



**TUGAS AKHIR - RC09 1380**

**OPTIMALISASI PENGGUNAAN MATERIAL  
HASIL COLD MILLING UNTUK CAMPURAN  
LAPISAN BASE COURSE DENGAN METODE  
CEMENT TREATED RECYCLED BASE**

**PRADNYANA  
NRP 3108100108**

**Dosen Pembimbing :  
Prof. Ir. Indrasurya B. Mochtar., M.Sc, Ph.D  
Catur Arif Prastyanto, ST, M.Eng**

**JURUSAN TEKNIK SIPIL  
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2012**



**FINAL PROJECT - RC09 1380**

**OPTIMIZING THE USE OF COLD MILLING  
MATERIAL FOR BASE COURSE MIXTURE  
WITH CEMENT TREATED RECYCLED BASE  
METHOD**

**PRADNYANA  
NRP 3108100108**

**Supervisor:  
Prof. Ir. Indrasurya B. Mochtar., M.Sc, Ph.D  
Catur Arif Prastyanto, ST, M.Eng**

**DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING  
Faculty of Civil Engineering and Planning  
Sepuluh Nopember Institute of Technology  
Surabaya 2012**

**OPTIMALISASI PENGGUNAAN MATERIAL HASIL  
COLD MILLING UNTUK CAMPURAN LAPISAN  
BASE COURSE DENGAN METODE CEMENT  
TREATED RECYCLED BASE**

**TUGAS AKHIR**

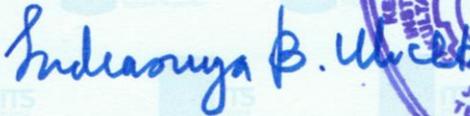
Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik  
pada  
Bidang Studi Transportasi  
Program Studi S – 1 Jurusan Teknik Sipil  
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :  
**PRADNYANA**  
NRP. 3108 100 108

Disetujui oleh Dosen Pembimbing Tugas Akhir :

Pembimbing 1

Pembimbing 2



**Prof. Ir. Indrasurya B. M., M.Sc., Ph.D**

**Catur Arif Prastyanto, S.T., M.Eng**

NIP : 195304081976031002

NIP : 197007081998021001

**SURABAYA**

**JULI, 2012**

## DAFTAR ISI

Halaman Judul .....	i
Lembar Pengesahan.....	iii
Abstrak .....	v
Abstract .....	vii
Kata Pengantar .....	ix
Daftar Isi .....	xi
Daftar Gambar .....	xv
Daftar Tabel .....	xvii

### **BAB I Pendahuluan**

1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Perumusan Masalah.....	3
1.3 Batasan Masalah .....	4
1.4 Tujuan Penelitian .....	5
1.5 Tujuan Penelitian .....	6

### **BAB II Tinjauan Pustaka**

2.1 Kerusakan Jalan Raya di Indonesia.....	7
2.2 Reclaimed Asphalt Pavement (RAP) .....	9
2.3 Perencanaan Campuran Perkerasan (Mix Design) .....	12
2.3.1 Umum .....	12
2.3.2 Perencanaan Campuran .....	13
2.4 Spesifikasi Bahan dan Campuran CTRB .....	14
2.5 Pemeriksaan Bahan dan Campuran .....	15
2.5.1. Analisa Saringan RAP (Reclaimed Asphalt Pavement) .....	15
2.5.2. Penyelidikan Agregat.....	17
1. Analisa Saringan Agregat Halus dan Kasar.....	17
2. Penyerapan Agregat Kasar.....	19
3. Penyerapan Agregat Halus.....	22

2.5.3. Pengujian Hubungan Kadar Air dan Kepadatan (Modified Proctor Test) .....	26
2.5.4. Pengujian Campuran Dengan Uji Kuat Tekan .....	30
2.6 Pelaksanaan Campuran CTRB .....	33
2.6.1 Umum .....	33
2.6.2 Produksi Lapisan Perkerasan CTRB di Lapangan.....	34
2.7 Analisa Biaya .....	38

