadar aspal optimum pada campuran mengalami peningkatan. Hal ini dikarenakan luas permukaan agregat semakin meningkat seiring dengan bertambahnya RAP. Agregat halus yang terkandung dalam RAP akan menambah luas permukaan agregat yang harus diselimuti aspal sehingga dibutuhkan kadar aspal yang lebih banyak.

#### **5.4 Analisis Biaya Penggunaan RAP Dalam Campuran Aspal Dingin**

Dalam penelitian ini dianalisa bagaimana mengelola material RAP yang sebelumnya belum dapat dimanfaatkan secara maksimal menjadi dapat dimanfaatkan dengan optimal. Untuk mengetahui apakah material RAP dapat dimanfaatkan secara optimal maka harus membandingkan antara biaya produksi campuran beraspal dingin tanpa adanya penambahan RAP dibanding dengan biaya produksi campuran beraspal dingin dengan adanya penambahan RAP.

Faktor-faktor perbandingan dalam perhitungan dapat berupa:

1. Biaya pengujian laboratorium.
2. Biaya bahan campuran beraspal dingin.
3. Biaya pencampuran.
4. Biaya penghamparan.
5. Biaya pemadatan

Untuk perbandingan biaya pencampuran, penghamparan dan pemadatan antara campuran beraspal dingin yang mengandung RAP dan campuran beraspal dingin yang tidak mengandung RAP dalam penelitian ini tidak diperhitungkan karena dianggap sama, sehingga perhitungan yang dilakukan hanya pada analisa biaya pengujian laboratorium dan bahan campuran beraspal dingin.

##### **5.4.1 Analisis Biaya Pengujian Laboratorium**

Dari hasil pengujian diketahui bahwa komposisi RAP yang paling optimal yang dapat digunakan dalam campuran beraspal dingin menggunakan aspal cair MC-800 adalah sebesar 60% RAP. Dalam analisa biaya ini

membandingkan antara campuran aspal dingin dengan 60% RAP dengan campuran aspal dingin tanpa menggunakan RAP.

Untuk mendapatkan hasil pengujian yang seragam di dalam penelitian perlu dilaksanakan pengendalian mutu yaitu dengan menerapkan pengujian agregat maupun aspal pada setiap frekuensi tertentu untuk menjamin kualitas sesuai dengan spesifikasi dan sesuai dengan *Design Mix Formula* (DMF) maupun *Job Mix Formula* (JMF) yang telah ditetapkan. Di dalam Spesifikasi Umum Bina Marga Tahun 2010 disebutkan mengenai pengendalian mutu bahan dan pengujian serta frekuensi yang disyaratkan seperti pada Tabel 5.10 berikut ini.

Tabel 5.10 Pengendalian Mutu

No.	Jenis Pengujian	Frekuensi
<b>Aspal</b>		
1	Aspal dalam drum	$\sqrt[3]{}$ dari jumlah drum
2	Aspal dalam tangki	Setiap tangki aspal
<b>Agregat</b>		
3	Abrasi dengan mesin Los Angeles	5000 m <sup>3</sup>
4	Gradasi agregat yang ditambahkan ke tumpukan dari sumber yang sama	1000 m <sup>3</sup>
5	Uji gradasi agregat dari penampung	250 m <sup>3</sup>
6	Nilai setara pasir ( <i>sand equivalent</i> )	250 m <sup>3</sup>
<b>Campuran</b>		
7	Gradasi dan kadar aspal	200 ton
8	Kepadatan, stabilitas, kelelahan	200 ton

Sumber : Spesifikasi Bina Marga 2010

Untuk campuran aspal dingin yang menggunakan campuran RAP, hal yang harus diperhatikan adalah faktor keseragaman gradasi dan kadar aspal di dalam agregat RAP. Sehingga untuk campuran aspal dingin dengan campuran RAP, kedua faktor tersebut harus dilaksanakan pengujian yang lebih ketat dibandingkan dengan campuran aspal dingin tanpa campuran RAP.

Pengambilan contoh RAP untuk pengujian bisa diambil dari jalan dengan melakukan pengeboran/*core drill* sebelum melakukan pengerukan dengan mesin penggaruk dingin (*Cold Milling Machine*), pada *stockpile* atau pada saat

pengangkutan (di atas truk). Untuk sampel yang diambil langsung di jalan, setidaknya diambil minimal 1 kali di setiap 1,6 lajur-km (1 lane-mile). Sedangkan sampel yang diambil di *stockpile*, dilakukan sampling gradasi dan kadar aspalnya satu kali per 500 – 1000 ton, minimal satu kali per 1000 ton.

Dari Tabel 5.10 di atas, analisa biaya untuk pengujian dapat dilakukan dengan persyaratan yang harus dipenuhi. Diasumsikan jumlah campuran aspal dingin yang dibuat sebanyak 5.000 ton. Dengan asumsi berat volume campuran aspal dingin sebesar  $2,32 \text{ ton/m}^3$ , bila dikonversikan ke dalam volume akan menjadi  $2.242 \text{ m}^3$ .

Untuk perhitungan analisa biaya dalam penelitian ini, digunakan frekuensi 1 kali pengujian gradasi dan kadar aspal per 1000 ton RAP yang digunakan. Dengan asumsi berat isi dari material RAP adalah  $2,48 \text{ ton/m}^3$  atau dilakukan tiap  $403 \text{ m}^3$  agregat RAP (untuk penyederhanaan dilakukan tiap  $400 \text{ m}^3$ ). Untuk material baru uji gradasinya setiap  $1000 \text{ m}^3$ . Untuk perhitungan secara detail dapat dilihat pada Lampiran 7 dan Lampiran 8. Hasil analisa biaya pengujian laboratorium untuk campuran aspal dingin dengan 60% RAP adalah sebesar Rp. 10.405.000,- dengan komponen biaya pengujian sebesar Rp. 4.640,63/ $\text{m}^3$ . Sedangkan untuk campuran aspal dingin tanpa RAP didapatkan hasil analisa biaya pengujian laboratorium sebesar Rp. 7.195.000,- dengan komponen biaya sebesar Rp. 3.208,97/ $\text{m}^3$ .

Dari hasil analisa biaya ini dapat diketahui bahwa besarnya biaya pengujian laboratorium untuk campuran aspal dingin dengan 60% RAP lebih besar dikarenakan oleh jumlah item pengujian yang dilaksanakan lebih banyak dibandingkan dengan pengujian campuran aspal dingin tanpa RAP.

#### **5.4.2 Analisis Biaya Produksi Campuran Aspal Dingin**

Pada prinsipnya proses pencampuran aspal dingin dengan RAP sama dengan pencampuran aspal dingin tanpa RAP. Yang membedakan hanya pada bahan yang dipakai. Biaya produksi campuran tanpa menggunakan RAP adalah

Rp.3.463.270,78/m<sup>3</sup>. Sedangkan biaya produksi campuran yang menggunakan RAP adalah Rp. 1.640.254,39/m<sup>3</sup>. Lebih sedikitnya biaya produksi pada campuran yang menggunakan RAP dikarenakan oleh berkurangnya jumlah agregat dan aspal baru yang digunakan sebagai akibat dari penggunaan RAP dalam campuran yang tidak diperhitungkan biayanya. Untuk perhitungannya dapat dilihat pada Tabel 5.11 dan pada Lampiran 9 dan Lampiran 10.

