

**KAJIAN KUAT TEKAN TERHADAP KARAKTERISTIK ASPAL
BETON PADA CAMPURAN HANGAT DENGAN MODIFIKASI
AGREGAT BARU- RAP DAN ASPAL RESIDU OLI**

*The Study of Unconfined Compressive Strength of Characteristic Asphalt
Concrete Utilising RAP at Warm mixture Temperature with Asphalt Oil Residue
as Modification*

SKRIPSI

*Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar Sarjana Teknik,
Pada Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik,
Universitas Sebelas Maret
Surakarta*



Di Susun Oleh :

Eka Ambarwati

NIM. I 0105069

**JURUSAN TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SEBELAS MARET
SURAKARTA
2010**

LEMBAR PERSETUJUAN

KAJIAN KUAT TEKAN TERHADAP KARAKTERISTIK ASPAL BETON PADA CAMPURAN HANGAT DENGAN MODIFIKASI AGREGAT BARU- RAP DAN ASPAL RESIDU OLI

*The Study of Unconfined Compressive Strength of Characteristic Asphalt
Concrete Utilising RAP at Warm mixture Temperature with Asphalt Oil Residue
as Modification*



Disusun Oleh :

EKA AMBARWATI

NIM. I 0105069

*Telah disetujui untuk dipertahankan dihadapan Tim Penguji Pendaratan
Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret*

Persetujuan

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II

Ir. Ary Setyawan, M.Sc,Ph.D
NIP.19661204 199512 1 001

Ir. Djumari, MT
NIP.19571020 198702 1 001

**KAJIAN KUAT TEKAN TERHADAP KARAKTERISTIK
ASPAL BETON PADA CAMPURAN HANGAT DENGAN
MODIFIKASI AGREGAT BARU- RAP DAN ASPAL RESIDU
OLI**

*The Study of Unconfined Compressive Strength of Characteristic Asphalt
Concrete Utilising RAP at Warm mixture Temperature with Asphalt Oil Residue
as Modification*

SKRIPSI

Disusun Oleh :

EKA AMBARWATI

NIM. I 0105069

Telah dipertahankan dihadapan tim pengujian pendadaran Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret pada hari Jumat, 29 Januari 2010:

Ir. Ary Setyawan, M.Sc, Ph.D

NIP. 19661204 199512 1 001

.....

Ir. Djumari, MT

NIP.19571020 198702 1 001

.....

Ir. Djoko Santoso, MM

NIP. 19520919 198903 1 002

.....

S.J. Legowo, ST, MT

NIP. 19670413 199702 1 001

.....

Mengetahui
a.n. Dekan Fakultas Teknik UNS
Pembantu Dekan I

Disahkan,
Ketua Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik UNS

Ir. Noegroho Djarwanti, MT

NIP. 19561112 198403 2 007

Ir. Bambang Santosa, MT

NIP. 19590823 198601 1 001

KATA PENGANTAR

Puji Syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT karena atas segala limpahan rahmat dan hidayah-Nya maka penulis dapat menyelesaikan penyusunan tugas akhir ini.

Penyusunan tugas akhir ini merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar kesarjanaan S-1 pada Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Sebelas Maret Surakarta. Penulis mengambil tugas akhir dengan judul **“Karakter Kuat Tekan Aspal Beton pada Campuran Hangat dengan Modifikasi Agregat Baru-RAP dan Aspal Residu Oli,”**, yang bertujuan untuk mengetahui pola hubungan antara variasi residu oli dan suhu, kadar aspal dan kuat tekan bebas serta variasi residu oli dan kuat tekan bebas dari campuran hangat aspal beton modifikasi agregat baru- RAP dan residu oli. Penulis menyadari sepenuhnya bahwa tanpa bantuan dari berbagai pihak maka rasanya sulit mewujudkan laporan tugas akhir ini. Oleh karena itu, dalam kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terimakasih kepada :

1. Segenap pimpinan Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret Surakarta.
2. Segenap pimpinan Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Sebelas Maret Surakarta.
3. Ir. Ary Setyawan, MSc (Eng), PhD selaku dosen pembimbing I.
4. Ir. Djumari, MT selaku dosen pembimbing II.
5. Ir. Sofa Marwoto selaku dosen pembimbing akademis.
6. Tim penguji pada ujian pendadaran tugas akhir.
7. Mas Sigit serta segenap staf Laboratorium Jalan Raya pada Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Sebelas Maret Surakarta.
8. Segenap staf pengajar pada Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Sebelas Maret Surakarta.
9. Rekan-rekan satu kelompok tugas akhir (Meindiar, Malik dan Welly) serta rekan-rekan seperjuangan satu lab (Isti, Wardoyo, Wisnu, Bowo, Danar dan

Danang) terima kasih atas bantuan dan canda tawa kalian dari mulai masuk lab sampai skripsiku selesai.

10. Rekan-rekan sipil 2005 (rina, afi, wahyu dan budhi) yang telah memberi bantuan saat proses pembuatan benda uji di laboratorium.
11. Rekan-rekan mahasiswa Teknik Sipil angkatan 2005, serta seluruh mahasiswa Teknik Sipil Reguler 2004, 2006, 2007 dan 2008 yang tidak bisa disebutkan satu persatu terima kasih telah menjadi semangat dan pendukung selama kuliah.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih banyak kekurangan, oleh karena itu saran dan kritik yang membangun akan penulis terima dengan senang hati demi kesempurnaan penelitian selanjutnya.

Akhir kata semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi semua pihak pada umumnya dan penulis pada khususnya.

Surakarta, Januari 2010

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
MOTTO DAN PERSEMBAHAN.....	iii
ABSTRAK.....	iv
KATA PENGANTAR.....	vi
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiii
DAFTAR NOTASI DAN SIMBOL.....	xiv
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang.....	3
1.2. Rumusan Masalah.....	3
1.3. Batasan Masalah.....	4
1.4. Tujuan Penelitian.....	4
1.5. Manfaat Penelitian.....	
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI	5
2.1. Tinjauan Pustaka.....	8
2.2. Dasar Teori.....	8
2.2.1. Lapis Perkerasan Aspal Beton.....	8
2.2.2. Bahan Penyusun Perkerasan Jalan.....	8
2.2.2.1. Aspal Beton.....	12
2.2.2.2. Agregat.....	14
2.2.2.3. <i>Filler</i>	14
2.2.2.4. Residu Oli Bekas.....	16
2.2.3. Teknik Daur Ulang (<i>recycling</i>).....	21
2.2.4. Karakterisasi Campuran.....	21
2.2.4.1. Stabilitas.....	22

2.2.4.2. <i>Flow</i>	22
2.2.4.3. <i>Marshall Quotient</i>	22
2.2.4.4. <i>Skid Resistance</i>	23
2.2.4.5. Densitas.....	23
2.2.4.6. <i>Specific Gravity</i> Campuran.....	24
2.2.4.7. Porositas (VIM).....	24
2.2.4.8. Durabilitas.....	25
2.2.4.9. <i>Workability</i>	25
2.2.4.10. Fleksibilitas.....	25
2.2.4.11. Kuat Tekan.....	26
2.3. Pengujian Campuran Hangat Aspal Beton.....	26
2.3.1. Pengujian Volumetrik.....	26
2.3.2. Pengujian Penetrasi Dan Titik Lembek.....	27
2.3.3. Pengujian <i>Marshall</i>	27
2.3.3. Pengujian Kuat Tekan.....	28
2.4. Analisis Data.....	28
2.4.1. Analisis Regresi.....	30
2.4.2. Analisis Korelasi.....	32
2.5. Kerangka Pikir.....	
BAB 3. METODE PENELITIAN	34
3.1. Metode Penelitian.....	34
3.2. Tempat dan Waktu Penelitian.....	34
3.2.1. Waktu Penelitian.....	35
3.2.2. Tempat Penelitian.....	35
3.3. Teknik Pengumpulan Data.....	35
3.3.1. Data Primer.....	35
3.3.2. Data Sekunder.....	37
3.4. Bahan dan Peralatan Penelitian.....	37
3.4.1. Bahan.....	38
3.4.2. Peralatan.....	39
3.5. Benda Uji.....	39
3.5.1. Jumlah Benda Uji.....	40

3.5.2. Pembuatan Benda Uji.....	41
3.6. Pengujian Benda Uji.....	41
3.6.1. Pengujian Kuat Tekan.....	41
3.7. Alur Penelitian.....	
BAB 4. ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN	43
4.1. Hasil Pemeriksaan Bahan.....	43
4.1.1. Hasil Pemeriksaan Agregat Baru.....	44
4.1.2. Hasil Pemeriksaan RAP.....	45
4.1.3. Hasil Pemeriksaan Aspal.....	45
4.1.4. Perencanaan Campuran (<i>Mix Design</i>).....	46
4.1.5. Perhitungan Kebutuhan Material Dasar	49
4.2. Pembahasan Hasil Penelitian.....	
4.2.1. Pola Hubunganantara Variasi Residu Oli dengan Suhu Pencam- puran dan Pematatan Pada Campuran Hangat.....	49
4.2.2. Pola Hubungan antara Viskositas dengan Suhu pada Campuran Hangat dan Kandungan Residu Oli.....	52 54
4.2.3. Hasil Pengujian <i>Marshall</i>	55
4.2.4. Pola Hubungan Kandungan Bitumen dengan Kuat Tekan Bebas...	
4.2.5. Pola Hubungan Kandungan Bitumen Optimum dengan Kadar Residu Oli.....	62 64
4.2.6. Hubungan UCS dengan Kadar Residu Oli.....	
BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN	
5.1. Kesimpulan.....	67
5.2. Saran.....	68
DAFTAR PUSTAKA.....	xv
LAMPIRAN.....	xvi

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1. Persyaratan Aspal Keras Penetrasi 60/70.....	10
Tabel 2.2. Gradasi SNI.....	14
Tabel 3.1. Jadwal Pelaksanaan Penelitian.....	34
Tabel 3.2. Hasil Gradasi Ekstraksi RAP.....	36
Tabel 3.3. Hasil Pemeriksaan Gradasi RAP.....	36
Tabel 3.4. Gradasi Campuran Agregat Baru.....	37
Tabel 3.5. Kebutuhan Benda Uji.....	39
Tabel 3.6. Variasi Residu Oli pada Benda Uji.....	39
Tabel 3.7. Suhu Pematatan dan Pencampuran Berdasarkan BTDC.....	40
Tabel 4.1. Hasil Pemeriksaan Analisa Saringan Gradasi No.IV.....	44
Tabel 4.2. Hasil Pemeriksaan Aspal.....	45
Tabel 4.3. Perhitungan Kebutuhan Material Dasar Untuk Kandungan Bitumen 5,5%.....	47
Tabel 4.4. Perhitungan Kebutuhan Material Dasar Untuk Kandungan Bitumen 6%.....	47
Tabel 4.5. Perhitungan Kebutuhan Material Dasar Untuk Kandungan Bitumen 6,5%.	48
Tabel 4.6. Rekapitulasi Kebutuhan Bahan Dasar.....	48
Tabel.4.7 Data Uji Penetrasi dan Titik Lembek Aspal dengan Variasi Residu Oli	49
.Tabel.4.8. Suhu Pencampuran dan Pematatan Campuran Aspal dan Residu Oli	50
Tabel.4.9. Suhu Pencampuran dan Pematatan untuk Nilai Viskositas Ideal.....	53
Tabel.4.10. Perbandingan Hasil Uji <i>Marshall</i> AC dengan Campuran Residu Oli	54
Tabel.4.11. Hasil Perhitungan Kuat Tekan Bebas Kadar Residu Oli	55
Tabel.4.12. Rekapitulasi Hasil Perhitungan Kuat Tekan Bebas	57
Tabel.4.13 Tabel Hasil Regresi.....	59
Tabel.4.14. Nilai Kuat Tekan Bebas pada Kadar Aspal Optimum untuk Tiap Variasi Residu Oli.....	61
Tabel.4.15 Perhitungan Kadar Aspal Optimum untuk Aspal Residu.....	62

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1.	Diagram Proses Pengolahan Minyak Pelumas Bekas..... 16
Gambar 2.2.	Skema Kerangka Pikir Penelitian..... 32
Gambar 3.1.	Bagan Alir Tahap-tahap Metodologi Penelitian..... 42
Gambar 4.1.	Agregat Segar Yang Digunakan Dalam Penelitian..... 43
Gambar 4.2.	RAP..... 44
Gambar 4.3.	<i>Bitumen Test Data Chart</i> untuk Menentukan Suhu 50
Gambar 4.4.	Grafik Hubungan antara Variasi Residu Oli dengan Suhu Pencampuran 51
Gambar 4.5	Grafik Hubungan antara Variasi Residu Oli dengan Suhu Pematangan..... 51
Gambar 4.6.	<i>Bitumen Test Data Chart</i> untuk Menentukan Viskositas..... 53
Gambar 4.7	Grafik Hubungan Nilai Kandungan Bitumen terhadap Kuat Tekan Bebas dengan Kandungan Residu Oli 0%.....57.
Gambar 4.8	Grafik Hubungan Nilai Kandungan Bitumen terhadap Kuat Tekan Bebas dengan Kandungan Residu Oli 10%.....58.
Gambar 4.9	Grafik Hubungan Nilai Kandungan Bitumen terhadap. Kuat Tekan Bebas dengan Kandungan Residu Oli 20%.....58
Gambar4.10	Grafik Hubungan Nilai Kandungan Bitumen terhadap.UCS..... 59
Gambar4.11	Grafik Hubungan Nilai Kandungan Residu Oli terhadap <i>Optimum Bitumen Content</i> (OBC)..... 63
Gambar4.12	Perbandingan Kadar Aspal Optimum terhadap Kadar Residu Oli 64
Gambar4.13	Grafik Hubungan Nilai Kandungan Residu Oli terhadap <i>Optimum Bitumen Content</i> (OBC)..... 65
Gambar4.14	Perbandingan Kadar Aspal Optimum terhadap Kadar Residu Oli 66

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Pertimbangan ekonomi dan lingkungan telah mendorong daur ulang dari baja, aluminium, plastik dan material lain. Teknologi daur ulang di bidang konstruksi sudah mulai diterapkan di benua Amerika (USA) dan Eropa sejak tahun 1962 yang kemudian disusul oleh Asia khususnya Jepang pada sekitar tahun 1982. Sedangkan Indonesia mulai melakukan studi atau pengkajian tentang potensi penerapan teknik daur ulang di bidang konstruksi jalan pada tahun 1985.