### **BAB III Metodologi**

3.1 Umum.....	39
3.2 Identifikasi Masalah .....	40
3.3 Studi Literatur .....	41
3.4 Pengambilan Sampel .....	42
3.5 Pencampuran CTRB Tanpa Modifikasi .....	42
3.6 Pemeriksaan Bahan Agregat .....	43
3.6.1. Pemeriksaan Gradasi RAP.....	43
3.6.2. Pemeriksaan Gradasi Sirtu.....	43
3.6.3. Pemeriksaan Gradasi Campuran.....	43
3.6.4. Penyerapan Agregat Sirtu .....	43
3.6.5. Kadar Air Optimum Campuran .....	44
3.7 Pencampuran CTRB Dengan Modifikasi.....	44
3.8 Pemeliharaan Benda Uji (Curing).....	45
3.9 Uji Kuat Tekan .....	46
3.10 Uraian Pelaksanaan Pekerjaan di Lapangan.....	46
3.11 Analisa Biaya .....	46

### **BAB IV HASIL DAN ANALISA DATA**

4.1 Umum.....	49
4.2 Pencampuran CTRB Tanpa Modifikasi .....	49
4.3 Pemeriksaan Bahan Agregat .....	49
4.3.1 Analisa Saringan (Sieve Analysis) Material RAP .....	49

4.3.2	Analisa Saringan (Sieve Analysis) Sirtu Kelas A.....	51