Tabel 5.11 Perbandingan Harga Campuran Aspal Dingin

No.	Uraian	Harga Satuan (Rp)		Jumlah (Rp)
		Biaya Pengujian (/m <sup>3</sup> )	Biaya Produksi (/m <sup>3</sup> )	
1	C/20 dengan 60% RAP	4,640.63	1,640,254.39	1,644,895.02
2	C/20 dengan 0% RAP	3,208.97	3,463,270.78	3,466,479.75

Sumber : Hasil Perhitungan

Pada Tabel 5.11 dapat dilihat total biaya yang dikeluarkan apabila menggunakan campuran aspal dingin dengan ditambah 60% RAP Jalan Amlapura – Angentelu adalah sebesar Rp. 1.644.895,02/m<sup>3</sup> dan biaya ini lebih murah 47,45% dari biaya campuran aspal dingin tanpa menggunakan RAP yaitu sebesar Rp.3.466.479,75/m<sup>3</sup>. Dari analisa ini dapat diketahui bahwa penggunaan RAP di dalam campuran aspal dingin dapat menghemat biaya.

Selain keuntungan harga yang lebih rendah, terdapat keuntungan lain menggunakan campuran dengan penambahan RAP. Keuntungan tersebut adalah mengurangi kerusakan dan eksplorasi yang berlebihan terhadap lingkungan. Penggunaan RAP juga dapat mengurangi biaya lingkungan, yaitu biaya-biaya yang terjadi karena adanya kualitas lingkungan yang mungkin terjadi. *United States Environmental Protection Agency* (EPA) mengklasifikasikan biaya lingkungan dalam biaya konvensional, biaya tersembunyi, biaya kontingensi, biaya *image*, dan biaya sosial.

1. Biaya konvensional, adalah biaya penggunaan material, utilitas, barang modal dan bahan pembantu yang dimasukkan sebagai harga barang jadi tetapi sering tidak dimasukkan sebagai biaya lingkungan. Akan tetapi, penggunaan yang

berkurang dari bahan-bahan di atas dan limbah yang berkurang lebih menguntungkan secara lingkungan.

2. Biaya tersembunyi, adalah biaya tak langsung yang berkaitan dengan desain produk dan proses yang ramah lingkungan, dan lain-lain.
3. Biaya kontingensi, adalah biaya yang mungkin termasuk atau tidak termasuk pada waktu yang akan datang. Misalnya: biaya kompensasi karena “kecelakaan” lingkungan, denda, dan lain-lain.
4. Biaya *image*, adalah biaya lingkungan yang bersifat *intangible* karena dinilai secara subyektif.
5. Biaya sosial, merupakan biaya dari pengaruh bisnis pada lingkungan dan masyarakat disekitarnya, biaya ini juga disebut biaya eksternal atau *externalities*.

Sehingga dengan penggunaan material RAP tersebut diharapkan dapat mengurangi biaya lingkungan yang mungkin terjadi.

## **BAB VI**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **6.1 Kesimpulan**

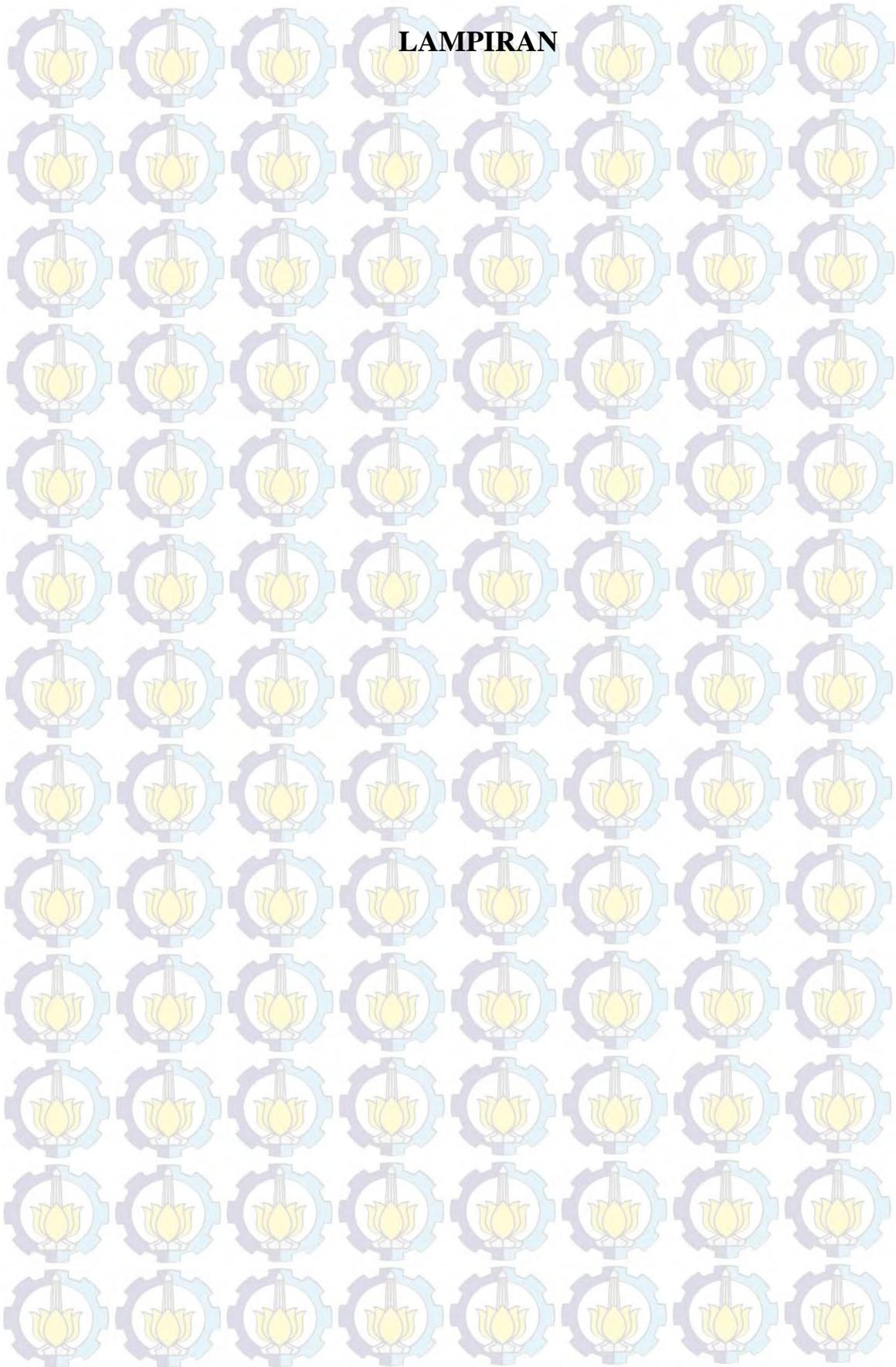
Setelah melaksanakan percobaan laboratorium dan analisis terhadap hasil percobaan tersebut maka dapat disimpulkan:

1. Dari pengujian terhadap agregat yang di dapat dari ekstraksi RAP Jalan Amlapura – Angentelu didapatkan bahwa agregat tersebut memenuhi persyaratan dalam Spesifikasi Umum Bina Marga 2010. Untuk pengujian aspalnya didapat hanya titik lembek yang memenuhi spesifikasi. Dari perhitungan gradasi diketahui bahwa komposisi fraksi agregat RAP tidak masuk ke dalam amplop gradasi semi padat yang disyaratkan, untuk itu perlu ditambahkan fraksi agregat kasar dan sedang yang baru. Hasil pengujian material baru (aspal & agregat) yang ditambahkan ke dalam campuran memenuhi semua persyaratan yang ditentukan sehingga dapat digunakan pada campuran aspal dingin.
2. Pada penelitian ini diperoleh kandungan RAP dalam campuran yang memenuhi amplop gradasi semi padat yaitu komposisi 40% RAP dan 60% agregat baru, 50% RAP dan 50% agregat baru serta 60% RAP dan 40% agregat baru. Dari komposisi tersebut diperoleh nilai kadar aspal rencana benda uji dalam penelitian ini dengan rentang nilai 4,02%-6,7%.
3. Campuran beraspal dingin dengan kadar RAP yang paling optimum yang memenuhi amplop gradasi yaitu 60% RAP dimana kadar aspal optimum dari campuran ini sebesar 5,70% yang terdiri dari aspal RAP sebesar 2,85%, aspal residu sebesar 2,85% dan kadar aspal cair optimum dalam campuran ini adalah 3,35%.
4. Dari penggunaan RAP Jalan Amlapura – Angentelu sebesar 60% dalam campuran aspal dingin terdapat pengurangan biaya sebesar 47,45% dibandingkan dengan campuran aspal dingin tanpa RAP. Perhitungan biaya tersebut ditinjau dari segi biaya pengujian serta biaya pembuatan dan belum memperhitungkan keuntungan atas pengurangan laju kerusakan lingkungan.