Penelitian-penelitian menyangkut perkerasan jalan raya dengan menggunakan bahan daur ulang telah banyak berkembang. Contohnya seperti penggunaan serbuk ban karet, fly ash, aspal daur ulang (RAP), dan residu oli bekas sebagai campuran dalam perkerasan jalan. Namun sebelum dikeluarkan ke publik, penemuan-pemuan tersebut harus diuji sesuai standar yang ditetapkan Dinas Pekerjaan Umum (DPU).. Salah satunya pengujian kuat tekan *bebas (Unconfined Compressive Strength)*. Pengujian ini dilakukan dengan maksud mengetahui seberapa besar kekuatan daya dukung benda uji terhadap deformasi atau tekanan jika diaplikasi ke lapangan. Karena bila dirunut, banyak kondisi jalan yang rusak diakibatkan rapuhnya konstruksi jalan akibat tidak sesuai standar yang ditentukan. Oleh karena itu pengujian beban tekan pada penelitian ini perlu dilakukan.

Penelitian ini lebih difokuskan dengan menggunakan bahan daur ulang mengingat pertimbangan ekonomi dan lingkungan. Teknik

daur ulang konstruksi jalan (perkerasan) itu sendiri adalah pengolahan dan penggunaan kembali konstruksi perkerasan lama (*eksisting*), baik dengan ataupun tanpa tambahan bahan baru, untuk keperluan pemeliharaan, perbaikan maupun peningkatan konstruksi perkerasan jalan. Penelitian menggunakan *Reclimed Asphalt Pavement* sebagai bahan tambahan agregat dan Minyak Pelumas Bekas (MPB).

Reclaimed Asphalt Pavement (RAP) merupakan sisa dari lapis permukaan jalan yang sudah tidak terpakai, cara mendapatkannya adalah dengan mengeruk lapis perkerasan jalan yang lama dengan menggunakan alat penggaruk aspal (*milling*). *Reclaimed Asphalt Pavement* (RAP) masih terselimuti oleh kandungan aspal. Hal ini dapat menguntungkan karena kandungan aspal dapat diolah kembali sehingga menghemat penggunaan bitumen pada campuran. Penelitian ini menggunakan kandungan 30% *Reclaimed Asphalt Pavement* (RAP) untuk mendapatkan nilai gradasi campuran. (Hengky, 2009)

Bahan daur ulang lainnya yaitu Minyak Pelumas Bekas (MPB) sebagai bahan tambahan campuran aspal untuk menghemat penggunaan aspal. Variasi residu oli didapat dari hasil uji penetrasi dan uji titik lembek yang kemudian hasil keduanya diplotkan pada *Bitument Test Data Chart*.

Pencampuran dilakukan pada suhu di bawah temperatur normal *Hot Mix Asphalt* atau berkisar dibawah suhu 300 F. Pada penelitian sebelumnya (Hadsari, 2009), pencampuran dilakukan hingga temperatur 180°C (*Hot Mix Asphalt*). Namun hal tersebut tidak efektif karena pada suhu pencampuran 60°C aspal dengan residu oli sudah dapat menyelimuti agregat dengan sempurna sehingga pada penelitian ini dilakukan pencampuran dengan suhu di bawah 180°C (*Warm Mix Asphalt*).

Penelitian ini menggunakan *asphalt concrete* (AC) karena sebagian besar pembangunan jalan di Indonesia menggunakan *asphalt concrete* (AC), sehingga jumlah limbah AC pun juga banyak. *Asphalt concrete* (AC) adalah suatu lapisan pada konstruksi jalan raya, yang terdiri dari campuran aspal keras dan agregat yang bergradasi menerus (*Well Graded*), dicampur, dihampar, dan dipadatkan secara panas dalam suhu tertentu. Jenis agregat yang digunakan terdiri dari agregat kasar, agregat halus dan butiran pengisi (*filler*).

1.2. Rumusan Masalah

Dari sekilas uraian latar belakang masalah diatas, maka dapat dirumuskan permasalahan yang akan diteliti sebagai berikut:

1. Bagaimana pola hubungan antara variasi residu oli dengan suhu pada campuran hangat?
2. Bagaimana pola hubungan antara kadar aspal dengan kuat tekan bebas dan kadar aspal optimum untuk mendapatkan nilai kuat tekan bebas maksimum pada campuran *asphalt concrete recycle* dengan variasi residu oli?
3. Bagaimana pola hubungan antara kadar residu oli dengan kuat tekan bebas?

1.3. Batasan Masalah

Batasan masalah yang diambil penulis pada penyusunan skripsi ini sebagai berikut:

1. Material yang digunakan yaitu aspal (*residu*) yang didapat

- dari hasil proses daur ulang MPB (*Minyak Pelumas Bekas*).
2. Aspal yang digunakan adalah jenis aspal keras pen 60/70.
 3. Agregat yang digunakan diperoleh dari Laboratorium Jalan Raya Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret Surakarta.
 4. Diadakan pencampuran aspal (*residu*) dengan aspal 60/70 pertamina .
 5. Diadakan pengujian marshall.
 6. Kuat tekan pada campuran baru dengan kandungan aspal (*residu*).
 7. Perubahan kimiawi yang terjadi tidak ditinjau.
 8. Tinjauan terhadap karakteristik campuran terbatas pada pengamatan terhadap hasil pengujian kuat tekan.
 9. Data-data yang digunakan adalah data primer dan sekunder.
 10. Penelitian ini hanya sebatas penerapan di laboratorium.
 11. Batasan-batasan masalah yang lain yang belum disebutkan tetapi diperlukan dalam pembahasan akan disebutkan dalam bab terkait.

1.4. Tujuan Dan Manfaat Penelitian

1.4.1. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut .:

1. Mengetahui pola hubungan antara variasi residu oli dengan suhu pada campuran hangat.
2. Mengetahui pola hubungan antara kadar aspal dengan kuat tekan bebas dan kadar aspal optimum untuk mendapatkan nilai kuat tekan bebas maksimum pada campuran *asphalt concrete recycle* dengan variasi residu oli.
3. Mengetahui pola hubungan antara kadar residu oli dengan kuat tekan bebas.

1.4.2. Manfaat Penelitian

Teoritis :

Usaha pemanfaatan bahan terbuang menjadi bahan yang berguna sehingga dapat memberikan kontribusi ilmiah pengembangan ilmu pengetahuan dalam bidang Rekayasa Jalan Raya.

Praktis :

- Menambah alternatif pilihan penggunaan bahan perkerasan yang lebih ekonomis dan ramah lingkungan.
- Mengatasi masalah limbah aspal terhadap lingkungan.
- Mengatasi terus meningkatnya elevasi jalan akibat penambahan lapisan
- Mengurangi emisi gas pembuangan dari bahan bakar akibat pemanasan temperature yang tidak terlalu lama dan tinggi.

BAB 2

LANDASAN TEORI

2.1 Tinjauan Pustaka

Perkerasan jalan merupakan lapisan konstruksi yang diletakkan diatas tanah dasar (subgrade) yang telah mengalami pemadatan dan mempunyai fungsi untuk mendukung beban lalu lintas yang kemudian menyebarkannya 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 (Silvia Sukirman, 1992).

Asphalt concrete salah satu jenis perkerasan lentur yang umum digunakan di Indonesia, merupakan suatu lapisan pada jalan raya yang terdiri dari campuran aspal keras dan agregat yang bergradasi menerus dicampur, dihamparkan dan dipadatkan dalam keadaan panas pada suhu tertentu. Pembuatan Lapis Aspal Beton (LASTON) dimaksudkan untuk mendapatkan suatu lapisan permukaan atau lapis antara (binder) pada perkerasan jalan yang mampu memberikan sumbangan daya dukung yang terukur serta berfungsi sebagai lapisan kedap air yang dapat melindungi konstruksi dibawahnya (Bina Marga, 1987).

Pemeliharaan jalan didefinisikan sebagai fungsi pelayanan, perbaikan dan pemulihan jalan dan menjaga jalan dalam kondisi yang aman, nyaman, dan ekonomis selama pelayanannya. Tidak

termasuk dalam pemeliharaan adalah aktivitas pembangunan kembali (rekonstruksi) dan rehabilitasi yang lebih besar (*major rehabilitation*). Meskipun dilaksanakan usaha pemeliharaan yang hati-hati dan mantap, kemampuan pelayanan (*serviceability*) jalan akan tetap mengalami kemunduran, sehingga ada saatnya jalan memerlukan rehabilitasi yang besar. (Wright dan Pequette, 1979).

Umur pelayanan perkerasan beraspal tergantung pada beberapa faktor antara lain jumlah dan berat beban lalu lintas, cuaca, kualitas material, kekuatan sub grade, drainase serta kualitas struktur lapis keras itu sendiri. Pemeliharaan yang tepat pada waktunya akan dapat memperpanjang umur pelayanan lapis keras. (*the Asphalt Institute, MS-20, 1981*)

Alternatif rehabilitasi perkerasan jalan adalah dengan overlay, daur ulang dan rekonstruksi. Dalam proses daur ulang, material dari perkerasan lama atau lebih dikenal dengan *Reclaimed Asphalt Pavement* (RAP) dapat digunakan sebagian atau keseluruhan dalam konstruksi perkerasan yang baru. Beberapa manfaat penggunaan RAP ialah : menghemat energi, menjaga keseimbangan lingkungan, mengurangi biaya konstruksi, dan melindungi agregat dan bahan pengikat pada perkerasan yang lama. Kerusakan berupa retak dapat diminimalkan pada penggunaan campuran RAP ini. (Aravind dan Animesh, 2006).

Aspal residu atau *Petroleum asphalt* yaitu aspal yang didapat dari proses penyulingan *Petroleum Oil*. Selama proses pengikatan antar agregat berlangsung, senyawa-senyawa di dalamnya menguap sehingga yang tertinggal adalah aspal dan dapat berlaku sebagai pengikat antar agregat. Aspal residu ini berwarna hitam kental dan biasa digunakan dalam konstruksi

perkerasan jalan. (Road Techniques, 1983). Residu oli yang digunakan dalam penelitian ini merupakan residu dari proses pengolahan minyak pelumas bekas, mempunyai viskositas rata-rata per hari 200 dan specific gravity 0,97. (Wiraswasta Gemilang Indonesia, 2008)

Pengujian pencampuran antara bitumen (*aphalt concrete*) dan Residu Oli Bekas (ROB) dengan variasi suhu dilakukan untuk mendapatkan hasil viskositas pencampuran optimum. Oleh karena itu diperlukan hasil pengujian penetrasi dan titik lembek untuk mendapatkan besar suhu pencampuran dan pemadatan. Suhu yang digunakan berada pada kisaran di bawah 300 F (campuran hangat). Hal ini berdasarkan penelitian sebelumnya (Vienti Hadsari, 2009), bahwa pada suhu 60°C aspal dan residu oli sudah dapat menyelimuti agregat dengan sempurna.

... Traditional hot mix asphalt (HMA) is produced in either batch or drum plants at a discharge temperature between 280°F (138°C) and 320°F (160°C). The amount of fuel consumed is relatively large due to the continuous heating of aggregate, thus increasing the energy costs and production of greenhouse gasses. Warm mix asphalt (WMA), a new paving technology that originated in Europe, appears to allow a reduction in the temperature at which asphalt mixed are produced and placed. To be practical, WMA production must use existing HMA plants, specifications, and standards. The current focus is on dense graded mixes for wearing courses. WMA allows the asphalt mixture to be compacted at a temperature range of 250°F (121°C) to 275°F (135°C)... (Goh et.al ; 2007)

Goals for Warm Mix Asphalt (WMA) include use of existing HMA plants, and existing standards of the HMA specification,

and focus on dense graded mixes for wearing courses. Europeans are using WMA technologies, which allow significant reduction in temperatures when asphalt mixes are produced and placed. A typical compaction temperature range is 121 to 135 °C (250 to 275 °F). (Goh dan You, 2008)

Unconfined Compressive Strength adalah pengujian secara tidak langsung untuk menentukan besarnya kekuatan tekan bebas pada suatu campuran perkerasan. Pengujian ini dilakukan dengan alat uji dimana pembebanan berupa plat yang rata dan diberikan penekanan secara aksila atau tegak lurus dengan arah pemadatan. Kekuatan tekan bebas adalah besarnya beban aksial persatuan luas pada benda uji mengalami keruntuhan atau regangan aksialnya mencapai 20 %. (Esghier, 1984).