4.3.3	Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Agregat .....	52
4.3.4	Pemeriksaan Gradasi Campuran .....	52
4.3.5	Kadar Air Optimum .....	57
4.4	Pencampuran Hasil Modifikasi .....	59
4.5	Perlakuan Benda Uji Dengan Varias Teknik Pemeliharaan (Curing) .....	60
4.6	Pengujian Kuat Tekan .....	61
4.7	Kesimpulan Campuran Modifikasi .....	63

## **BAB V ANALISIS BIAYA**

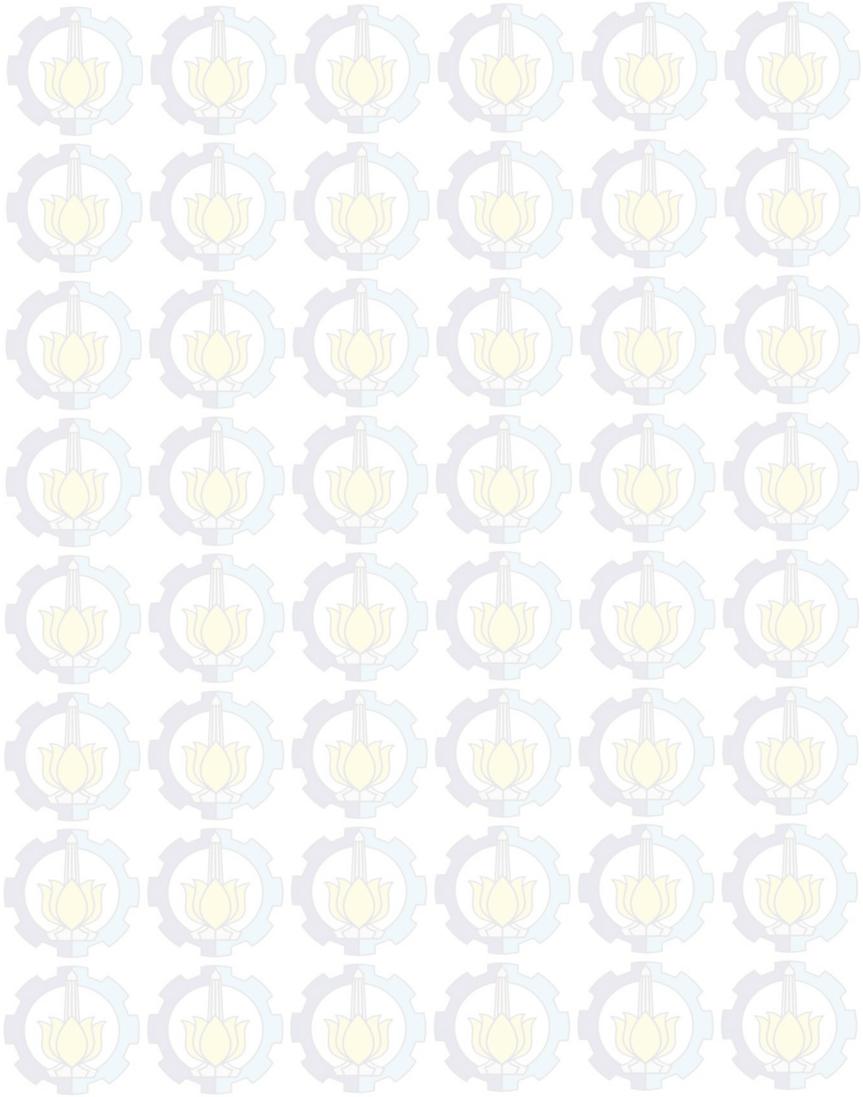
5.1	Umum.....	65
5.2	Daftar Upah dan Harga Bahan .....	65
5.3	Lapisan Perkerasan Non Recycling.....	67
5.3.1	Asumsi dan Uraian Pelaksanaan.....	67
5.3.2	Analisis Harga Satuan.....	68
5.4	Lapisan Perkerasan Recycling.....	70
5.4.1	Desain Tebal Perkerasan.....	71
5.4.2	Asumsi dan Uraian Pelaksanaan.....	80
5.4.3	Analisis Harga Satuan.....	82
5.5	Lapisan Perkerasan Kaku .....	84
5.5.1	Desain Tebal Perkerasan.....	84
5.5.2	Asumsi dan Uraian Pelaksanaan.....	93
5.5.3	Analisis Harga Satuan.....	94
5.6	Kesimpulan Dari Analisis Biaya .....	96