## 6.2 Saran

1. Dari hasil percobaan diperoleh bahwa gradasi kombinasi agregat RAP dan agregat baru menentukan dipenuhinya persyaratan amplop gradasi campuran aspal dingin kelas C/20, sehingga untuk dapat meningkatkan kadar RAP dalam campuran aspal dingin diperlukan suatu penanganan khusus terhadap agregat RAP berupa *screening* pada ukuran tertentu agar gradasinya dapat lebih mendekati amplop gradasi.
2. Perlu adanya penelitian lebih lanjut terhadap pengaruh nilai penetrasi dan daktilitas yang rendah dari aspal RAP terhadap kinerja teknis campuran, sehingga dapat dihasilkan suatu campuran beraspal dingin yang memenuhi Spesifikasi Umum Bina Marga serta memiliki masa layan yang lebih panjang.
3. Perlu adanya pengkajian lebih detail terhadap analisa biaya dari berkurangnya laju kerusakan lingkungan dan penambangan sebagai dampak digunakannya kembali RAP sebagai material dari campuran aspal dingin.
4. Untuk mengkaji tingkat kesulitan pekerjaan pembuatan campuran aspal dingin dengan menggunakan RAP maka perlu pengujian lebih lanjut pada skala lapangan.
5. Diharapkan kepada instansi yang berwenang dapat menerapkan penggunaan material RAP dalam campuran beraspal dingin pada pekerjaan pemeliharaan jalan mengingat adanya penghematan yang dapat diperoleh.

LAMPIRAN



Lampiran 1 Tabel Hasil Uji Marshall Campuran Aspal Dingin Dengan 40% RAP dan 60% Agregat Baru

**PERCOBAAN MARSHALL**

**SNI 06-2489-1991**

SPEKIFIKASI : C/20

KOMPOSISI : RAP 40%

ASPAL : ASPAL CAIR MC-800

No.	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m
1	4.02	995.45	1013.11	568.33	444.78	2.238	2.331	362	452.5	5.65	80.1	3.41	24.61
2	4.02	995.53	1013.72	568.63	445.09	2.237	2.332	351.5	439.375	5.57	78.9	3.41	24.61
3	4.02	994.98	1014.05	566.24	447.81	2.222	2.321	372.5	465.625	5.23	89.0	3.41	24.61
	<b>4.02</b>					<b>2.232</b>	<b>2.328</b>		<b>452.5</b>	<b>5.48</b>	<b>82.7</b>	<b>3.41</b>	<b>24.61</b>
1	4.52	996.35	1017.56	557.84	459.72	2.167	2.272	388	461.72	4.84	95.4	3.92	27.82
2	4.52	994.98	1016.77	556.24	460.53	2.161	2.268	390.5	464.695	5.12	90.8	3.92	27.82
3	4.52	995.55	1013.98	552.42	461.56	2.157	2.247	392	466	4.92	94.8	3.92	27.82
	<b>4.52</b>					<b>2.162</b>	<b>2.262</b>		<b>464.3</b>	<b>4.96</b>	<b>93.7</b>	<b>3.92</b>	<b>27.82</b>
1	5.02	993.16	1014.45	553.05	461.40	2.152	2.257	400.5	476.595	5.02	94.9	4.42	31.05
2	5.02	993.02	1014.30	552.80	461.50	2.152	2.256	409.5	487.305	4.73	103.0	4.42	31.05
3	5.02	992.88	1015.13	560.02	455.11	2.182	2.294	406	507.5	4.89	103.8	4.42	31.05
	<b>5.02</b>					<b>2.162</b>	<b>2.269</b>		<b>490.47</b>	<b>4.88</b>	<b>100.6</b>	<b>4.42</b>	<b>31.05</b>
1	5.52	994.18	1015.21	570.22	444.99	2.234	2.345	392	490	5.66	86.6	4.92	34.33
2	5.52	993.56	1014.88	569.18	445.70	2.229	2.341	388.5	485.625	5.72	84.9	4.92	34.33
3	5.52	994.02	1014.79	568.87	445.92	2.229	2.338	386	482	5.58	86.4	4.92	34.33
	<b>5.52</b>					<b>2.231</b>	<b>2.341</b>		<b>485.83</b>	<b>5.65</b>	<b>85.9</b>	<b>4.92</b>	<b>34.33</b>
1	6.02	994.04	1015.18	559.86	455.32	2.183	2.289	365	456.25	5.84	78.1	5.43	37.64
2	6.02	993.27	1015.20	561.97	453.23	2.192	2.303	355	443.75	7.22	61.5	5.43	37.64
3	6.02	993.33	1014.87	558.76	456.11	2.178	2.286	345	431.25	5.78	74.6	5.43	37.64
	<b>6.02</b>					<b>2.184</b>	<b>2.293</b>		<b>443.75</b>	<b>6.28</b>	<b>71.4</b>	<b>5.43</b>	<b>37.64</b>

Bj. aspal : **1.030**

Abs. Aspal : **0.632**

a = % aspal terhadap campuran  
 b = berat kering (gr)  
 c = berat dalam keadaan jenuh (gr)  
 d = berat dalam air (gr)

e = isi (c-d)  
 f = berat isi (b/e)  
 g = berat jenis semu (b/(b-d))  
 h = pembacaan arloji stabilitas  
 i = stabilitas (kg)  
 i x koreksi benda uji

j = kelelahan (mm)  
 k = Hasil bagi Marshall  
 $i / j$  (kg/mm)  
 q = Kadar aspal eff. (%)  
 $a - ((\text{Abs.aspal}/100) * (100-a))$

r = Tebal film aspal (mikron)  
 $(a/100-a) * (1/Bj. Aspal) * (1/Luas \text{ Permukaan Agg}) * \text{Berat Agg}$

Lampiran 2 Tabel Hasil Uji Marshall Basah Campuran Aspal Dingin Dengan 40% RAP dan 60% Agregat Baru