Kuat tekan aspal tanpa menggunakan campuran nilainya lebih tinggi bila dibandingkan campuran aspal menggunakan penambahan kadar RAP. Hal ini disebabkan karena dengan penambahan RAP kekuatan campuran semakin rendah karena RAP telah mengalami penurunan kualitas, jadi bila aspal menggunakan campuran RAP, campuran akan menjadi lebih getas dan mudah retak. (Nanang, 2009).

2.2 Dasar Teori

2.2.1 Lapis Perkerasan Aspal Beton

Lapisan perkerasan adalah adalah suatu lapisan yang terletak di atas tanah dasar yang telah dipersiapkan dengan pemadatan dan berfungsi sebagai pemikul beban di atasnya dan kemudian disebarkan ke badan jalan (tanah dasar).

Lapis aspal beton adalah suatu lapisan pada konstruksi jalan raya, yang terdiri dari campuran aspal keras dan agregat yang bergradasi menerus (*well Graded*) dicampur, dihampar, dan dipadatkan dalam keadaan panas pada suhu tertentu. Jenis agregat yang digunakan terdiri dari agregat kasar, agregat halus dan *filler*, sedangkan aspal yang digunakan sebagai bahan pengikat untuk lapis aspal beton harus terdiri dari salah satu aspal keras penetrasi 60/70 atau 80/100 yang seragam, tidak mengandung air, bila dipanaskan sampai suhu 175°C tidak berbusa dan memenuhi persyaratan sesuai dengan yang ditetapkan (Bina Marga, 1987)

2.2.2 Bahan penyusun perkerasan jalan

2.2.2.1 Aspal Beton

Aspal merupakan unsur *hydrocarbon* yang kompleks yang dapat dikategorikan sebagai : *Asphaltenees* dan *Maltenes*. Aspal adalah material berwarna hitam atau coklat tua, dimana pada suhu ruang berbentuk padat, bila dipanaskan sampai pada temperatur tertentu akan berbentuk cair, dan saat temperatur turun akan kembali mengeras. Pada saat panas aspal membungkus agregat dan akan mengikat agregat pada tempatnya saat temperatur turun (*termoplastis*).

Aspal beton sebagai lapis pondasi atas memiliki fungsi sebagai lapis pembentuk pondasi, jika dipergunakan pada pekerjaan peningkatan atau pemeliharaan. Sesuai fungsi tersebut, kandungan agregat dan aspal yang dimilikinya pun berbeda. Sebagai lapis aus, maka kadar aspal yang dikandungnya haruslah cukup sehingga dapat memberikan lapis yang kedap air. Agregat yang dipergunakan lebih halus dibandingkan dengan aspal beton

yang berfungsi sebagai lapis pondasi.

Disamping sebagai bahan pengikat, aspal juga menjadi bahan pengisi pada rongga-rongga dalam campuran. Dalam campuran Aspal Beton (LASTON) yang banyak memakai agregat kasar, penggunaan kadar aspal menjadi sangat tinggi karena aspal disini berfungsi untuk mengisi rongga – rongga antar agregat dalam campuran. Kadar aspal yang tinggi menyebabkan campuran Aspal Beton (LASTON) memerlukan kadar aspal yang tinggi pula. Untuk mengantisipasi kadar aspal yang tinggi digunakan aspal dengan mutu baik, dengan tujuan memperbaiki kondisi campuran.

Aspal yang dipakai harus memiliki syarat – syarat sebagai berikut:

a. Daya tahan (*durability*)

Daya tahan aspal adalah kemampuan aspal untuk mempertahankan sifat asalnya akibat pengaruh cuaca selama masa umur pelayanan.

b. Adhesi dan kohesi

Adhesi adalah kemampuan aspal untuk mengikat agregat sehingga dihasilkan ikatan yang baik antara agregat dan aspal. Kohesi adalah ikatan didalam molekul aspal untuk tetap mempertahankan agregat tetap di tempatnya setelah terjadi pengikatan.

c. Kepekaan terhadap temperatur

Aspal adalah material yang bersifat termoplastis, berarti akan menjadi keras atau lebih kental jika temperatur berkurang dan akan melunak atau mencair jika temperatur bertambah. Sifat ini diperlukan agar aspal memiliki ketahanan terhadap perubahan temperatur, misalnya aspal tidak banyak berubah akibat perubahan cuaca, sehingga kondisi permukaan jalan dapat memenuhi kebutuhan lalu lintas serta tahan lama.

d. Kekerasan aspal

Pada proses pencampuran aspal dengan agregat dan penyemprotan aspal ke permukaan agregat terjadi oksidasi yang menyebabkan aspal menjadi getas atau viskositas bertambah tinggi. Peristiwa perapuhan terus terjadi setelah masa pelaksanaan selesai. Selama masa pelayanan, aspal mengalami oksidasi dan polimerasi yang besarnya dipengaruhi oleh aspal yang menyelimuti agregat. Semakin tipis lapisan aspal, semakin besar tingkat kerapuhan aspal yang terjadi dan demikian juga sebaliknya.

Berdasarkan cara diperolehnya aspal dapat dibedakan menjadi beberapa jenis yaitu :

1. Aspal alam, dibedakan menjadi dua, yaitu :
 - ❖ Aspal gunung (*rock asphalt*).
 - ❖ Aspal danau (*lake asphalt*).
2. Aspal buatan, yaitu :
 - ❖ Aspal minyak, merupakan hasil penyulingan minyak bumi.
 - ❖ Tar, merupakan hasil penyulingan batu bara.

Aspal yang digunakan dalam penelitian ini adalah aspal padat atau keras dengan penetrasi 60/70 dan mempunyai nilai karakteristik yang telah memenuhi persyaratan yang ditetapkan Bina Marga. Untuk lebih jelasnya berikut ditampilkan tabel persyaratan aspal keras penetrasi 60/70 sesuai dengan Revisi SNI 03-1737-1989.

Tabel 2.1. Persyaratan Aspal Keras Penetrasi 60/70

No.	Jenis Pengujian	Metode
1.	Penetrasi, 25 ⁰ C; 100 gr; 5 detik; 0,1 mm	SNI 06-2456-1

2.	Titik lembek, ⁰ C	SNI 06-2434-1991	48-58
3.	Titik nyala, ⁰ C	SNI 06-2433-1991	Min. 200
4.	Daktalitas 25 ⁰ C, cm	SNI 06-2432-1991	Min. 100
5.	Berat jenis	SNI 06-2441-1991	Min. 1,0
6.	Kelarutan dalam trichlor etylen, % berat	RSNI M -04-2004	Min. 99

Tabel 2.1 (lanjutan)

No.	Jenis Pengujian	Metode
7.	Penurunan berat (dengan TFOT), % berat	SNI 06-2440-1
8.	Penetrasi setelah penurunan berat, % asli	SNI 06-2456-1
9.	Daktalitas setelah penurunan berat, % asli	SNI 06-2432-1
10.	Uji noda aspal - Standar naptha - Naptha xylene - Hapthane xylene	SNI 03-6885-2

Sumber : * Petunjuk Pelaksanaan Lapis Aspal Beton untuk Jalan Raya.

Jenis aspal berdasarkan bahan dasar dibagi menjadi 3 (tiga) macam, yaitu :

1. Aspal Panas

Pada suhu ruang berbentuk padat, dan pengelompokannya berdasarkan nilai penetrasinya.

2. Aspal Emulsi

Merupakan campuran air dengan emulsifier. Yang menentukan sifat aspal emulsi yaitu emulsifiernya.

3. Aspal Cair

Merupakan campuran aspal cair dengan bahan pencair hasil penyulingan minyak bumi.

Ciri - ciri yang dimiliki oleh aspal beton antara lain :

1. Memiliki gradasi yang baik (*well gradation*) atau gradasi

rapat (*dense grade*), yaitu antara campuran agregat kasar dan halus memiliki porsi yang berimbang.

2. Memiliki stabilitas yang tinggi, mampu menerima beban lalu lintas tanpa terjadi perubahan bentuk tetap seperti gelombang, alur dan *bleeding*.
3. Memiliki keawatan (durabilitas) dan kedap air serta bebas dari material yang lepas serta permukaan yang tajam.
4. Ekonomis dalam pemeliharaan.

Berdasarkan tipe gradasi dari aspal beton yang memiliki gradasi rapat dimana semua fraksi agregat mulai dari yang kasar sampai yang halus tersedia dalam penelitian ini menggunakan gradasi no.IV dengan Standar Nasional Indonesia menurut Dirjen Bina Marga tahun 1989.

2.2.2.2 Agregat

Agregat adalah bahan penyusun utama dalam perkerasan jalan. Mutu dari agregat akan sangat menentukan mutu dari perkerasan yang akan dihasilkan. Pengawasan terhadap mutu agregat dapat dilakukan dengan pengujian di laboratorium.

Agregat didefinisikan sebagai batu pecah, kerikil, pasir atau komposisi mineral lainnya, baik yang berupa hasil pengolahan (penyaringan, pemecahan) yang merupakan bahan baku utama konstruksi perkerasan jalan. Pada perkerasan aspal beton yang dibuat melalui proses pencampuran panas, agregat mengisi 95% berat campuran atau 75-85% volume campuran. Oleh karena itu perlu diperhatikan dengan baik kualitas agregat yang akan dipakai, yaitu dengan memperhatikan sifat – sifat dari agregat tersebut seperti gradasi dan ukuran butir, kebersihan, bentuk dan tekstur permukaan, kekuatan dan porositas. Diperlukan pemeriksaan laboratorium mengenai mutu dari agregat itu

sendiri.

Menurut proses pengolahannya agregat dapat dibagi menjadi 3 (tiga), yaitu :

1. Agregat Alam (*Natural Aggregate*)

Agregat yang dapat diambil langsung oleh alam tanpa proses pengolahan dan dapat langsung dipakai sebagai bahan perkerasan jalan. Agregat alam yang banyak digunakan sebagai bahan penyusun perkerasan adalah kerikil dan pasir.

2. Agregat dengan Pengolahan

Agregat yang berasal dari mesin pemecah batu. Pengolahan ini bertujuan untuk memperbaiki gradasi agar sesuai dengan ukuran yang diperlukan, membentuk bentuk yang bersudut dan bertekstur kasar.

3. Agregat Buatan

Agregat ini dibuat dengan alasan khusus, yaitu agar mempunyai daya tahan tinggi dan ringan untuk digunakan pada konstruksi jalan.

Menurut ukuran agregat dapat dibagi menjadi 3 (tiga), yaitu :

1. Agregat Kasar (*Coarse Aggregate*)

Adalah agregat yang tidak lolos saringan 2,36 mm.

2. Agregat Halus (*Fine Aggregate*)

Adalah agregat yang lolos saringan 2,36 mm dan tertahan saringan No. 200.

3. *Filler*

Adalah bagian dari agregat yang lolos saringan No. 200 (<75

μm).

Agregat yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari 2 komposisi yaitu dengan menggunakan Agregat Segar (*Fresh Aggregate*) dan RAP (*Reclaimed Asphalt Pavement*) dengan perbandingan 70% Agregat Segar dan 30% RAP. Komposisi RAP 30% tersebut di dapat dari nilai paling optimum, yaitu dari penelitian sebelumnya (*Hengki,2008*).

Sifat agregat memberikan pengaruh yang penting pada campuran aspal beton. Sifat agregat tersebut antara lain adalah gradasi. Gradasi adalah pembagian ukuran agregat. Gradasi agregat dapat dibedakan menjadi 3 (tiga) macam, yaitu :

1. Gradasi Seragam (*Uniform Gradation*)

Adalah gradasi dengan ukuran butir yang hampir sama.

2. Gradasi Baik (*Well Gradation*)

Adalah agregat dengan ukuran butir dari besar ke kecil dengan porsi yang hampir seimbang.

3. Gradasi Senjang (*Gap Gradation*)

Adalah gradasi dimana ada bagian tertentu yang dihilangkan sebagian.

Penelitian ini menggunakan tipe gradasi no IV seperti pada tabel 2.2 sesuai dengan Standar Nasional Indonesia menurut Dirjen Bina Marga tahun 1989.

Tabel 2.2 Gradasi SNI (Standar Nasional Indonesia).

Diameter Saringan (mm)	19,1	12,7	9,52	4,76	2,38	0,59
% Lolos Saringan	100	80-100	70-90	50-70	35-50	18-2

Sumber : Bina Marga (1989).