## **BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN**

6.1	Kesimpulan.....	73
6.2	Saran.....	74

## **DAFTAR PUSTAKA**

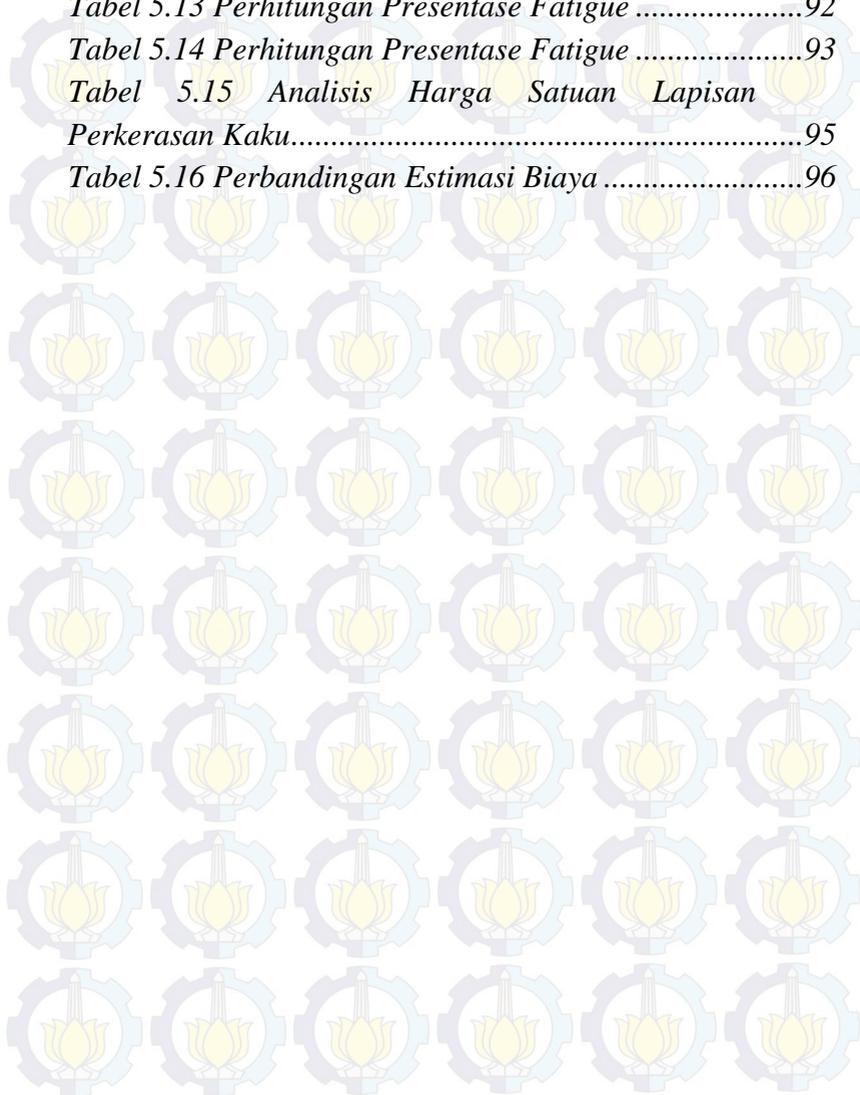
## **LAMPIRAN**



## DAFTAR TABEL

<i>Tabel 2.1 Gradasi Campuran RAP dan Agregat Sirtu Kelas A</i> .....	14
<i>Tabel 2.2 Persyaratan Agregat Sirtu Kelas A</i> .....	15
<i>Tabel 2.3 Daftar Alat Berat Pekerjaan CTRB</i> .....	35
<i>Tabel 3.3 Perbandingan penawaran setiap perusahaan</i> .....	47
<i>Tabel 4.1 Prosentase Gradasi Agregat Awal</i> .....	53
<i>Tabel 4.2 Batas Atas dan Bawah Gradasi Gabungan</i> .....	53
<i>Tabel 4.3 Prosentase Gradasi Gabungan</i> .....	54
<i>Tabel 4.4 Prosentase Gradasi Gabungan Optimum</i> .....	55
<i>Tabel 5.1 Daftar Upah Serta Harga Alat dan Bahan</i> .....	65
<i>Tabel 5.2 Analisis Harga Satuan Perkerasan non Recycling</i> .....	69
<i>Tabel 5.3 Koefisien <math>a_i</math> Sesuai Komponen Perkerasan</i> .....	74
<i>Tabel 5.4 Data Lalu Lintas Harian Gempol – Malang</i> .....	75
<i>Tabel 5.5 Perhitungan EAL (Equivalent 18 kips Axle Load)</i> .....	77
<i>Tabel 5.6 Analisis Harga Satuan Perkerasan Recycling</i> .....	82
<i>Tabel 5.7 Data Lalu lintas Harian Gempol – Malang</i> .....	84
<i>Tabel 5.8 Jumlah Sumbu Kendaraan Niaga</i> .....	86
<i>Tabel 5.9 Koefisien Distribusi (<math>C_d</math>)</i> .....	86
<i>Tabel 5.10 Jumlah Repetisi Selama Usia Rencana</i> .....	87
<i>Tabel 5.11 Perbandingan Tegangan dan Jumlah Pengulangan Beban Yang Diiijinkan</i> .....	91

<i>Tabel 5.12 Perhitungan Presentase Fatigue .....</i>	<i>91</i>
<i>Tabel 5.13 Perhitungan Presentase Fatigue .....</i>	<i>92</i>
<i>Tabel 5.14 Perhitungan Presentase Fatigue .....</i>	<i>93</i>
<i>Tabel 5.15 Analisis Harga Satuan Lapisan Perkerasan Kaku.....</i>	<i>95</i>
<i>Tabel 5.16 Perbandingan Estimasi Biaya .....</i>	<i>96</i>