**PERCOBAAN MARSHALL BASAH**

**SNI 06-2489-1991**

SPEKIFIKASI : C/20

KOMPOSISI : RAP 40%

ASPAL : ASPAL CAIR MC-800

No.	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m
1	4.02	998.46	1020.56	576.34	444.22	2.248	2.365	305	381.3	3.56	107.1	3.41	24.61
2	4.02	996.78	1019.65	575.42	444.23	2.244	2.366	307	383.8	3.86	99.4	3.41	24.61
3	4.02	999.41	1020.67	576.36	444.31	2.249	2.362	304	380.0	3.28	115.9	3.41	24.61
	<b>4.02</b>					<b>2.247</b>	<b>2.364</b>		<b>381.7</b>	<b>3.57</b>	<b>107.5</b>	<b>3.41</b>	<b>24.61</b>
1	4.52	995.89	1019.88	569.76	450.12	2.212	2.337	311.5	389.4	6.21	62.7	3.92	27.82
2	4.52	996.11	1020.12	571.03	449.09	2.218	2.343	310	387.5	5.42	71.5	3.92	27.82
3	4.52	996.05	1019.96	570.81	449.15	2.218	2.342	308.25	385.3	6.52	59.1	3.92	27.82
	<b>4.52</b>					<b>2.216</b>	<b>2.341</b>		<b>387.4</b>	<b>6.05</b>	<b>64.4</b>	<b>3.92</b>	<b>27.82</b>
1	5.02	996.21	1019.76	566.05	453.71	2.196	2.316	323	403.8	7.68	52.6	4.42	31.05
2	5.02	995.76	1019.42	565.70	453.72	2.195	2.315	325	406.3	9.10	44.6	4.42	31.05
3	5.02	995.78	1020.04	565.97	454.07	2.193	2.317	333	416.3	8.76	47.5	4.42	31.05
	<b>5.02</b>					<b>2.194</b>	<b>2.316</b>		<b>408.8</b>	<b>8.51</b>	<b>48.2</b>	<b>4.42</b>	<b>31.05</b>
1	5.52	994.98	1017.76	559.54	458.22	2.171	2.285	302	359.4	5.56	64.6	4.92	34.33
2	5.52	995.23	1018.24	561.52	456.72	2.179	2.295	300	375.0	6.00	62.5	4.92	34.33
3	5.52	995.07	1018.12	560.12	458.00	2.173	2.288	298	354.6	6.11	58.0	4.92	34.33
	<b>5.52</b>					<b>2.174</b>	<b>2.289</b>		<b>363.0</b>	<b>5.89</b>	<b>61.7</b>	<b>4.92</b>	<b>34.33</b>
1	6.02	997.08	1024.76	558.90	465.86	2.140	2.276	288	342.7	5.34	64.2	5.43	37.64
2	6.02	996.88	1025.06	556.88	468.18	2.129	2.266	295	351.1	5.67	61.9	5.43	37.64
3	6.02	996.75	1024.86	557.26	467.60	2.132	2.268	270.5	321.9	5.40	59.6	5.43	37.64
	<b>6.02</b>					<b>2.134</b>	<b>2.270</b>		<b>338.6</b>	<b>5.47</b>	<b>61.9</b>	<b>5.43</b>	<b>37.64</b>

Bj. aspal : **1.030**

Abs. Aspal : **0.632**

a = % aspal terhadap campuran

e = isi (c-d)

j = kelelahan (mm)

r = Tebal film aspal (mikron)

b = berat kering (gr)

f = berat isi (b/e)

k = Hasil bagi Marshall

$(a/100-a) \cdot (1/Bj. Aspal) \cdot (1/Luas$

c = berat dalam keadaan jenuh (gr)

g = berat jenis semu (b/(b-d))

i / j (kg/mm)

Permukaan Agg)\*Berat Agg

d = berat dalam air (gr)

h = pembacaan arloji stabilitas

q = Kadar aspal eff. (%)

i = stabilitas (kg)

$a - ((Abs.aspal/100) \cdot (100-a))$

i x koreksi benda uji

Lampiran 3 Tabel Hasil Uji Marshall Campuran Aspal Dingin Dengan 50% RAP dan 50% Agregat Baru

**PERCOBAAN MARSHALL**

**SNI 06-2489-1991**

SPEKIFIKASI : C/20

KOMPOSISI : RAP 50%

ASPAL : ASPAL CAIR MC-800

No.	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m
1	4.30	994.55	1015.83	572.30	443.53	2.242	2.355	388	512.2	6.34	80.8	3.74	23.02
2	4.30	994.65	1003.93	570.30	433.63	2.294	2.344	391	516.1	6.42	80.4	3.74	23.02
3	4.30	994.69	1015.65	571.43	444.22	2.239	2.350	389	486.3	6.02	80.8	3.74	23.02
	<b>4.30</b>					<b>2.258</b>	<b>2.350</b>		<b>504.8</b>	<b>6.26</b>	<b>80.6</b>	<b>3.74</b>	<b>23.02</b>
1	4.80	997.88	1016.76	573.33	443.43	2.250	2.350	422	557.0	5.55	100.4	4.24	25.83
2	4.80	998.01	1016.75	572.24	444.51	2.245	2.344	438.5	548.1	5.21	105.2	4.24	25.83
3	4.80	998.03	1017.21	574.52	442.69	2.254	2.357	410	541.2	5.11	105.9	4.24	25.83
	<b>4.80</b>					<b>2.250</b>	<b>2.350</b>		<b>548.8</b>	<b>5.29</b>	<b>103.8</b>	<b>4.24</b>	<b>25.83</b>
1	5.30	997.76	1018.89	576.23	442.66	2.254	2.367	425	561.0	6.23	90.0	4.74	28.67
2	5.30	997.71	1019.28	576.32	442.96	2.252	2.368	432	570.2	6.56	86.9	4.74	28.67
3	5.30	998.04	1019.11	577.66	441.45	2.261	2.374	430.5	568.3	5.78	98.3	4.74	28.67
	<b>5.30</b>					<b>2.256</b>	<b>2.370</b>		<b>566.5</b>	<b>6.19</b>	<b>91.8</b>	<b>4.74</b>	<b>28.67</b>
1	5.80	994.33	1015.87	572.32	443.55	2.242	2.356	402	530.6	6.87	77.2	5.24	31.55
2	5.80	994.27	1015.76	571.10	444.66	2.236	2.350	444	555.0	7.53	73.7	5.24	31.55
3	5.80	994.46	1015.66	570.76	444.90	2.235	2.347	423	528.8	7.21	73.3	5.24	31.55
	<b>5.80</b>					<b>2.238</b>	<b>2.351</b>		<b>538.1</b>	<b>7.20</b>	<b>74.8</b>	<b>5.24</b>	<b>31.55</b>
1	6.30	995.67	1018.21	564.98	453.23	2.197	2.312	335	418.8	5.68	73.7	5.75	34.45
2	6.30	995.46	1018.37	565.17	453.20	2.197	2.313	338.5	423.1	5.28	80.1	5.75	34.45
3	6.30	994.97	1017.78	564.28	453.50	2.194	2.310	340	425.0	5.12	83.0	5.75	34.45
	<b>6.30</b>					<b>2.196</b>	<b>2.312</b>		<b>422.3</b>	<b>5.36</b>	<b>79.0</b>	<b>5.75</b>	<b>34.45</b>

Bj. aspal : **1.030**

Abs. Aspal : **0.590**

a = % aspal terhadap campuran  
 b = berat kering (gr)  
 c = berat dalam keadaan jenuh (gr)  
 d = berat dalam air (gr)

e = isi (c-d)  
 f = berat isi (b/e)  
 g = berat jenis semu (b/(b-d))  
 h = pembacaan arloji stabilitas  
 i = stabilitas (kg)  
 i x koreksi benda uji

j = kelelehan (mm)  
 k = Hasil bagi Marshall  
 i / j (kg/mm)  
 q = Kadar aspal eff. (%)  
 $a - ((\text{Abs.aspal}/100) * (100 - a))$

r = Tebal film aspal (mikron)  
 $(a/100 - a) * (1/Bj. Aspal) * (1/Luas \text{ Permukaan Agg}) * \text{Berat Agg}$

Lampiran 4 Tabel Hasil Uji Marshall Basah Campuran Aspal Dingin Dengan 50% RAP dan 50% Agregat Baru