2.2.2.3 Filler

Filler adalah agregat yang lolos saringan no 200, bersifat non plastis. *Filler* bersifat mendukung agregat kasar bersama dengan agregat halus dan binder. *Filler* dapat memperluas bidang kontak yang ditimbulkan butiran, sehingga mengakibatkan tahanan terhadap gaya geser bertambah.

Syarat umum filler adalah :

- Lolos saringan no. 200 (75 μm)
- Bersifat non plastis
- Mempunyai spesifik gravity $\geq 2,75$

Menurut Bina Marga tahun 1987 macam dari *filler* adalah abu batu, abu batu kapur (*limestone dust*), abu terbang (*fly ash*), semen portland, kapur padam dan bahan non plastis lainnya. Untuk penelitian ini *filler* yang digunakan adalah abu batu.

2.2.2.4 Residu Oli Bekas (ROB)

Residu oli yang digunakan dalam penelitian ini merupakan residu hasil dari proses pemurnian minyak pelumas bekas, dalam hal ini residu oli mempunyai nilai viskositas rata-rata produksi perhari 200 Pa.s dan spesifik gravity 0.97 gr/cm³ dengan suhu pemanasan 300⁰ C, (PT. Wiraswata Gemilang Indonesia, 2008).

Sebelum digunakan, minyak pelumas bekas terlebih dahulu diolah untuk diperoleh residu oli yang nantinya akan digunakan sebagai bahan pengikat. Prosesnya yaitu antara lain:

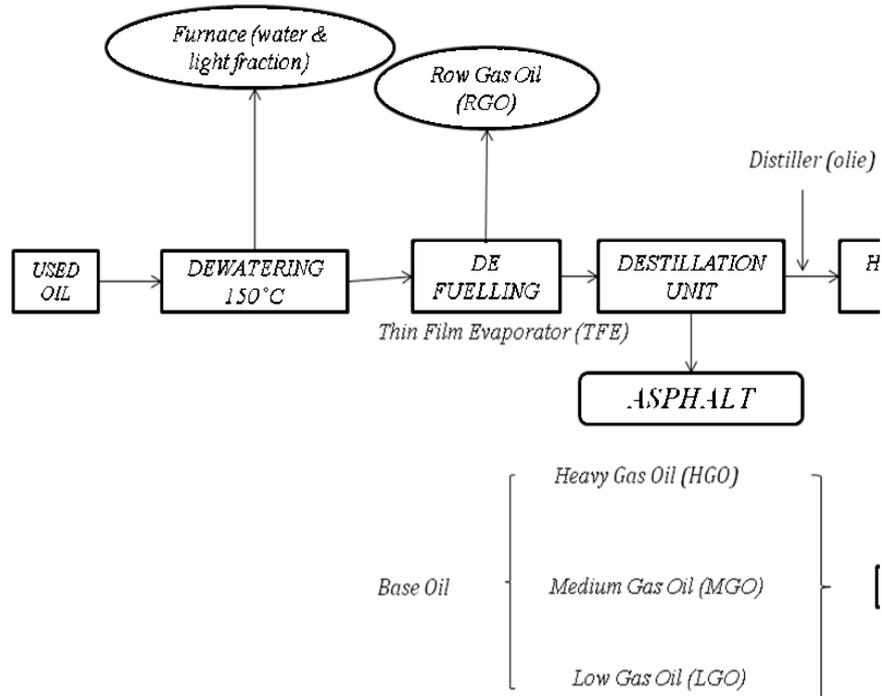
- 1) Minyak pelumas bekas (oli bekas) diproses untuk menghilangkan kadar air yang terkandung dalam oli bekas tersebut. Pada proses ini disebut dengan dewatering.
- 2) Proses selanjutnya adalah de fuelling yang bertujuan untuk menghilangkan bahan bakar yang mungkin terkandung

didalamnya, (seperti solar, bensin). Dari proses de fuelling, oli olahan dimasukkan dalam distilasi unit dan hidro finishing unit. Dari proses distilasi unit ini masuk pada proses TFE (Thin Film Evaporation) yang kemudian diperoleh hasil berupa residu oli yang berwarna hitam pekat dimana nilai kadar C (carbon) lebih banyak dibandingkan dengan aspal cair lainnya. Dari proses inilah yang nantinya digunakan peneliti sebagai campuran bahan pengikat pada campuran asphalt concrete.

Dari proses hidro finishing unit yang melalui proses distiler oil terlebih dahulu yang kemudian dihasilkan oli murni yang nantinya akan digunakan untuk proses selanjutnya yaitu perolehan minyak pelumas yang baru.

3) Distilasi adalah proses terakhir dari pemurnian oli yang menghasilkan heavy base oil, medium base oil, low gas oil yang digunakan sebagai base oil untuk campuran utama pembuatan oli baru.

Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada diagram di bawah ini:



Gambar 2.1. Diagram Proses Pengolahan Minyak Pelumas Bekas
 Sumber : (PT. Wiraswasta Gemilang Indonesia, Bekasi 2008)

Komposisi kandungan residu oli yang didapat terdiri dari 75-80% stok minyak dasar, 5-10% bahan bakar, 1% kotoran, 10-20% zat adiktif, 5-10% air. Dari unsur kandungan tersebut bercampur menjadi satu dan untuk memperoleh *base oil* harus dilakukan proses pemurnian oli bekas dengan menambahkan zat adiktif yang kemudian dari proses pemurnian tersebut dihasilkan sisa daur ulang yang berupa residu oli yang digunakan dalam penelitian ini sebagai bahan pengikat pada aspal beton.

(Anonim, tersedia di: <http://www.sequoia-global.com>)

2.2.3 Teknik Daur Ulang (*recycling*)

Pada dasarnya perkerasan dapat dibuat dari bahan – bahan bangunan umum yang biasa dipakai. Untuk penghematan bahan dan energi maka daur ulang (*recycling*) menjadi suatu pilihan yang menarik untuk merehabilitasi perkerasan.

Recycling aspal merupakan sisa dari lapis permukaan jalan yang sudah tidak terpakai, cara mendapatkannya adalah dengan cara mengeruk lapis perkerasan jalan yang lama dengan menggunakan alat penggaruk aspal yang dinamakan alat *milling*. (Balitbang, 2006). Metode daur ulang limbah aspal merupakan salah satu cara alternatif untuk meningkatkan keefektifan buangan limbah tersebut hal ini dikarenakan didalam *recycling* aspal terdapat sisa zat perekat sehingga jika di daur ulang dan ditunjang dengan peralatan yang memadai akan menghasilkan bahan campuran yang nilai strukturnya dapat mengimbangi campuran yang baru dan lebih bermanfaat.

Beberapa pertimbangan yang menjadikan teknik daur ulang (*recycle*) sebagai pilihan dan pertimbangan yakni antara lain: terjadi peningkatan dari campuran konstruksi aslinya (lama): dimungkinkan untuk mengubah *non full depth asphalt pavement* ke *full depth*: dari beberapa keuntungan lain dari segi penghematan penggunaan sumber daya alam, ekonomi, ekologi dan penghematan energy.

Dari pertimbangan-pertimbangan dan pilihan sebagaimana dikemukakan di atas, tersirat beberapa keuntungan dari daur ulang aspal sebagai berikut:

- Terjadinya peningkatan nilai struktur yang cukup berarti
- Terjadinya perbaikan (koreksi) lapis permukaan dan pondasi lama yang kurang sempurna
- Penyimpangan atau ketidaksempurnaan komposisi campuran terkoreksi
- Problem yang dihadapi lebih sedikit.

Metode daur ulang aspal yang umum dipakai dalam konstruksi

jalan bila ditinjau dari penggunaan peralatan ada 2 macam yaitu :

1. Teknik daur ulang ditempat , *in-situ recycling*

Yang dimaksud dengan daur ulang pencampuran di tempat atau *in situ recycle* adalah daur ulang yang proses pengupasan, pencampuran dan penggelaran serta pemadatan dilakukan di tempat yang sama atau tempat asalnya. Pada teknik ini digunakan *in-situ recycling machine*. Pemanasan lapis perkerasan, pembongkaran, penggemburan lapis lama, penambahan bahan baru (agregat, aspal dan bahan peremaja) pencampuran, serta perataan dilakukan oleh satu unit peralatan yang terdiri dari :

Pemanas lapis permukaan perkerasan (*road preheater*)

- ❖ Alat bongkar lapis perkerasan (*hot milling*)
- ❖ Alat pencampur bahan lama dengan bahan baru (*pugmill mixer*)
- ❖ Alat penghampar (*paver/finisher*)
- ❖ Alat perata dan pemadat (*compacting screed*)

Adapun tujuan dan manfaat daur ulang di tempat (*in situ*) adalah:

- Mengurangi retak refleksi
- Memberikan ikatan antara perkerasan lama dengan *overlay* (hamparan daur ulang)
- Transisi antara hamparan daur ulang dengan tali air atau jembatan dapat dipertahankan
- Mengurangi kekasaran setempat akibat pemadatan
- Menghilangkan kerusakan-kerusakan setempat seperti deformasi, lepas, gelombang (*corrugation*), meleleh (*flushing*), alur (*rutting*) dll.
- Memperbaiki *skid resistance* (kekesatan).
- Memperbaiki struktur perkerasan.

Sedangkan keterbatasan recycling *in situ* antara lain:

- Perbaikan struktur terbatas

- *Heater-scarifier* dan *heater-planing* mempunyai efektivitas terbatas pada perkerasan yang terlalu kasar.
- Menimbulkan polusi udara dan kerusakan tanaman di sekitar jalan yang di daur ulang
- Proses pencampuran agregat yang mempunyai ukuran lebih dari 2,5 cm sering mengalami kesulitan
- Mutu tidak sebaik *central mix*
- Gangguan terhadap lalu lintas lebih besar.

In situ recycling diutamakan untuk pekerjaan *surface recycling* (daur ulang lapis permukaan) dikarenakan adanya keterbatasan ketebalan, efektivitas *heater*, efektivitas pencampuran dan lain-lain.

2. Teknik daur ulang in-plant recycling

Pada teknik ini, material bongkaran jalan lama hasil penggarukan dengan menggunakan alat penggaruk (*milling*) diangkut ke unit pencampur aspal (AMP) tipe *Bach* atau *Continuous*, yang telah dimodifikasi. Didalam unit pencampur ini material bongkaran tersebut dicampur dengan material baru yaitu agregat, aspal dan bahan peremaja bila diperlukan. Campuran tersebut kemudian diangkut ke lokasi penghamparan dan dihampar dengan menggunakan alat penghampar kemudian dipadatkan. Peralatan yang di perlukan untuk pelaksanaan daur ulang plantmix antara lain :

- ❖ Alat penggaruk (*milling*)
- ❖ Unit pencampur aspal (AMP)
- ❖ Dump truck
- ❖ Alat penghampar
- ❖ Alat pemadat

Daur ulang bahan garukan aspal merupakan suatu upaya untuk mendapatkan bahan baru yang diperoleh dari pemanfaatan bahan

garukan perkerasan yang sudah menurun kualitasnya karena faktor umur atau kerusakan perkerasan. Pada penelitian daur ulang ini, bahan garukan aspal diasumsikan sebagai agregat sehingga kadar aspal yang terkandung pada bahan garukan tidak diperhitungkan. Sebagai pendekatan untuk mengetahui pengaruh kadar aspal yang terkandung dalam bahan garukan dilakukan pengujian di laboratorium pada campuran panas pada agregat, aspal emulsi dan atau tanpa semen. Nilai stabilitas campuran menggunakan bahan tambah semen lebih tinggi dibandingkan tanpa semen. (Anonim, tersedia di : www.kimpraswi.go.id)

RAP (*Reclaimed Asphalt Pavement*) diperiksa dan dievaluasi untuk mengetahui komposisi material pada campuran dan mengetahui kualitas dan sifat-sifat yang dimiliki secara garis besar evaluasi bahan ini dibagi menjadi 3, yaitu:

a. Evaluasi campuran perkerasan lama.

Pemeriksaan campuran perkerasan diperlukan untuk mengetahui komposisi material pada campuran dan untuk mengetahui kualitas campuran perkerasan. Besarnya komposisi material agregat dan aspal dalam campuran diperoleh dari pengujian ekstraksi, dengan demikian kadar aspal dalam campuran dapat diketahui.

b. Evaluasi agregat.

Evaluasi agregat dilakukan setelah pemeriksaan ekstraksi. Agregat yang telah terpisah dari campuran perkerasan diperiksa untuk menentukan gradasinya. Gradasi agregat ini diperlukan untuk menentukan kombinasi agregat yang harus ditambahkan kedalam campuran kerja. Agregat berfungsi sebagai pendukung utama dari beban yang diterima oleh lapis keras, dengan demikian agregat harus memenuhi persyaratan seperti yang diterapkan dalam spesifikasi konstruksi (Krebs dan Walter, 1971). Persyaratan pokok

yang harus dipenuhi oleh batuan yang akan dipergunakan sebagai bahan untuk lapis perkerasan adalah :

1. Tahan terhadap keausan
2. Mempunyai kekerasan tertentu agar dapat bertahan pada saat penggilasan dan mendukung beban kendaraan.

c. Evaluasi aspal.