## DAFTAR GAMBAR

<i>Gambar 1.1 Diagram Pelaksanaan Cement Treated Recycling Base</i> .....	2
<i>Gambar 2.1 Reclaimed Asphalt Pavement (RAP)</i> .....	10
<i>Gambar 2.2 Cold Milling Machine</i> .....	12
<i>Gambar 2.3 Proses Recycling Menggunakan Mesin WR 2500 S</i> .....	34
<i>Gambar 2.4 Alat-alat berat yang digunakan dalam pekerjaan CTRB</i> .....	36
<i>Gambar 3.1 Bagan Alir Metodologi Penelitian</i> .....	39
<i>Gambar 3.2 Bagan Campuran CTRB</i> .....	45
<i>Gambar 4.1 Grafik Gradasi Agregat RAP</i> .....	50
<i>Gambar 4.2 Grafik Gradasi Agregat Sirtu Kelas A</i> .....	52
<i>Gambar 4.3 Grafik Gradasi Gabungan 61%RAP + 39%Sirtu</i> .....	56
<i>Gambar 4.4 Grafik Gradasi Gabungan 67%RAP + 33%Sirtu</i> .....	56
<i>Gambar 4.5 Grafik Hubungan Kadar Air dan Kepadatan 100% Aspal Daur Ulang</i> .....	58
<i>Gambar 4.6 Grafik Hubungan Kadar Air dan Kepadatan 61%Aspal Daur Ulang + 39%Sirtu Kelas A</i> .....	59
<i>Gambar 4.7 Grafik Hubungan Kadar Air dan Kepadatan 67%Aspal Daur Ulang + 33%Sirtu Kelas A</i> .....	59
<i>Gambar 4.8 Skema Variasi Benda Uji</i> .....	60

<i>Gambar 4.9 Grafik Hasil Uji Kuat Tekan Bahan 100%RAP + semen</i> .....	61
<i>Gambar 4.10 Grafik Hasil Uji Kuat Tekan Bahan 61%RAP + 39%Sirtu Kelas A + semen</i> .....	62
<i>Gambar 4.11 Grafik Hasil Uji Kuat Tekan Bahan 61%RAP + 39%Sirtu Kelas A + semen</i> .....	62
<i>Gambar 5.1 Kolerasi Kuat Tekan dengan Koefisien <math>a_2</math></i> .....	72
<i>Gambar 5.2 Korelasi Koefisien <math>a_2</math> dengan Nilai CBR</i> .....	73
<i>Gambar 5.3 Korelasi Soil Support (<math>S_i</math>) dengan Nilai CBR</i> .....	74
<i>Gambar 5.4 Desain Ketebalan Hasil Perhitungan</i> .....	80
<i>Gambar 5.5 Korelasi CBR (%) dan Modulus Reaksi Tanah Dasar (MPa/mm)</i> .....	85
<i>Gambar 5.6 Nomogram STRT (Sumbu Tunggal Roda Tunggal)</i> .....	88
<i>Gambar 5.7 Nomogram STRG (Sumbu Tunggal Roda Ganda)</i> .....	89
<i>Gambar 5.8 Nomogram SGRG (Sumbu Ganda Roda Ganda)</i> .....	90

## KATA PENGANTAR

Puji syukur atas segala anugerah dan nikmat Sang Hyang Widhi Wasa sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini. Tugas akhir ini berjudul **“Optimalisasi Penggunaan Material Hasil Cold Milling Untuk Campuran Lapisan Base Course Dengan Metode Cement Treated Recycled Base”**

Penulis berusaha menyelesaikan tugas akhir ini dengan sebaik-baiknya, namun penulis juga menyadari bahwa Tugas Akhir ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu saran dan kritik kami terima demi kesempurnaan laporan Tugas Akhir ini.