**PERCOBAAN MARSHALL BASAH**

**SNI 06-2489-1991**

SPEKIFIKASI : C/20

KOMPOSISI : RAP 50%

ASPAL : ASPAL CAIR MC-800

No.	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m
1	4.30	994.72	1018.66	581.35	437.31	2.275	2.406	310	409.2	3.45	118.6	3.74	23.02
2	4.30	994.88	1018.76	580.97	437.79	2.273	2.404	315	415.8	4.43	93.9	3.74	23.02
3	4.30	994.74	1018.74	581.40	437.34	2.275	2.407	317.5	419.1	3.53	118.7	3.74	23.02
	<b>4.30</b>					<b>2.274</b>	<b>2.406</b>		<b>414.7</b>	<b>3.80</b>	<b>110.4</b>	<b>3.74</b>	<b>23.02</b>
1	4.80	997.98	1018.78	588.96	429.82	2.322	2.440	370.5	515.0	5.58	92.3	4.24	25.83
2	4.80	998.43	1018.66	589.06	429.60	2.324	2.439	365	507.4	5.54	91.6	4.24	25.83
3	4.80	999.74	1018.53	589.14	429.39	2.328	2.435	376.5	523.3	5.63	93.0	4.24	25.83
	<b>4.80</b>					<b>2.325</b>	<b>2.438</b>		<b>515.2</b>	<b>5.58</b>	<b>92.3</b>	<b>4.24</b>	<b>25.83</b>
1	5.30	996.56	1018.34	590.11	428.23	2.327	2.452	398	553.2	5.68	97.4	4.74	28.67
2	5.30	996.49	1018.19	589.89	428.30	2.327	2.451	404	561.6	5.63	99.7	4.74	28.67
3	5.30	996.53	1018.22	590.31	427.91	2.329	2.453	400	556.0	5.76	96.5	4.74	28.67
	<b>5.30</b>					<b>2.328</b>	<b>2.452</b>		<b>556.9</b>	<b>5.69</b>	<b>97.9</b>	<b>4.74</b>	<b>28.67</b>
1	5.80	996.97	1017.98	565.20	452.78	2.202	2.309	307.5	384.4	4.24	90.7	5.24	31.55
2	5.80	997.26	1017.92	564.00	453.92	2.197	2.302	302.5	378.1	3.50	108.0	5.24	31.55
3	5.80	997.13	1018.03	564.43	453.60	2.198	2.304	310	387.5	3.66	105.9	5.24	31.55
	<b>5.80</b>					<b>2.199</b>	<b>2.305</b>		<b>383.3</b>	<b>3.80</b>	<b>101.5</b>	<b>5.24</b>	<b>31.55</b>
1	6.30	997.34	1018.64	553.75	464.89	2.145	2.248	289	343.9	5.24	65.6	5.75	34.45
2	6.30	985.43	1002.34	553.83	448.51	2.197	2.283	252	315.0	4.95	63.6	5.75	34.45
3	6.30	997.78	1018.53	556.64	461.89	2.160	2.262	300	357.0	4.86	73.5	5.75	34.45
	<b>6.30</b>					<b>2.168</b>	<b>2.264</b>		<b>338.6</b>	<b>5.02</b>	<b>67.6</b>	<b>5.75</b>	<b>34.45</b>

Bj. aspal : **1.030**

Abs. Aspal : **0.590**

a = % aspal terhadap campuran  
 b = berat kering (gr)  
 c = berat dalam keadaan jenuh (gr)  
 d = berat dalam air (gr)

e = isi (c-d)  
 f = berat isi (b/e)  
 g = berat jenis semu (b/(b-d))  
 h = pembacaan arloji stabilitas  
 i = stabilitas (kg)  
 i x koreksi benda uji

j = kelelahan (mm)  
 k = Hasil bagi Marshall  
 i / j (kg/mm)  
 q = Kadar aspal eff. (%)  
 $a - ((\text{Abs.aspal}/100) * (100 - a))$

r = Tebal film aspal (mikron)  
 $(a/100 - a) * (1/Bj. Aspal) * (1/Luas \text{ Permukaan Agg}) * \text{Berat Agg}$

Lampiran 5 Tabel Hasil Uji Marshall Campuran Aspal Dingin Dengan 60% RAP dan 40% Agregat Baru

**PERCOBAAN MARSHALL**

**SNI 06-2489-1991**

SPEKIFIKASI : C/20

KOMPOSISI : RAP 60%

ASPAL : ASPAL CAIR MC-800

No.	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m
1	4.70	998.52	1013.78	577.02	436.76	2.286	2.369	420	554.4	5.80	95.6	4.16	22.40
2	4.70	998.48	1013.60	576.40	437.20	2.284	2.366	426	562.3	6.14	91.6	4.16	22.40
3	4.70	997.96	1013.55	576.66	436.89	2.284	2.369	422.4	557.6	5.96	93.6	4.16	22.40
	<b>4.70</b>					<b>2.285</b>	<b>2.368</b>		<b>558.1</b>	<b>5.97</b>	<b>93.6</b>	<b>4.16</b>	<b>22.40</b>
1	5.20	998.88	1016.86	576.10	440.76	2.266	2.363	440	580.8	5.66	102.6	4.67	24.91
2	5.20	998.94	1016.94	575.10	441.84	2.261	2.357	442	583.4	5.57	104.7	4.67	24.91
3	5.20	998.76	1016.85	575.32	441.53	2.262	2.359	439	578.8	5.86	98.8	4.67	24.91
	<b>5.20</b>					<b>2.263</b>	<b>2.359</b>		<b>581.0</b>	<b>5.70</b>	<b>102.0</b>	<b>4.67</b>	<b>24.91</b>
1	5.70	994.57	1011.84	561.43	450.41	2.208	2.296	520	650.0	6.32	102.8	5.17	27.45
2	5.70	994.29	1011.54	562.56	448.98	2.215	2.303	523.5	654.4	6.50	100.7	5.17	27.45
3	5.70	995.12	1012.04	562.06	449.98	2.211	2.298	495	618.8	6.21	99.6	5.17	27.45
	<b>5.70</b>					<b>2.211</b>	<b>2.299</b>		<b>641.0</b>	<b>6.34</b>	<b>101.1</b>	<b>5.17</b>	<b>27.45</b>
1	6.20	994.54	1015.54	570.40	445.14	2.234	2.345	395	493.8	4.35	113.5	5.67	30.02
2	6.20	994.31	1015.60	570.38	445.22	2.233	2.345	400.5	500.6	4.55	110.0	5.67	30.02
3	6.20	994.27	1015.87	571.04	444.83	2.235	2.349	399	498.1	5.34	93.3	5.67	30.02
	<b>6.20</b>					<b>2.234</b>	<b>2.347</b>		<b>497.5</b>	<b>4.75</b>	<b>105.6</b>	<b>5.67</b>	<b>30.02</b>
1	6.70	995.94	1017.89	572.05	445.84	2.234	2.350	390	487.5	2.67	182.6	6.18	32.62
2	6.70	996.22	1018.35	571.90	446.45	2.231	2.348	389.5	486.9	1.48	329.0	6.18	32.62
3	6.70	996.28	1017.93	571.88	446.05	2.234	2.348	380	475.0	3.45	137.7	6.18	32.62
	<b>6.70</b>					<b>2.233</b>	<b>2.348</b>		<b>483.1</b>	<b>2.53</b>	<b>216.4</b>	<b>6.18</b>	<b>32.62</b>

Bj. aspal : **1.030**

Abs. Aspal : **0.563**

a = % aspal terhadap campuran  
 b = berat kering (gr)  
 c = berat dalam keadaan jenuh (gr)  
 d = berat dalam air (gr)

e = isi (c-d)  
 f = berat isi (b/e)  
 g = berat jenis semu (b/(b-d))  
 h = pembacaan arloji stabilitas  
 i = stabilitas (kg)  
 i x koreksi benda uji

j = kelelahan (mm)  
 k = Hasil bagi Marshall  
 i / j (kg/mm)  
 q = Kadar aspal eff. (%)  
 $a - ((\text{Abs.aspal}/100) * (100 - a))$

r = Tebal film aspal (mikron)  
 $(a/100 - a) * (1/Bj. Aspal) * (1/Luas \text{ Permukaan Agg}) * \text{Berat Agg}$

Lampiran 6 Tabel Hasil Uji Marshall Basah Campuran Aspal Dingin Dengan 60% RAP dan 40% Agregat Baru