Kandungan aspal dalam campuran perkerasan lama yang telah diketahui dari pemeriksaan sebelumnya perlu diperiksa kembali untuk mengetahui sifat-sifat fisiknya. Selanjutnya dari sifat-sifat fisiknya, maka kualitas aspal dan campuran dapat diketahui. Pemeriksaan yang harus dilakukan untuk evaluasi aspal ini yaitu pemeriksaan penetrasi, daktalitas dan titik lembek aspal. Tujuan dari pemeriksaan ini adalah untuk mengetahui seberapa jauh perubahan sifat-sifat fisik yang terjadi pada aspal akibat dari pengaruh lingkungan dan pembebanan. Aspal akan masih bertahan sesuai dengan sifat aslinya apabila komponen-komponen aslinya masih seimbang, yang artinya apabila kita uji masih menunjukkan kualitas sesuai dengan spesifikasi.

Pada penelitian ini material bongkaran jalan lama hasil penggarukan digunakan sebagai bahan pengganti sebagai agregat halus. Alasan pemilihan *recycling* aspal sebagai bahan pengganti sebagian agregat halus adalah karena *recycling* aspal belum dimanfaatkan secara maksimal oleh masyarakat sebagai agregat halus dalam beton. Selain itu dengan digunakan *recycling* aspal sebagai bahan pengganti sebagian agregat halus dalam pembuatan beton diharapkan dapat meningkatkan kekuatan beton. Pada penelitian ini dilakukan variasi penggantian sebagian agregat halus dengan *recycling* aspal yaitu dengan prosentase sebesar 30%.

2.2.4 Karakterisasi Campuran

2.2.4.1 Stabilitas

Menurut *The Asphalt Institute* dalam Mudianto (2004) Stabilitas adalah kemampuan campuran aspal untuk menahan deformasi akibat beban yang bekerja, tanpa mengalami deformasi permanen seperti gelombang, alur ataupun *bleeding* dinyatakan dalam satuan kg atau lb. Nilai stabilitas diperoleh dari hasil pembacaan langsung pada alat *Marshall Test* sewaktu melakukan pengujian *Marshall*. Stabilitas terjadi dari hasil geseran antar butir, penguncian antar partikel dan daya ikat yang baik dari lapisan aspal. Dengan demikian stabilitas yang tinggi dapat diperoleh dengan penggunaan agregat dengan gradasi yang rapat, agregat dengan permukaan kasar dan aspal dalam jumlah yang cukup. Nilai stabilitas terkoreksi dihitung dengan rumus:

$$S = q \times C \times k \times 0,454 \dots \dots \dots \text{(Rumus 2.1)}$$

Dimana :

S = nilai stabilitas terkoreksi (kg)

q = pembacaan stabilitas pada dial alat Marshall
(lb)

k = faktor kalibrasi alat

C = angka koreksi ketebalan

0,454 = konversi beban dari lb ke kg

2.2.4.2. Flow

Flow dari pengujian *Marshall* adalah besarnya deformasi vertikal sampel yang terjadi mulai saat awal pembebanan sampai kondisi

kestabilan maksimum sehingga sampel sampai batas runtuh dinyatakan dalam satuan mm atau 0,01. Nilai *flow* yang tinggi mengindikasikan campuran bersifat plastis. Pengukuran *flow* bersamaan dengan pengukuran nilai stabilitas *Marshall*. Nilai *flow* juga diperoleh dari hasil pembacaan langsung pada alat *Marshall Test* sewaktu melakukan pengujian *Marshall*.

2.2.4.3. *Marshall Quotient*

Merupakan perbandingan antara stabilitas dengan kelelahan plastis (*flow*) dan dinyatakan dalam kg/mm.

$$MQ = \frac{S}{F}$$

.....(
Rumus 2.2)

Dimana : MQ = *Marshall Quotient* (kg/mm)
 S = nilai stabilitas terkoreksi (kg)
 F = nilai *flow* (mm)

2.2.4.4. *Skid Resistance*

Skid resistance menunjukkan kekesatan permukaan perkerasan untuk mengurangi slip pada kendaraan saat perkerasan dalam keadaan basah. Tahanan geser akan semakin tinggi jika penggunaan kadar aspal yang tepat, penggunaan agregat kasar yang cukup dan penggunaan agregat dengan permukaan kasar yang berbentuk kubus.

2.2.4.5. *Densitas*

Densitas menunjukan kepadatan pada campuran perkerasan. Gradasi agregat, kadar aspal dan pemadatan akan mempengaruhi

tingkat kepadatan perkerasan lentur.

Besarnya nilai densitas diperoleh dari rumus berikut :

$$D = \frac{W_{dry}}{(W_s - W_w)} \times \gamma$$

air.....(Rumus 2.3)

Dimana :

- D = densitas (gr/cm³)
- Wdry = berat kering (gram)
- Ws = berat jenuh (gram)
- Ww = berat dalam air (gram)
- γ air = berat jenis air (gr/cm³)

2.2.4.6. *Spesific Grafity Campuran*

Spesific Grafity campuran adalah berat campuran untuk seriap volume (dalam gr/cm³). Dihitung berdasarkan persen berat tiap komponen dan *spesific grafity* tiap komponen penyusun campuran aspal. Besarnya *spesific grafity* campuran (SGmix) diperoleh dari rumus berikut :

$$SG_{mix} = \frac{100}{\frac{\%W_{ak}}{SG_{ak}} + \frac{\%W_{ah}}{SG_{ah}} + \frac{\%W_f}{SG_f} + \frac{\%W_b}{SG_b}}$$

.....(Rumus 2.4)

Dimana:

- %Wak : persen berat agregat kasar (%)
- % Wah : persen berat aspal halus (%)
- % Wb : persen berat aspal (%)
- % W f : persen berat filler (%)
- SGak : *Spesific Grafity* agregat kasar (gr/cm³)
- SGah : *Spesific Grafity* agregat halus (gr/cm³)

SGb : *Specific*

Grafiti aspal (gr/cm³)

SGf : *Specific Grafiti* filler (gr/cm³)

2.2.4.7. Porositas (*Void In Mix*)

Porositas (*Void In Mix*) adalah kandungan udara yang terdapat pada campuran perkerasan, baik yang dapat mengalirkan air maupun yang tidak dapat mengalirkan air. Besarnya porositas dapat diperoleh dengan rumus berikut :

$$VIM = \left[1 - \frac{D}{GS_{max}} \right] * 100\%$$

.....(Rumus 2.5)

dimana :

VIM : Porositas (VIM) spesimen (%)

D : Densitas benda uji yang dipadatkan (gr/cm³)

SGmix : *Specific grafiti* campuran (gr/cm³)

2.2.4.8. Durabilitas

Durabilitas yaitu kemampuan lapis perkerasan untuk mencegah keausan karena pengaruh lalu lintas, pengaruh cuaca dan perubahan suhu selama umur rencananya. Faktor yang mempengaruhi durabilitas aspal beton adalah :

1. Selimut aspal, selimut aspal yang tebal dapat menghasilkan perkerasan yang berdurabilitas tinggi, tetapi kemungkinan terjadi bleeding tinggi.
2. VIM kecil, sehingga lapis kedap air dan udara tidak masuk kedalam campuran yang menyebabkan terjadinya oksidasidan aspal menjadi rapuh.

3. VMA besar, sehingga selimut aspal dibuat tebal.

2.2.4.9. *Workability*

Workability adalah mudahnya suatu campuran untuk dihampar dan dipadatkan sehingga memenuhi hasil yang diharapkan. Faktor yang mempengaruhi kemudahan dalam pelaksanaan adalah gradasi agregat, temperatur campuran dan kandungan bahan pengisi.

2.2.4.10. Fleksibilitas

Fleksibilitas pada lapisan perkerasan adalah kemampuan lapisan untuk mengikuti deformasi yang terjadi akibat beban lalu lintas berulang tanpa timbulnya retak dan perubahan volume. Fleksibilitas yang tinggi dapat diperoleh dari penggunaan aspal yang cukup banyak sehingga diperoleh VIM yang kecil, penggunaan aspal lunak dan penggunaan agregat bergradasi senjang sehingga diperoleh VMA yang besar. *Marshall Quotient* (MQ) merupakan parameter untuk mengukur tingkat fleksibilitas campuran. Jika semakin tinggi MQ, campuran lebih kaku berarti fleksibilitasnya rendah, namun jika MQ semakin kecil, campuran memiliki nilai fleksibilitas tinggi.

2.2.4.11. Kuat Tekan

Kuat tekan adalah kemampuan lapisan perkerasan untuk menahan beban yang ada secara vertikal, dinyatakan dalam kg atau lb. Besarnya beban kendaraan yang disalurkan melalui roda kendaraan merupakan beban tekan yang diterima perkerasan, sedangkan pembebanan tersebut berlangsung pada berbagai

variasi suhu karena adanya perubahan cuaca dan waktu. Perubahan suhu tersebut akan mempengaruhi *viskositas* aspal sebagai pengikat sehingga berpengaruh juga terhadap nilai kuat tekan perkerasan.

Nilai kuat tekan dipengaruhi oleh kadar aspal, *viskositas* aspal, suhu, gradasi dan jumlah pemadatan. Nilai *Unconfined Compressive Strength* terkoreksi (KPa) dihitung dengan rumus :

$$UCS = \frac{P}{A} \text{-----}$$

(Rumus 2.6)

Dimana : UCS = kuat dasak (KPa)
P = beban pengujian (N)
A = luas permukaan benda uji (mm²)

2.3 Pengujian Campuran Hangat Aspal Beton

2.3.1 Pengujian *Volumetrik*

Pengujian *volumetrik* adalah pengujian untuk mengetahui besarnya nilai densitas, *specific gravity* campuran dan porositas dari masing–masing benda uji. Pengujian meliputi pengukuran tinggi, diameter, berat SSD, berat di udara, berat dalam air dari sampel dan berat jenis agregat, *filler* dan aspal.

2.3.2 Pengujian Penetrasi dan Titik Lembek (*Softening Point*)

Penggunaan *Reclaimed Asphalt Pavement* (RAP) dan residu oli

dimaksudkan untuk mengurangi biaya operasional karena sumbernya berada tidak jauh terutama untuk daerah perkotaan. Disamping itu, *Reclaimed Asphalt Pavement* (RAP) masih diselimuti oleh lapisan aspal yang dapat digunakan kembali sebagai bahan perkerasan. Untuk uji pendahuluan dilakukan pengujian penetrasi dan titik lembek (*softening point*). Hasil keduanya kemudian diplotkan pada grafik *Bitument Test Data Chart* untuk mendapatkan besar viskositas residu oli serta suhu pencampuran dan pemadatan campuran.

2.3.3 Pengujian Marshall

Pengujian Marshall adalah pengujian terhadap benda uji campuran panas untuk menentukan nilai kadar aspal optimum dan karakteristik campuran dengan cara mengetahui nilai *flow*, stabilitas, dan *Marshall Quotient*. Pengujian Marshall bertujuan untuk menentukan stabilitas dan flow dari campuran aspal. Stabilitas adalah kemampuan suatu campuran aspal untuk menerima beban sampai terjadi alir (*flow*) yang dinyatakan dalam satuan kilogram. SKSNI (1991), bahwa Flow (kelelahan plastis) adalah keadaan perubahan bentuk suatu campuran aspal yang terjadi akibat suatu beban yang dinyatakan dalam mm.

2.3.4 Pengujian Kuat Tekan

Unconfined Compression Test adalah suatu metode untuk mengetahui nilai gaya tekan dari suatu campuran perkerasan. Pengujian ini dilakukan dengan alat uji dimana pembebanan berupa plat yang rata dan diberikan penekanan secara aksial atau tegak lurus dengan arah pemadatan. Pengukuran kekuatan tarik dihentikan apabila jarum pengukur pembebanan telah berbalik

arah atau berlawanan dengan arah jarum jam.

Hasil pengujian *Unconfined Compressive Strength* (UCS) terjadi kenaikan dari 1081,05 Kpa (*unaged*) menjadi 1478,76 Kpa (*short term*) dan 1620,60 Kpa (*long term*). Penurunan nilai Compressive Strength Ratio dari 4481 % (*unaged*) menjadi 44,71 % (*short term*) dan 44,24 % (*long term*). (Ganie,2005).

Besarnya kuat tekan tidak langsung *Unconfined Compressive Strength* (UCS) pada *aspalt concrete* (AC) mengalami penurunan nilai dari 2500 Kpa menjadi 900 Kpa dengan adanya kenaikan temperatur dari 5⁰C hingga pada rentang suhu ini juga terjadi penurunan pada nilai *stiffness* modulusnya, dari 13500 Mpa menjadi 2250 Mpa (Ying, 1999).

2.4 Analisis Data

2.4.1 Analisis Regresi

Analisis regresi adalah analisis data yang mempelajari cara bagaimana variabel-variabel itu berhubungan dengan tingkat kesalahan yang kecil. Hubungan yang didapat pada umumnya dinyatakan dalam bentuk persamaan matematik yang menyatakan hubungan fungsional antara variabel – variabel. Dengan analisis regresi kita bisa memprediksi perilaku dari variabel terikat dengan menggunakan data variabel bebas. Dalam analisis regresi terdapat dua jenis variabel, yaitu :

1. Variabel bebas, yaitu variabel yang keberadaannya tidak dipengaruhi oleh variabel lain.
2. Variabel tak bebas/terikat, yaitu variabel yang keberadaannya dipengaruhi oleh variabel bebas.