Pada akhir prakata kami ingin mengucapkan terima kasih yang sebesar – besarnya kepada :

1. Sang Hyang Widhi Wasa yg selalu memberiku wara nugraha-Nya.
2. Mama, Papa, Mbak Didin, Bli Eka yang selalu mendukung dan mendoakanku. Terima kasih telah menjadi orang yang paling bisa penulis andalkan dalam keadaan apapun.
3. Bapak Prof. Ir. Indrasurya B. Mochtar, M.Sc, Ph.D dan Catur Arif Prastyanto, ST, M.Eng selaku dosen pembimbing Tugas Akhir yang telah banyak memberikan bimbingan, saran serta bantuan biaya pribadinya sendiri selama penelitian maupun penulisan Tugas Akhir. Terima kasih banyak Pak.
4. Bapak Ir. I Made Sukarta atas inspirasi, motivasi dan segala bantuan yang banyak diberikan kepada penulis selama penelitian maupun penulisan Tugas Akhir.
5. Para laboran di laboratorium Perhubungan dan Bahan Konstruksi Jalan Jurusan Teknik Sipil ITS (Pak Ngadi,

Pak Abid, Pak Wirawan), terima kasih untuk semua bantuannya.

6. Laboran di laboratorium Beton dan Bahan Bangunan khususnya Pak Hardjo, terima kasih banyak Pak.
7. Laboran di laboratorium Mekanika Tanah dan Batuan (Pak Umar)
8. Bapak Ir. Aman Soebakti M.Sc, selaku dosen wali.
9. Bapak Budi Suswanto, ST, MT, Ph.D. selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil FTSP – ITS
10. Partnerku, Putu Eka Udiyani Putri yang selalu setia dan sabar mengingatkan untuk segera menyelesaikan tugas akhir ini (Aweso-me!, Aweso-you!).
11. Guspri, Nirwan, Ryan, Hendra, Bicun, Agin, Cukong, Oliq, Diggy, Devina, Muhlas, Bimo, Yusnita, Andik, Fendy, Choirul dalam kebersamaannya menjalani masa-masa genting.
12. Semua teman-teman seangkatan S51, kalian yang terbaik.
13. Preman-preman dan adik-adik SaveStreetChildSurabaya, terima kasih atas inspirasi dan keceriaannya.
14. Semua bartender warkop Revo99 yang sudah sabar melayani klien tengah malammu ini.
15. Bapak dan Ibu dosen serta staf pengajar dan karyawan Jurusan Teknik Sipil FTSP – ITS.

Semoga laporan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat dan memberikan kontribusi kepada rekan – rekan semua.

Surabaya, Juli 2012

**Penulis**

# **OPTIMIZING THE USE OF COLD MILLING MATERIAL FOR BASE COURSE MIXTURE WITH CEMENT TREATED RECYCLED BASE METHOD**

Name of Student : Pradnyana  
NRP : 3108 100 108  
Department : Civil Engineering, FTSP-ITS  
1<sup>st</sup> Supervisor : Prof. Ir. Indrasurya B. Mochtar, M.Sc,  
Ph.D  
2<sup>nd</sup> Supervisor : Catur Arif Prastyanto, ST., M.Eng.

## **Abstract**

The maintenance of Asphalt Concrete pavement should be done when the pavement reach the surface final index, this mostly done by overlaying the previous pavement with new one so then the road elevation become increased. Elevation addition sometimes creates problems to complementary facilities such as signs, median path, shoulder of the road, and surrounding environment along the road. One of the solutions to maintain the road elevation is by removing or milling the old pavement with Cold Milling. The milling or road removal have a big amount of disposal known as Reclaimed Asphalt Pavement (RAP), so it's necessary to be recycled as it can be used for re-pavement. This done to reduce the usage of new materials.

The main problem is how the material resulted from Cold Milling can be reused for recycled base course layer pavement and how much does it cost. Furthermore, can it compete with the pavement without recycling process and how much does it cost if it compared to the rigid pavement.

This research is divided into two phases. The first, a 100% of RAP mixed and compacted directly by giving certain amount of water and cement. The second, produce a modified mixture from RAP with virgin base aggregate A-class, water and cement. Next, to calculate the cost estimation for this pavement recycling.

From the stressing test on the modified mixture, the highest average for sprayed curing method  $105,1\text{kgf/cm}^2$  resulted from minimum requirement  $78\text{kgf/cm}^2$ . While from aggregate material costs, base course layer pavement with recycled material is highly recommended that base course recycled mixture can be an alternative substitution for conventional base course with some savings up to Rp229.963,92 for each  $\text{m}^3$ . Furthermore, it can be another alternative compared to Rigid Pavement method in optimizing the age of road pavement design attainment. Produces the different up to Rp598.431,06 for each  $\text{m}^3$  works.