**PERCOBAAN MARSHALL BASAH**

**SNI 06-2489-1991**

SPEKIFIKASI : C/20

KOMPOSISI : RAP 60%

ASPAL : ASPAL CAIR MC-800

No.	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m
1	4.70	995.02	1011.83	581.79	430.04	2.314	2.408	340	472.6	3.76	125.7	4.16	22.40
2	4.70	994.65	1011.76	581.95	429.81	2.314	2.410	344.5	478.9	4.11	116.5	4.16	22.40
3	4.70	994.25	1012.04	582.06	429.98	2.312	2.412	330	458.7	4.06	113.0	4.16	22.40
	<b>4.70</b>					<b>2.313</b>	<b>2.410</b>		<b>470.1</b>	<b>3.98</b>	<b>118.4</b>	<b>4.16</b>	<b>22.40</b>
1	5.20	996.79	1011.24	575.36	435.88	2.287	2.365	400	528.0	6.54	80.7	4.67	24.91
2	5.20	996.89	1010.96	574.28	436.68	2.283	2.359	424	559.7	9.13	61.3	4.67	24.91
3	5.20	997.93	1011.32	575.21	436.11	2.288	2.361	403	531.3	6.02	88.3	4.67	24.91
	<b>5.20</b>					<b>2.286</b>	<b>2.362</b>		<b>539.7</b>	<b>7.23</b>	<b>76.8</b>	<b>4.67</b>	<b>24.91</b>
1	5.70	995.25	1015.06	581.05	434.01	2.293	2.403	415	547.8	6.55	83.6	5.17	27.45
2	5.70	995.30	1015.14	580.87	434.27	2.292	2.402	429	566.3	6.94	81.6	5.17	27.45
3	5.70	994.99	1015.22	580.98	434.24	2.291	2.403	421	555.7	6.43	86.4	5.17	27.45
	<b>5.70</b>					<b>2.292</b>	<b>2.403</b>		<b>556.6</b>	<b>6.64</b>	<b>83.9</b>	<b>5.17</b>	<b>27.45</b>
1	6.20	993.06	1013.43	562.06	451.37	2.200	2.304	300	375.0	5.88	63.8	5.67	30.02
2	6.20	993.23	1013.22	561.83	451.39	2.200	2.302	304	380.0	5.71	66.5	5.67	30.02
3	6.20	993.17	1012.89	562.01	450.88	2.203	2.303	310	387.5	5.66	68.5	5.67	30.02
	<b>6.20</b>					<b>2.201</b>	<b>2.303</b>		<b>380.8</b>	<b>5.75</b>	<b>66.3</b>	<b>5.67</b>	<b>30.02</b>
1	6.70	997.14	1022.08	554.47	467.61	2.132	2.253	300	357.0	4.24	84.2	6.18	32.62
2	6.70	997.22	1022.14	554.36	467.78	2.132	2.252	295.5	351.6	4.28	82.2	6.18	32.62
3	6.70	997.25	1021.87	554.68	467.19	2.135	2.253	298.5	355.2	4.35	81.7	6.18	32.62
	<b>6.70</b>					<b>2.133</b>	<b>2.253</b>		<b>354.6</b>	<b>4.29</b>	<b>82.7</b>	<b>6.18</b>	<b>32.62</b>

Bj. aspal : **1.030**

Abs. Aspal : **0.563**

a = % aspal terhadap campuran

e = isi (c-d)

j = kelelahan (mm)

r = Tebal film aspal (mikron)

b = berat kering (gr)

f = berat isi (b/e)

k = Hasil bagi Marshall

$(a/100-a) \cdot (1/Bj. Aspal) \cdot (1/Luas$

c = berat dalam keadaan jenuh (gr)

g = berat jenis semu (b/(b-d))

i / j (kg/mm)

Permukaan Agg)\*Berat Agg

d = berat dalam air (gr)

h = pembacaan arloji stabilitas

q = Kadar aspal eff. (%)

i = stabilitas (kg)

$a - ((Abs.aspal/100) \cdot (100-a))$

i x koreksi benda uji

Lampiran 7 RAB Pengujian Laboratorium Campuran Aspal Dingin (60% RAP Jalan Angentelu - Amlapura) Dengan Aspal Cair MC-800

**Rencana Anggaran Biaya Pengujian Laboratorium Campuran Aspal Dingin (60% RAP Jalan Angentelu - Amlapura) Dengan Aspal Cair MC-800**

No.	Jenis Pengujian	Satuan	Harga Satuan (Rp) *)	Volume	Jumlah (Rp)
I	Material RAP				
A.	Pengujian Agregat				
1	Ekstraksi				
	- Refluks (kadar Aspal dan Gradasi)	Ls	1,890,000.00	1	1,890,000.00
	- Centrifuge	Ls	200,000.00	1	200,000.00
	-Recovery (penetrasi, daktilitas, titik lembek, dan berat jenis)	Ls	290,000.00	1	290,000.00
2	Analisa Saringan				
	- Material hasil ekstraksi RAP	per set	100,000.00	1	100,000.00
3	Abrasi dengan mesin Los Angeles	per set	150,000.00	1	150,000.00
4	Kelekatan agregat terhadap aspal	per set	100,000.00	1	100,000.00
5	Berat jenis kasar	per set	100,000.00	1	100,000.00
6	Berat jenis dan penyerapan agregat halus	per set	100,000.00	1	100,000.00
7	Kekekalan bentuk agregat terhadap larutan natrium atau magnesium sulfat	per set	400,000.00	1	400,000.00
8	Gradasi agregat yang ditambahkan ke tumpukan (Setiap 400 m <sup>3</sup> )	per set	100,000.00	2	200,000.00
B.	Pengujian Aspal				
1	Penetrasi	per sampel	100,000.00	3	300,000.00
2	Titik lembek	per sampel	75,000.00	2	150,000.00
3	Daktilitas	per sampel	130,000.00	2	260,000.00
4	Berat jenis	per sampel	70,000.00	1	70,000.00
II	Material Baru				
A.	Pengujian Agregat				
1	Analisa saringan				
	- Split 1/2	per set	100,000.00	1	100,000.00
	- Screen 1/1	per set	100,000.00	1	100,000.00
2	Abrasi dengan mesin Los Angeles	per set	150,000.00	2	300,000.00
3	Kelekatan agregat terhadap aspal	per set	100,000.00	2	200,000.00
4	Berat jenis kasar	per set	100,000.00	2	200,000.00
5	Berat jenis dan penyerapan agregat halus	per set	100,000.00	0	0.00
6	Kekekalan bentuk agregat terhadap larutan natrium atau magnesium sulfat	per set	400,000.00	1	400,000.00
7	Gradasi agregat yang ditambahkan ke tumpukan (Setiap 400 m <sup>3</sup> )	per set	100,000.00	1	100,000.00
B.	Pengujian Aspal				
	Viskositas	per sampel	110,000.00	1	110,000.00
	Kelekatan	per sampel	80,000.00	1	80,000.00
	Titik Nyala	per sampel	75,000.00	1	75,000.00
	Penetrasi	per sampel	100,000.00	3	300,000.00
	Daktilitas	per sampel	130,000.00	2	260,000.00
III	Pengujian Benda Uji				
	Briket marshall (15 unit)	per sampel	990,000.00	2	1,980,000.00
	Gradasi dan kadar aspal				
	- Reflux (untuk gradasi dan kadar aspal)	Ls	1,890,000.00	1	1,890,000.00
<b>Total</b>					10,405,000.00

\*) PP Republik Indonesia No.38 Tahun 2012

- Asumsi jumlah campuran aspal dingin = 5000 ton
- = 2242 m<sup>3</sup>
- Asumsi jumlah Agregat RAP = 1345 m<sup>3</sup>

Lampiran 8 RAB Pengujian Laboratorium Campuran Aspal Dingin Dengan Aspal Cair MC-800