Hubungan linear adalah hubungan dimana jika satu variabel mengalami kenaikan atau penurunan, maka variabel yang lain juga mengalami hal yang sama. Jika hubungan antara variabel adalah positif, maka setiap kenaikan variabel bebas akan membuat kenaikan juga pada variabel terikat. Setelahnya jika variabel bebas mengalami penurunan, maka variabel terikat juga mengalami penurunan. Jika sifat hubungan adalah negatif, maka setiap kenaikan dari variabel bebas mengalami penurunan, maka variabel terikat akan mengalami kenaikan. (Sudjana, 1996)

Untuk menunjukkan seberapa kuat hubungan anatar variabel pada penelitian ini, digunakan teknik analisis yang disebut dengan koefisien korelasi yang disimbolkan dengan tanda r^2 (rho) koefisien korelasi. Persamaan garis regresi mempunyai berbagai bentuk baik linear maupun non linear. Dalam persamaan itu dipilih bentuk persamaan yang memiliki penyimpangan kuadrat terkecil. Beberapa jenis persamaan regresi seperti berikut :

1. Persamaan linear

$$y = a + bx \text{ -----}$$

(Rumus 2.7)

2. Persamaan parabola kuadratic (polynomial tingkat dua)

$$y = a + bx + cx^2 \text{ -----}$$

3. Persamaan parabola kubik (polynomial tingkat tiga)

$$y = a + bx + cx^2 + dx^3 \text{ -----}$$

Keterangan :

y = Nilai variabel terikat, dalam hal ini adalah kuat tekan

x = Nilai variabel bebas, dalam hal ini adalah variasi residu oli

a, b, c, d = Koefisien

Dengan menggunakan metode kuadrat terkecil, maka koefisien a, b, c, dan d dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut :

1. Persamaan linear

$$a = \frac{(\sum y_i)(\sum x_i)^2 - (\sum x_i)(\sum x_i y_i)}{n(\sum x_i^2) - (\sum x_i)^2} \text{-----}$$

(Rumus 2.10)

$$b = \frac{n \sum x_i y_i - (\sum x_i)(\sum y_i)}{n(\sum x_i^2) - (\sum x_i)^2} \text{-----}$$

(Rumus 2.11)

2. Persamaan polynomial pangkat dua (Rumus 2.8)

$$\sum y = n a + b \sum x + c \sum x^2 \text{-----}$$

(Rumus 2.12)

$$\sum y = a \sum x + b \sum x^2 + c \sum x^3 \text{-----}$$

(Rumus 2.13)

$$\sum y = a \sum x^2 + b \sum x^3 + c \sum x^4 \text{-----}$$

(Rumus 2.14)

3. Persamaan polynomial pangkat tiga

$$\sum y = n a + b \sum x^2 + c \sum x^2 + d \sum x^3 \text{-----}$$

(Rumus 2.15)

$$\sum xy = a \sum x + b \sum x^2 + c \sum x^3 + d \sum x^4 \text{-----}$$

(Rumus 2.16)

$$\sum x^2 y = a \sum x^2 + b \sum x^3 + c \sum x^4 + d \sum x^5 \text{-----}$$

(Rumus 2.17)

$$\sum x^3 y = a \sum x^3 + b \sum x^4 + c \sum x^5 + d \sum x^6 \text{-----}$$

(Rumus 2.18)

Apabila n adalah jumlah sampel yang ada, maka dengan mencari nilai koefisien (a, b, c, d) akan didapat persamaan regresi yang dicari.

2.4.2 Analisis Korelasi

Korelasi adalah salah satu teknik statistik yang digunakan untuk mencari hubungan dua variabel atau lebih secara kuantitatif, untuk menggambarkan derajat keeratan linearitas variabel terikat dengan variabel bebas, untuk mengukur seberapa tepat garis regresi menjelaskan variasi variabel terikat. Ada dua pengukuran korelasi, yaitu *coefficient of determination* (koefisien determinasi) dan *coefficient of correlation* (koefisien korelasi).

Untuk keperluan perhitungan koefisien korelasi r berdasarkan sekumpulan data (x_i, y_i) berukuran n dapat digunakan rumus :

$$r = \frac{n \sum xy - \sum x \sum y}{\sqrt{\{n \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2\} \{n \sum y^2 - (\sum y)^2\}}}$$

(Rumus 2.19)

Keterangan :

r = Koefisien korelasi

n = Jumlah data

r^2 digunakan untuk menggambarkan ukuran kesesuaian yaitu melihat seberapa besar proporsi atau presentase dari keragaman x yang diterangkan oleh model regresi atau mengukur besar sumbangan dari variabel bebas terhadap keragaman variabel tak bebas y . Koefisien determinasi menunjukkan persentase variasi nilai variabel terikat yang dapat dijelaskan oleh persamaan regresi yang dihasilkan. Nilai ini juga dapat digunakan untuk melihat sampel seberapa jauh model yang terbentuk dapat menerangkan kondisi yang sebenarnya. Koefisien determinasi berganda (r^2) diartikan juga sebagai ukuran ketepatan garis regresi yang diperoleh dari hasil pendugaan terhadap hasil penelitian. Rumus koefisien determinasi berganda :

$$r^2 = \frac{n(b_0 \sum y - b_1 \sum x_i y + \dots + b_n \sum x_n y) - (\sum y^2)^2}{n \sum r^2 - (\sum r^2)}$$

(Rumus 2.20)

Keterangan :

r^2 = Koefisien determinasi berganda

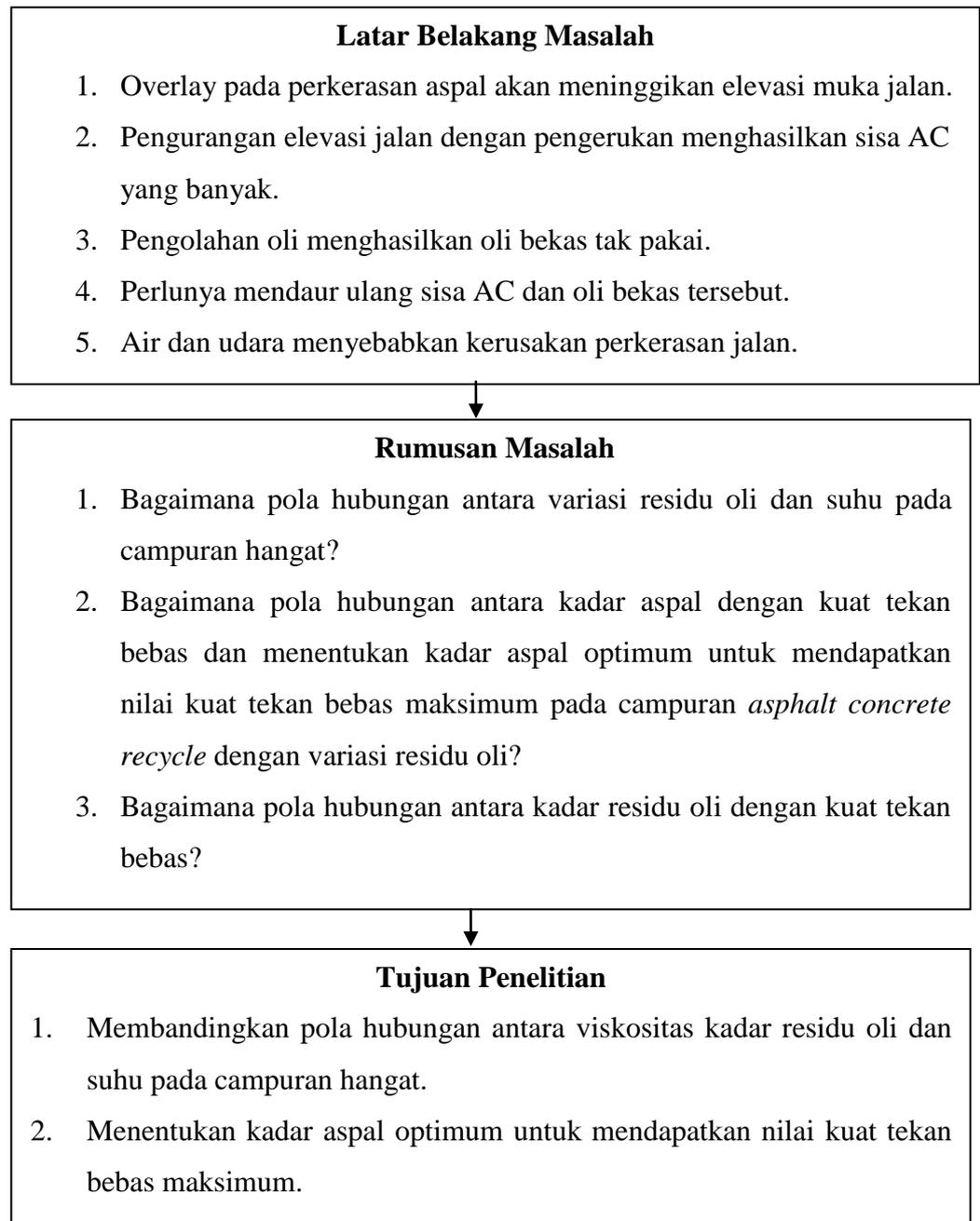
b_0, b_1, \dots, b_n = Koefisien persamaan regresi

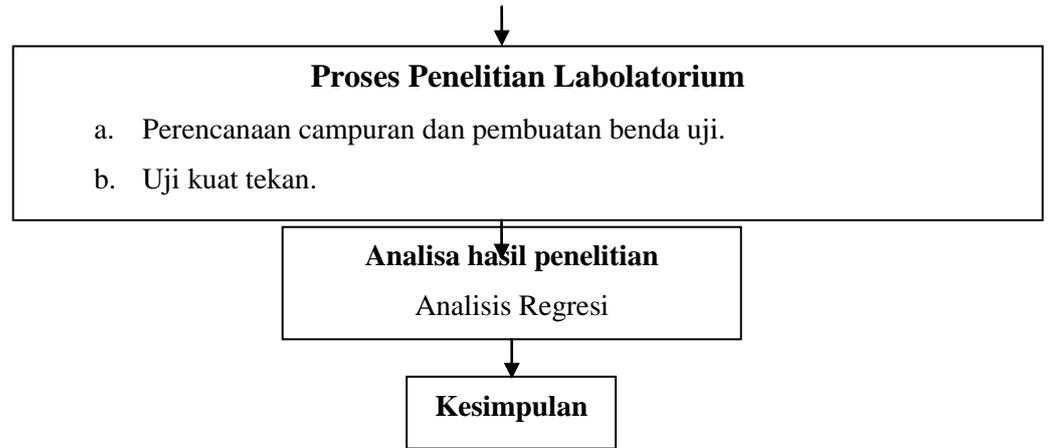
Lima variabel dikatakan berkorelasi, jika terjadi perubahan pada satu variabel akan mengikuti perubahan pada variabel yang lain secara teratur, dengan arah yang sama atau dapat pula dengan arah yang berlawanan. Koefisien korelasi digunakan untuk menentukan kategori hubungan antara variabel terikat dengan variabel bebas, indeks/bilangan yang digunakan untuk menentukan kategori keeratan hubungan berdasarkan nilai r adalah sebagai berikut:

- a. $0 \leq r \leq 0,2$ \longrightarrow korelasi lemah sekali
- b. $0,2 \leq r \leq 0,4$ \longrightarrow korelasi lemah
- c. $0,4 \leq r \leq 0,7$ \longrightarrow korelasi cukup kuat
- d. $0,7 \leq r \leq 0,9$ \longrightarrow korelasi kuat
- e. $0,9 \leq r \leq 1$ \longrightarrow korelasi sangat kuat

2.5 Kerangka Pikir

Secara garis besar, kerangka pikir dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