**Keywords :** *Recycled Road Pavement, Base Course, Cost Estimation, Cold Milling of Pavement.*

**OPTIMALISASI PENGGUNAAN MATERIAL HASIL  
COLD MILLING UNTUK CAMPURAN LAPISAN  
BASE COURSE DENGAN METODE CEMENT  
TREATED RECYCLED BASE**

Nama Mahasiswa : Pradnyana  
NRP : 3108 100 108  
Jurusan : Teknik Sipil FTSP-ITS  
Dosen Konsultasi I : Prof. Ir. Indrasurya B. Mochtar, M.Sc,  
Ph.D  
Dosen Konsultasi II : Catur Arif Prastyanto, ST., M.Eng.

**Abstrak**

Perbaikan perkerasan jalan AC dilakukan bila lapisan perkerasan AC telah mencapai indeks permukaan akhir, perbaikan perkerasan ini seringkali dilakukan hanya dengan melapisi perkerasan lama dengan perkerasan baru sehingga menambah elevasi jalan. Penambahan elevasi kadang-kadang menimbulkan masalah pada fasilitas pelengkap seperti rambu-rambu, median, bahu jalan dan lingkungan setempat. Salah satu cara untuk mempertahankan elevasi jalan adalah dengan mengupas terlebih dahulu lapisan permukaan perkerasan lama dengan cara *Cold Milling*. Hasil dari kupasan tersebut yang kemudian lebih dikenal dengan istilah *Reclaimed Asphalt Pavement* (RAP). Volume material tersebut tidak sedikit sehingga perlu diusahakan untuk didaur ulang sebagai bahan perkerasan jalan kembali. Hal ini dilakukan untuk mengurangi pemanfaatan material baru.

Permasalahan yang perlu dipecahkan adalah bagaimana caranya agar material hasil *Cold Milling* dapat dipergunakan lagi untuk daur ulang perkerasan jalan lapisan

*base course* dan berapa biayanya. Serta mampukah bersaing dengan jenis perkerasan tanpa dilakukan daur ulang dan juga bagaimana biayanya jika dibandingkan dengan jenis perkerasan kaku (*rigid*).

Penelitian ini dilakukan dalam dua tahap. Tahap pertama dibuat campuran 100% bahan aspal kupasan dan langsung dipadatkan dengan pemberian air dan semen dalam jumlah tertentu. Tahap kedua pembuatan campuran modifikasi yaitu campuran bahan aspal kupasan ditambah dengan agregat sirtu, air dan semen. Setelah itu dilakukan estimasi biaya perkerasan daur ulang ini.

Dari segi hasil pengujian kuat tekan terhadap benda uji campuran dengan modifikasi, didapatkan kuat tekan rata-rata paling tinggi untuk teknik *curing* semprot sebesar  $105,1\text{kgf/cm}^2$  dari persyaratan minimal  $78\text{kgf/cm}^2$ . Sedangkan dari segi biaya material agregat, perkerasan lapisan *base course* dengan material daur ulang sangat direkomendasikan, campuran daur ulang *base course* dapat menjadi alternatif pengganti *base course* konvensional dengan beberapa penghematan hingga sebesar Rp 229.963,92 per  $\text{m}^3$ . Serta dapat menjadi alternatif lain dibandingkan dengan Perkerasan Kaku beton (Rigid Pavement) dalam hal optimasi pencapaian umur rencana perkerasan jalan. Menghasilkan selisih Rp 598.431,06 per  $\text{m}^3$  pekerjaan.