**Rencana Anggaran Biaya Pengujian Laboratorium Campuran Aspal Dingin Dengan Aspal Cair MC-800**

No	Jenis Pengujian	Satuan	Harga Satuan (Rp)*	Volum e	Jumlah (Rp)
A.	Pengujian Agregat				
1	Analisa saringan				
	- Split 1/2	per set	100,000.00	1	100,000.00
	- Screen 1/1	per set	100,000.00	1	100,000.00
	- Agregat halus	per set	100,000.00	1	100,000.00
2	Abrasi dengan mesin Los Angeles	per set	150,000.00	2	300,000.00
3	Kelekatan agregat terhadap aspal	per set	100,000.00	2	200,000.00
4	Berat jenis kasar	per set	100,000.00	2	200,000.00
5	Berat jenis dan penyerapan agregat halus	per set	100,000.00	1	100,000.00
6	Kekekalan bentuk agregat terhadap larutan natrium atau magnesium sulfat	per set	400,000.00	2	800,000.00
7	Gradasi agregat yang ditambahkan ke tumpukan (Setiap 400 m <sup>3</sup> )	per set	100,000.00	6	600,000.00
B.	Pengujian Aspal Cair				
	Viskositas	per sampel	110,000.00	1	110,000.00
	Kelekatan	per sampel	80,000.00	1	80,000.00
	Titik Nyala	per sampel	75,000.00	1	75,000.00
	Penetrasi	per sampel	100,000.00	3	300,000.00
	Daktilitas	per sampel	130,000.00	2	260,000.00
C.	Pengujian Benda Uji				
	Briket marshall (15 unit)	per sampel	990,000.00	2	1,980,000.00
	Gradasi dan kadar aspal				
	- Reflux (untuk gradasi dan kadar aspal)	Ls	1,890,000.00	1	1,890,000.00
<b>Total</b>					<b>7,195,000.00</b>

\*) PP Republik Indonesia No.38 Tahun 2012

- Asumsi jumlah campuran aspal dingin = 5000 ton

= 2242 m<sup>3</sup>

- Asumsi jumlah Agregat RAP = 1345 m<sup>3</sup>

## Lampiran 9 Perhitungan Harga Satuan Campuran Aspal Dingin Tanpa RAP

### FORMULIR STANDAR UNTUK PEREKAMAN ANALISA MASING-MASING HARGA SATUAN

PROP / KAB / KODYA : Bali  
 ITEM PEMBAYARAN NO. : 6.5  
 JENIS PEKERJAAN : Campuran Beraspal Dingin Untuk Pelapisan  
 SATUAN PEMBAYARAN : M3

NO.	KOMPONEN	SATUAN	PERKIRAAN Kuantitas	HARGA SATUAN (Rp.)	JUMLAH HARGA (Rp.)
<b>A. TENAGA</b>					
1.	Pekerja (L01)	jam	0.9639	6,721.09	6,478.16
2.	Mandor (L03)	jam	0.0803	13,863.95	1,113.57
<b>JUMLAH HARGA TENAGA</b>					<b>7,591.73</b>
<b>B. BAHAN</b>					
1	Agregat (5-10 & 10-20)	M3	0.9472	814,059.99	771,038.18
2	Agregat (0-5)	M3	0.4059	850,764.90	345,344.26
3	Aspal Cair	Kg	146.8588	13,009.33	1,910,534.95
<b>JUMLAH HARGA BAHAN</b>					<b>3,026,917.39</b>
<b>C. PERALATAN</b>					
1.	Conc. Mixer E06	jam	0.0803	94,724.49	7,608.39
2.	Tandem Roller E17	jam	0.0482	460,498.25	22,192.69
3.	Dump Truck E09	jam	0.1623	518,296.26	84,117.79
4.	Alat Bantu	Ls	1.0000	0.00	0.00
<b>JUMLAH HARGA PERALATAN</b>					<b>113,918.87</b>
<b>D.</b>	<b>JUMLAH HARGA TENAGA, BAHAN DAN PERALATAN ( A + B + C )</b>				<b>3,148,427.98</b>
<b>E.</b>	<b>OVERHEAD &amp; PROFIT 10.0 % x D</b>				<b>314,842.80</b>
<b>F.</b>	<b>HARGA SATUAN PEKERJAAN ( D + E )</b>				<b>3,463,270.78</b>

## Lampiran 10 Perhitungan Harga Satuan Campuran Aspal Dingin Dengan RAP

### FORMULIR STANDAR UNTUK PEREKAMAN ANALISA MASING-MASING HARGA SATUAN

PROP / KAB / KODYA : Bali  
 ITEM PEMBAYARAN NO. : 6.5  
 JENIS PEKERJAAN : Campuran Beraspal Dingin Untuk Pelapisan  
 SATUAN PEMBAYARAN : M3

NO.	KOMPONEN	SATUAN	PERKIRAAN Kuantitas	HARGA SATUAN (Rp.)	Jumlah Harga (Rp.)
<b>A. TENAGA</b>					
1.	Pekerja (L01)	jam	0.9639	6,721.09	6,478.16
2.	Mandor (L03)	jam	0.0803	13,863.95	1,113.57
<b>JUMLAH HARGA TENAGA</b>					<b>7,591.73</b>
<b>B. BAHAN</b>					
1.	Agregat (M04)	M3	0.5325	814,059.99	433,467.63
2.	Aspal Cair (M31)	Kg	71.9608	13,009.33	936,162.13
3.	RAP (MRAP)	M3	0.7892	0.00	
<b>JUMLAH HARGA BAHAN</b>					<b>1,369,629.76</b>
<b>C. PERALATAN</b>					
1.	Conc. Mixer E06	jam	0.0803	94,724.49	7,608.39
2.	Tandem Roller E17	jam	0.0482	460,498.25	22,192.69
3.	Dump Truck E09	jam	0.1623	518,296.26	84,117.79
4.	Alat Bantu	Ls	1.0000	0.00	0.00
<b>JUMLAH HARGA PERALATAN</b>					<b>113,918.87</b>
<b>D. JUMLAH HARGA TENAGA, BAHAN DAN PERALATAN ( A + B + C )</b>					<b>1,491,140.35</b>
<b>E. OVERHEAD &amp; PROFIT 10.0 % x D.</b>					<b>149,114.04</b>
<b>F. HARGA SATUAN PEKERJAAN ( D + E )</b>					<b>1,640,254.39</b>

## DAFTAR PUSTAKA

Al-Busaltan, S., Al-Nageim, H., Atherton, W., Sharples, G. (2012), *Mechanical Properties of an Upgrading Cold-Mix Asphalt Using Waste Material*, Journal Of Material In Civil Engineering, American Society of Civil Engineering, Virginia.

Budianto, Herry (2009), *Menuju Jalan yang Andal*, Cakra Daya Sakti, Surabaya.

Direktorat Jenderal Bina Marga Departemen Pekerjaan Umum (1991), *SNI 06-2489-1991 Metode Pengujian Campuran Aspal Dengan Alat Marshall*, Pusjatan Balitbang PU, Bandung.

Direktorat Jenderal Bina Marga Departemen Pekerjaan Umum (1995), *Manual Pemeliharaan Rutin Untuk Jalan Nasional Dan Jalan Propinsi Jilid II : Metode Perbaikan Standar*, Direktorat Bina Teknik, Jakarta.

Direktorat Jenderal Bina Marga Departemen Pekerjaan Umum (1999), *Pedoman Pelaksanaan Campuran Beraspal Dingin Untuk Pemeliharaan*, PT. Mediatama Saptakarya, Jakarta

Direktorat Jenderal Bina Marga Departemen Pekerjaan Umum (2005), *Panduan Pemeliharaan Jalan*, Direktorat Jenderal Bina Marga Departemen Pekerjaan Umum, Jakarta.

Direktorat Jenderal Bina Marga Departemen Pekerjaan Umum (2006), *Pemanfaatan Asbuton Buku 5 Campuran Beraspal Dingin dengan Asbuton Butir Peremaja Emulsi*, Direktorat Jenderal Bina Marga Departemen Pekerjaan Umum, Jakarta.

Direktorat Jenderal Bina Marga Departemen Pekerjaan Umum (2008), *SNI 03-4799-2008 Spesifikasi Aspal Cair Tipe Penguapan Sedang*, Pusjatan Balitbang PU, Bandung.