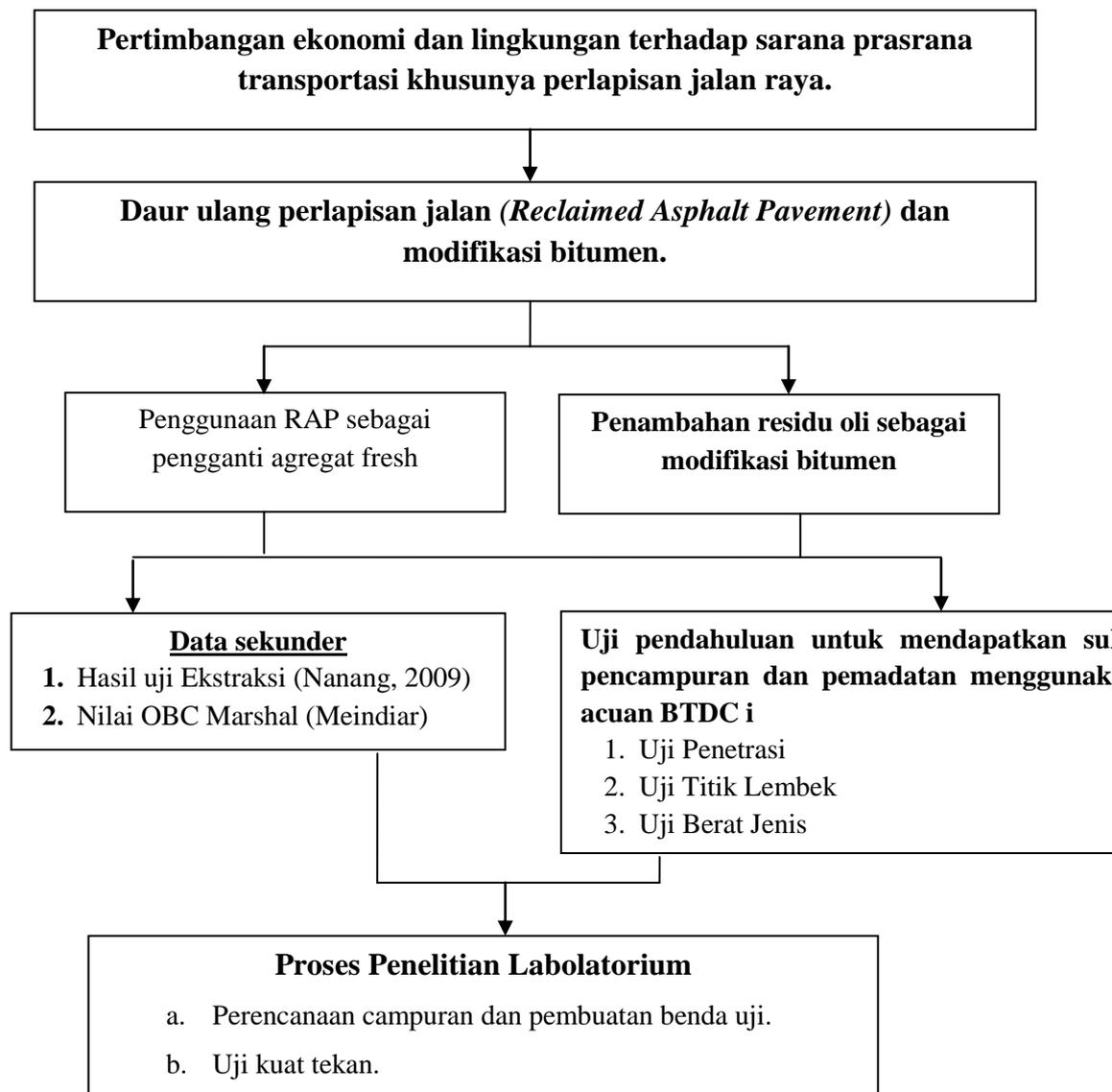


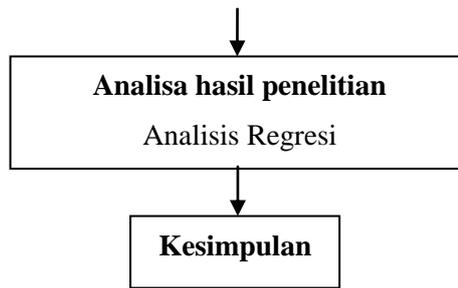


Gambar 2.3. Skema kerangka pikir penelitian

2.5 Kerangka Pikir

Secara garis besar, kerangka pikir dari penelitian ini adalah sebagai berikut :





Gambar 2.3. Skema kerangka pikir penelitian

BAB 3

METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Metode Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimen, yaitu metode yang dilakukan dengan mengadakan kegiatan percobaan untuk mendapatkan data. Data tersebut diolah untuk mendapatkan suatu hasil perbandingan dengan syarat-syarat yang ada. Penyelidikan eksperimental dapat dilaksanakan didalam ataupun diluar laboratorium. Dalam penelitian ini akan dilakukan di laboratorium. Tujuan penelitian ini adalah mengetahui nilai kuat tekan dari campuran aspal beton dengan menggunakan RAP 30% dan residu oli 0%, 10% dan 20%.

3.2. Tempat dan Waktu Penelitian

3.2.1. Waktu Penelitian

Penelitian mulai tanggal 1 September 2009 sampai tanggal 30 November 2009.

Dengan jadwal penelitian sebagai berikut :

Tabel 3.1 Jadwal Pelaksanaan Penelitian

Bulan	I				II				III				IV				V				VI			
Minggu	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Persiapan Alat dan Bahan																								
Pemeriksaan Bahan																								
Pembuatan Benda Uji																								
Pengujian Benda Uji																								
Analisa Data																								

3.2.2. Tempat Penelitian

Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Jalan Raya Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret Surakarta.

3.3 Teknik Pengumpulan Data

Teknik pengumpulan data dilaksanakan dengan metode eksperimen terhadap beberapa benda uji dari berbagai kondisi perlakuan yang diuji di laboratorium. Untuk beberapa hal pada pengujian bahan, digunakan data sekunder yang dikarenakan penggunaan bahan dan sumber yang sama. Jenis data pada penelitian ini dikelompokkan menjadi 2 yaitu data primer dan sekunder.

3.3.1. Data Primer

Data primer adalah data yang dikumpulkan secara langsung melalui serangkaian kegiatan percobaan yang dilakukan sendiri dengan mengacu pada petunjuk manual yang ada, misalnya dengan mengadakan penelitian atau pengujian secara langsung. Dalam penelitian ini data primer adalah hasil penelitian uji kuat tekan (*Unconfined Compressive Strength Test*).

3.3.2. Data Sekunder

Data sekunder adalah data yang diperoleh secara tidak langsung (didapat dari penelitian lain) untuk bahan/jenis yang sama dan

masih berhubungan dengan penelitian. Dalam penelitian ini, data sekunder antara lain:

1. Data nilai karakteristik perkerasan aspal yang akan disajikan pada bab selanjutnya..
2. Data pemeriksaan agregat.

RAP yang dalam penelitian sebelumnya telah diketahui hasil ekstraksinya yang dapat dilihat pada tabel 3.2 berikut :

Tabel 3.2. Hasil Gradasi Ekstraksi RAP

No. Saringan	Kode benda uji				
	E1	E2	E3	E4	E5
3/4 "	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
1/2 "	97,89	99,47	98,65	99,27	99,27
3/8 "	91,30	95,79	94,20	95,50	93,75
# 4	69,56	78,05	74,52	78,30	70,00
# 8	55,11	63,20	58,39	63,82	54,17
# 16	43,08	49,89	46,34	50,75	40,00
# 30	31,16	36,57	35,14	36,87	30,00
# 50	23,25	27,28	26,23	27,20	22,00
# 100	15,71	18,54	17,72	18,05	15,00
# 200	12,46	17,49	15,91	16,02	13,00
Pan	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Sumber : Hasil penelitian sebelumnya (Dedy,2009).

Tabel 3.3. Hasil Pemeriksaan Gradasi RAP

Ukuran Saringan	Gradasi (% Lolo)
3/4"	100.00
1/2"	98.87
3/8"	94.05
# 4	74.19
# 8	58.92
# 30	33.96
# 50	25.25
# 100	17.01
# 200	15.08
PAN	0.00

Sumber : *Penelitian sebelumnya oleh Dedy, 2009

Keterangan :

E = Kode Benda Uji.

Hasil uji ekstraksi dari 5 kali percobaan didapat 4,5% berat bitumen tertinggal pada RAP dengan berat benda uji masing-masing 1000 gr. Penggunaan variasi RAP pada campuran dites dengan pengujian Marshall dan didapat bahwa penggunaan 30% RAP memiliki nilai yang paling optimum diantara variasi RAP lainnya yang kemudian spesifikasinya akan digunakan dalam penelitian ini.

Tabel 3.4. Gradasi campuran agregat baru

Kandungan agregat baru		Spec acuan*	Spec**
RAP	Agregat segar		
30,00	70,00	100,00	100
29,66	61,29	90,95	80 – 100
28,21	48,47	76,68	70 – 90
22,26	31,85	54,11	50 – 70
17,67	27,00	44,67	35 – 50
10,19	11,79	21,98	18 – 25
7,57	7,49	15,06	13 – 20
5,10	3,52	8,62	8 – 16
4,52	3,10	7,62	4 – 10

Sumber : - Hasil Pemeriksaan Laboratorium, 2009*

- Spesifikasi (SNI No. 17317-1987-F)**

3. Data nilai OBC (*Optimum Bitumen Contain*) marshall test dari penelitian sebelumnya dan merupakan satu kelompok penelitian yaitu tugas akhir Meindiar Wikanta dengan

material yang sama.

3.4. Bahan dan Peralatan Penelitian

3.4.1. Bahan

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain :

1. Aspal Keras.

Aspal keras untuk penelitian adalah aspal penetrasi 60/70 yang diperoleh dari Lab. Jalan Raya Fak. Teknik Sipil UNS.

2. Agregat Kasar dan Halus.

Agregat yang digunakan berasal dari Lab. Jalan Raya Fak. Teknik Sipil UNS.

3. *Reclaimed Asphalt Pavement (RAP)*.

Material RAP yang digunakan berasal dari pengerukan lapis perkerasan jalan AC-WC pada ruas jalan Yogyakarta-Prambanan oleh kontraktor PT Perwita dengan *Cold Milling*.

4. Residu Oli.

Residu oli yang digunakan berasal dari PT Wiraswasta Gemilang Indonesia berasal dari Bekasi, Jawa Barat.

3.4.2. Peralatan

Penelitian ini menggunakan peralatan yang berada di Laboratorium Transportasi Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret Surakarta.

Adapun peralatan yang dipakai pada penelitian ini adalah:

1. Satu set alat Uji *Unconfined Compressive Strength (UCS)* yang terdiri :

Kepala penekan yang berbentuk *Flat / datar (breaking head)* dengan ketelitian 12,5kg (25lbs), dilengkapi dengan arloji

tekan ketelitian 0,0025 cm (0,0001")

2. Alat Penunjang

- a. Cetakan benda uji (*mold*).
- b. Alat penumbuk (*compactor*) yang mempunyai permukaan tumbuk rata berbentuk silinder, dengan berat 4,536 kg (10 lbs), tinggi jatuh bebas 45,7 cm (18").
- c. Landasan pemadat terdiri dari balok kayu (jati atau sejenisnya), berukuran 20x20x45 cm (8"x8"x18) yang dilengkapi dengan pelat baja berukuran 30x30x2,5 cm (12"x12"x1") dan diikatkan pada lantai beton dengan empat bagian siku.
- d. Timbangan yang dilengkapi dengan penggantung benda uji berkapasitas 2 kg dengan ketelitian 1 gr.
- e. Pengukuran suhu berkapasitas 250° dan 100° C dengan ketelitian 0,5% atau 1% dari kapasitas.
- f. Dongkrak (untuk melepas benda uji)
- g. Panci, kompor, sendok, spatula, dan sarung tangan.

3.5. Benda Uji

3.5.1. Jumlah Benda Uji

Kebutuhan benda uji kuat tekan terdiri dari 3 jenis campuran aspal beton, yaitu:

1. Campuran aspal beton yang menggunakan kadar RAP 30% dengan campuran residu oli 0%.
2. Campuran aspal beton yang menggunakan kadar RAP 30%

dengan campuran residu oli 10%.

- Campuran aspal beton yang menggunakan kadar RAP 30% dengan campuran residu oli 20%.

Masing-masing sebanyak 3 dengan 3 variasi suhu sehingga jumlah total benda uji 27 buah. Berikut adalah hasil pengujian pendahuluan untuk masing-masing variasi residu oli.

Tabel 3.4. Kebutuhan Benda Uji

Suhu (°C)	Kadar Bitumen Residu	
	5,5	6
1	3	3
2	3	3
3	3	3

Tabel.3.5 Variasi Residu Oli pada Benda Uji

Variasi Residu Oli (%)	Penetrasi Rata-rata	Ti Ra
0	70	
5	121	
10	142	
15	160	
20	196	
25	220	

Hasil tabel diatas kemudian diplotkan pada BTDC dan diuji kekekatannya. Dari keduanya diperoleh hasil 3 variasi residu oli beserta suhu pencampuran dan pematatannya.

Tabel 3.6. Suhu Pematatan dan Pencampuran Berdasarkan *Bitument Test Data Chart*

No.	Variasi Residu Oli (%)	Suhu (°C)	
		Pencampuran	
1.	0	135 - 152	

2.	10	112 - 126	68 - 91
3.	20	62 - 68	43 - 53

3.5.2 Pembuatan Benda Uji

Pembuatan benda uji untuk uji kuat tekan diuraikan sebagai berikut. Langkah awal diadakan pembuatan rancang campur (*mix design*) berdasarkan gradasi yang kita tuju dengan gradasi RAP. Penetapan jumlah kandungan RAP 30% berdasarkan jumlah agregat baru yang ditambahkan untuk memperbaiki gradasi RAP, agar sesuai gradasi baru yang dituju. Setelah gradasi agregat baru di ketahui kemudian mencuci material dan dioven. Melakukan analisis saringan untuk menentukan material tadi menjadi beberapa fraksi. Prosentase masing-masing fraksi ditentukan sedemikian rupa sehingga penggabungan fraksi tersebut berada dalam batas-batas spesifikasi yang dicapai. Langkah-langkah selanjutnya dapat dibagi dalam beberapa tahap sebagai berikut:

1. Langkah I

Melakukan pengujian pendahuluan titik leleh, penetrasi dan kelekatan untuk mendapatkan variasi campuran kadar residu oli yang kemudian dilanjutkan dengan penimbangan secara kumulatif.