Direktorat Jenderal Bina Marga Kementerian Pekerjaan Umum (2010), *Spesifikasi Umum Edisi 2010*, Direktorat Jenderal Bina Marga Kementerian Pekerjaan Umum, Jakarta.

Emrizal (2009), *Pemanfaatan Material Daur Ulang Aspal Beton untuk Material Aspal Beton Campuran Dingin Memakai Aspal Emulsi*, Tesis Magister, Universitas Sebelas Maret, Surakarta.

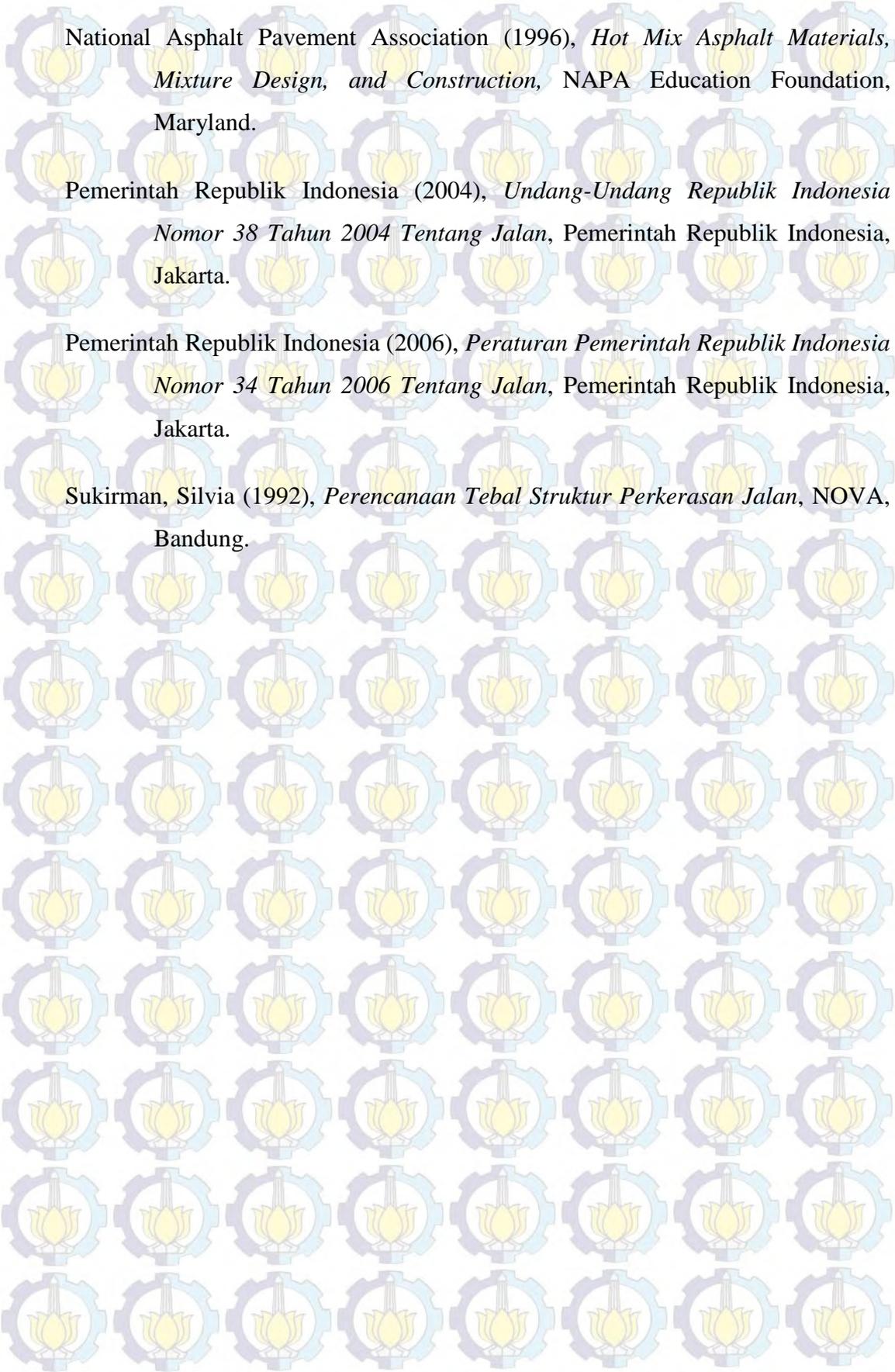
Falevi, Rizal (2013), *Optimalisasi Penggunaan Reclaimed Asphalt Pavement (RAP) Sebagai Bahan Campuran Beraspal Panas (Asphaltic Concrete) Tipe AC- Wearing Course (AC-WC) Gradasi Halus Dengan Menggunakan Aspal Pen 60-70 Terhadap Variasi Abrasi Dari Agregat Baru (Studi Kasus Jalan Nasional Pandaan-Malang)*, Tesis Magister, Institut Teknologi Sepuluh November, Surabaya.

Harahab, Syarifuddin (2013), *Optimalisasi Penggunaan Reclaimed Asphalt Pavement (RAP) Sebagai Bahan Campuran Beraspal Panas (Asphaltic Concrete) Tipe AC-Wearing Course (AC-WC) Gradasi Kasar Dengan Aspal Pen 60-70 Dan Aspal Modifikasi (Studi Kasus Jalan Nasional Pandaan – Malang Dan Jalan Nasional Pilang – Probolinggo)*, Tesis Magister, Institut Teknologi Sepuluh November, Surabaya.

Hassan, Rayya (2009), *Feasibility of Using High RAP Contents in Hot Mix Asphalt*, Swinburne University of Technology, Melbourne.

Kusmarini, Esti Peni (2012), *Analisis Penggunaan Reclaimed Asphalt Pavement (RAP) Sebagai Bahan Campuran Beraspal Panas (Asphaltic Concrete) Dengan Menggunakan Aspal Pen 60-70*, Tesis Magister, Institut Teknologi Sepuluh November, Surabaya.

Menteri Pekerjaan Umum (2011), *Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor : 13/PRT/M/2011 tentang Tata Cara Pemeliharaan Dan Penilikan Jalan*, Kementerian Pekerjaan Umum, Jakarta.



National Asphalt Pavement Association (1996), *Hot Mix Asphalt Materials, Mixture Design, and Construction*, NAPA Education Foundation, Maryland.

Pemerintah Republik Indonesia (2004), *Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 38 Tahun 2004 Tentang Jalan*, Pemerintah Republik Indonesia, Jakarta.

Pemerintah Republik Indonesia (2006), *Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 34 Tahun 2006 Tentang Jalan*, Pemerintah Republik Indonesia, Jakarta.

Sukirman, Silvia (1992), *Perencanaan Tebal Struktur Perkerasan Jalan*, NOVA, Bandung.

## BIOGRAFI PENULIS



Penulis bernama A. A. Gde Esa Aristadathu Sanjaya, putra pertama dari dua bersaudara, lahir di Bangli pada tanggal 26 April 1985.

Riwayat pendidikan dimulai dari SD No. 18 Dangin Puri, SMP Negeri 1 Denpasar, SMA Negeri 1 Denpasar, kemudian melanjutkan pendidikan pada program S1 Jurusan Teknik Sipil Universitas Udayana pada tahun 2003 dan lulus pada tahun 2007.

Setelah lulus S1, penulis pernah bekerja pada perusahaan kontraktor. Pada akhir tahun 2010 penulis diterima sebagai PNS pada Kementerian Pekerjaan Umum sampai dengan sekarang. Kemudian penulis mendapatkan tugas belajar di Program Magister (S2) Bidang Manajemen Aset Infrastruktur, Jurusan Teknik Sipil, Institut Teknologi Sepuluh November Surabaya pada awal tahun 2013.

Email : [jungesa2604@gmail.com](mailto:jungesa2604@gmail.com)