2. Langkah II

Menentukan berat agregat sebanyak ± 1100 gram terdiri dari agregat baru dan RAP (*Recycle Asphalt Pavement*). Menentukan berat aspal yang akan dicampur ke dalam agregat dengan kadar aspal yang berbeda-beda. Prosentase aspal ditentukan berdasar berat total campuran.

3. Langkah III

Agregat baru dan RAP yang telah di timbang berdasar prosentase berat campuran dipanaskan dalam wajan hingga

mencapai suhu pencampuran (Tabel 3.6). Setelah tercampur merata dan mencapai suhu pencampuran, campuran agregat ditambahkan aspal yang sebelumnya telah dipanaskan hingga mencapai suhu pencampuran dengan variasi penambahan residu oli 0%, 10% dan 20% kemudian diaduk sampai merata.

4. Langkah IV

Apabila agregat dan aspal sudah dicampur dalam tempat pencampur, selanjutnya campuran didinginkan hingga suhu pemadatan (Tabel 3.6). Kemudian campuran dimasukkan ke dalam cetakan *mould* yang telah disiapkan.

5. Langkah V

Campuran aspal beton yang ada dalam cetakan mold di padatkan dengan jumlah tumbukan 75 kali. Setelah itu benda uji dikeluarkan dari mold dengan dongkrak. Kemudian benda uji didinginkan pada suhu ruang 2-3 jam.

6. Langkah VI

Setelah pembuatan benda uji selesai, kemudian dilakukan pengujian kuat tekan.

3.6. Pengujian Benda Uji

3.6.1. Pengujian Kuat Tekan

Pada pengujian ini menggunakan alat uji *Unconfined Compressive Strenght Test* (UCST). Alat ini terdiri dari komponen-komponen sebagai berikut:

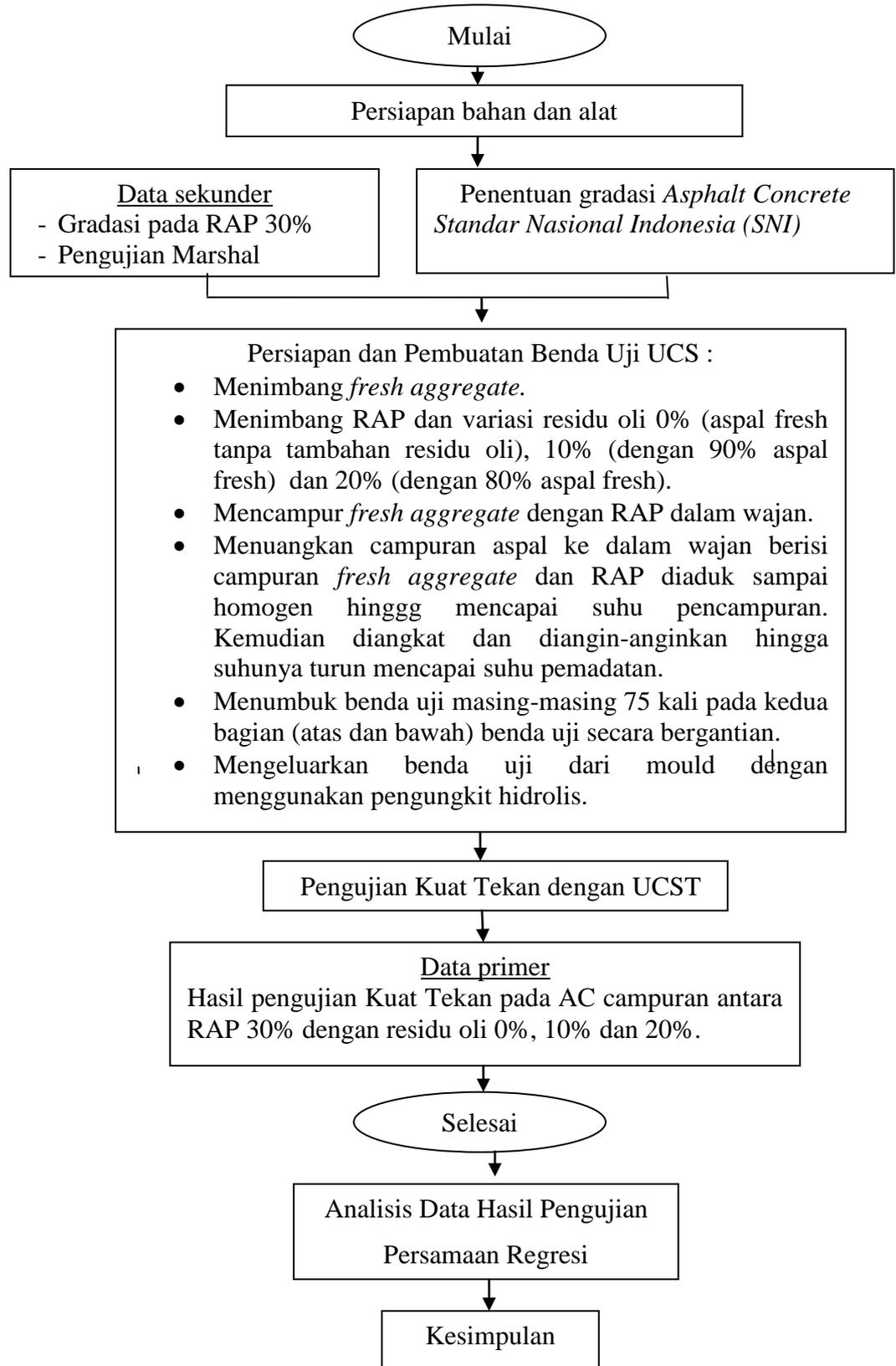
1. Tiap benda uji diberi tanda pengenal dan diukur tingginya pada 4 sisinya dan diukur pula diameternya.
2. Dilakukan uji *volumetrik* pada benda uji.
3. Setelah melakukan itu pembebanan dilakukan. Pembebanan dilakukan hingga mencapai maksimum yaitu saat arloji

pembebanan berhenti dan berbalik arah. Pada saat itu dilakukan pembacaan dan pencatatan nilai *Unconfined Compressive Strength Test*.

4. Mengeluarkan benda uji dari alat uji UCST.

3.6.2. Alur Penelitian

Untuk alur penelitian dapat disajikan dalam diagram alir sebagai berikut:



Gambar 3.1. Bagan alir tahap-tahap metodologi penelitian

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari hasil pengujian serta analisis data dan pembahasan yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Terdapat pola hubungan linear yang sangat kuat antara variasi residu oli dengan suhu pencampuran dan suhu pemadatan seperti terlihat pada persamaan berikut ini :

$$T_{pc} = -3,645c + 152,9 \quad (r^2 = 0.947)$$

$$T_{pm} = -2,257c + 101 \quad (r^2 = 0.954)$$

Keterangan:

T_{pc} : suhu pencampuran ($^{\circ}\text{C}$)

T_{pm} : suhu pemadatan ($^{\circ}\text{C}$)

c : variasi residu oli (%)

2. Terdapat pola hubungan polynomial yang sangat erat kaitannya antara kadar aspal dengan kuat tekan bebas untuk variasi residu oli 0%, 10% dan 20 % adalah:

- a. Pada kandungan 0 % residu oli ($r^2= 0,627$) terdapat korelasi yang kuat terlihat dari persamaan:

$$\text{UCS} = -2151\text{obc}^2 + 24912\text{obc} - 68304 \quad \text{dengan}$$

nilai UCS sebesar 3826,142 KPa pada 5,791 % obc

- b. Pada kandungan 10 % residu oli ($r^2= 0,818$) terdapat korelasi yang sangat kuat terlihat dari persamaan berikut:

$$\text{UCS} = -1622\text{obc}^2 + 18713\text{obc} - 51627 \quad \text{dengan}$$

nilai UCS sebesar 2345,93 KPa pada 5,768 % obc.

- c. Pada kandungan 20 % residu oli ($r^2= 0,092$) terdapat korelasi yang lemah terlihat dari persamaan :

$UCS = -169,9 \text{ obc}^2 + 1939 \text{ obc} - 4272$ dengan nilai UCS sebesar 1260,256 KPa pada 5,706 % obc.

3. Terdapat pola hubungan linear yang sangat kuat antara kadar residu oli dengan kuat tekan bebas terjalin terlihat pada persamaan berikut:

$$UCS = -126,5 \text{ obc} + 3724 \quad (r^2 = 0,990)$$

Keterangan

UCS : nilai kuat tekan bebas (KPa)

obc : optimum bitumen content (%)

Penambahan kandungan residu oli pada campuran menyebabkan penurunan nilai kuat tekan bebas yang signifikan.

5.2 Saran

Untuk lebih memperdalam kajian dari penelitian yang sudah dilakukan, maka perlu dilakukan beberapa koreksi agar penelitian-penelitian selanjutnya dapat lebih baik. Adapun saran-saran untuk penelitian selanjutnya antara lain :

1. Perlu dikembangkan suatu penelitian dengan prosentase residu oli yang berbeda dan lebih bervariasi.
2. Penelitian lebih lanjut sebaiknya meneliti lebih dalam mengenai karakteristik residu oli ataupun kemungkinan memproses ulang residu oli tersebut agar dapat diketahui kadar aspal yang terkandung di dalamnya.
3. Penelitian residu oli lain yang berbahan sama yang mempunyai kualitas yang lebih tinggi yang memungkinkan

mendapatkan hasil lebih baik.

4. Perlunya perbaikann alat-alat laboratorium yang dinilai sudah rusak agar hasil pengujian lebih valid.

DAFTAR PUSTAKA

- , 1995, "A Big Stop Forward in Enviromental Protection", PT. Wiraswasta Gemilang Indonesia.
- Aly, Moh. Anas. 2007. *Teknik Dasar dan Potensi Daur Ulang Konstruksi Jalan*. Yayasan Pengembangan Teknologi dan Manajemen. Jakarta.
- Anonim. 1976. *Manual Pemeriksaan Bahan Jalan*. Direktorat Jendral Bina Marga, Jakarta.
- Anonim. 2005. *Buku Pedoman Penulisan Tugas Akhir*. Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret. Surakarta.
- Anonim. 2008. *Teknologi Warm Mix Asphalt*. Tersedia di : <http://www.asphaltmagazine.com/>
- Anonim. 2008. *Teknologi Warm Mix Asphalt*. Tersedia di : www.kimpraswi.go.id
- Aravind, K. and Animesh Das. 2006. *Bituminous Pavement Recycling*. Tersedia di : <http://home.iitk.ac.in/~adas/article09.pdf> .
- Ayuningtyas.2009. *Karakter Kuat Tekan Aspal Beton Agregat Campuran 30% RAP dengan Kombinasi Aspal Penetrasi 60/70 dan Residu Oli*. Skripsi. Fakultas Teknik Jurusan Teknik Sipil Universitas Sebelas Maret. Surakarta.
- Brown, Stephen. 1990. *The Shell Bitumen Handbook*. Chertshey: Shell Bitument U. K.
- Departemen Pekerjaan Umum. 1987. *Petunjuk Pelaksanaan Lapis aspal beton (Laston) Untuk Jalan Raya*. Direktorat Jendral Bina Marga, Jakarta
- E. Lutfi, Musrifah. 2007. *Studi Komparasi Nilai Kuat Tekan Bebas (Unconfined Compressive Strength) Pada Aspal Porus Dengan Variasi Kadar Aspal Menggunakan*

Unconfined Compressive Test (UCT) dan Universal Testing Machine (UTM). Universitas Sebelas Maret. Skripsi. Surakarta.

Goh, Shu Wei. 2007. *Laboratory Evaluation and Pavement Design for Warm Mix Asphalt. Proceedings of the 2007 Mid-Continent Transportation Research Symposium*, Ames, Iowa, August 2007. Tersedia di: www.ctre.iastate.edu/PUBS/midcon2007/YouLaboratory.pdf

Goh, Shu Wei. 2008. *Laboratory Evaluation of Warm Mix Asphalt: A Preliminary Study. International Journal of Pavement Research and Technology*. Tersedia di: [www.ijprt.org.tw/files/sample/Vol1_No1\(5\).pdf](http://www.ijprt.org.tw/files/sample/Vol1_No1(5).pdf)

Hadsari.2009. *Kajian Karakter Marshall pada Asphalt Concrete dalam Campuran Material RAP dengan Residu Oli*. Universitas Sebelas Maret. Skripsi. Surakarta.

Pamungkas. 2009. *Observasi Kuat Tekan Aspal Concrete Dengan Campuran RAP*. Universitas Sebelas Maret. Skripsi. Surakarta.

Sudjana, 1996. *Metoda Statika*; edisi 6. Tarsito, Bandung.

Sukirman, Silvia.2003. *Buku Beton Aspal Campuran Panas*; edisi 1. Granit, Jakarta.