**Kata kunci :** *Daur Ulang Perkerasan Jalan, Base Course, Estimasi Biaya, Bahan Garukan Jalan.*

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Perkerasan jalan tipe (AC) *Asphalt Concrete* merupakan jenis lapisan perkerasan yang banyak dipakai di Indonesia. Bila lapisan perkerasan AC telah mencapai indeks permukaan akhir artinya lapisan perkerasan tersebut dianggap sudah tidak memiliki nilai struktural lagi sehingga perlu diadakan perbaikan. Perbaikan perkerasan di Indonesia seringkali hanya sekedar melapisi perkerasan lama dengan perkerasan baru atau lebih dikenal dengan sistem *overlay*. Hal ini tentunya mengakibatkan semakin bertambahnya elevasi jalan akibat proses pelapisan berulang-ulang. Baik itu jalan luar kota maupun jalan dalam kota atau area padat penduduk semuanya dapat mengakibatkan banyak masalah.

Solusi untuk menghindari bertambahnya elevasi jalan ini adalah mengeruk terlebih dahulu lapisan permukaan perkerasan lama dengan cara *Cold Milling* sebelum dilakukan pelapisan perkerasan baru. Hal ini pastinya akan menambah biaya dan waktu pelaksanaan. Metode ini pun rupanya menyelesaikan satu masalah namun menimbulkan masalah baru, yaitu material hasil pengerukan yang jumlahnya tidak sedikit selama ini tidak dapat dimanfaatkan dengan optimal. Biasanya penggunaan material hasil kerukan tersebut hanya sebatas sebagai material urugan atau penambal saja, atau jika tidak diperlukan akan menjadi gundukan limbah tak berguna yang tidak sedap dipandang mata. Material hasil *Cold Milling* tersebut perlu diusahakan untuk didaur ulang sebagai bahan perkerasan jalan kembali demi kelestarian lingkungan hidup.

Sistem daur ulang perkerasan jalan mulai populer di negara maju sejak tahun 1980-an, seiring dengan kesadaran banyak orang tentang pentingnya pelestarian alam. Agar

sumber daya alam tidak cepat habis, agregat dan aspal dari perkerasan lama perlu dihemat dan dipakai lagi dengan sistem daur ulang. Di Indonesia, daur ulang perkerasan jalan ini baru dimulai satu atau dua tahun kemarin dengan adanya *trial* daur ulang ini pada jalan raya di Pantura Jawa oleh Bina Marga (PT. Tindodi Karya Lestari, 2009). Percobaan di Pantura dilakukan dengan sistem CTRB (*Cement Treated Recycled Base*) yaitu dengan cara mencampur RAP (*Reclaimed Asphalt Pavement*) atau RAM (*Reclaimed Agregate Material*) dengan semen menjadi lapisan *base*. Pada Gambar 1.1 dapat dilihat diagram pelaksanaan CTRB dari awal hingga akhir pelaksanaan.



Gambar 1.1 Diagram Pelaksanaan Cement Treated Recycled Base

Pertanyaan yang kemudian muncul adalah bagaimana caranya material hasil *Cold Milling* dapat dipergunakan lagi untuk daur ulang perkerasan jalan lapisan *base* dan berapa biayanya? Sebagaimana kita tahu material penyusun lapisan *base* umumnya adalah hanya tersusun atas agregat tipe A dengan gradasi tertentu. Sedangkan material hasil *Cold Milling* memiliki bentuk, kepadatan serta gradasi yg berbeda dengan material lama sehingga perlu diadakan penyelidikan lebih lanjut sebelum dilaksanakan proses daur ulang di

lapangan. Selain itu, akibat terkena garukan akan banyak agregat yang pecah, hal ini pastinya akan merubah penyelidikan gradasi pada material *Cold Milling* ini apakah masih berada dalam spesifikasi gradasi agregat A atau tidak. Setelah diputuskan langkah perbaikan (modifikasi) yang diperlukan serta mix desain yang tepat untuk mendapatkan lapisan *base* yang diinginkan, dengan diperolehnya proporsi campuran yang didapat dari mix desain tersebut barulah dapat dilakukan estimasi biaya campuran termodifikasi ini.

Penulis menganggap perlu untuk mengangkat topik ini sebagai bahan Tugas Akhir. Diharapkan dengan adanya Tugas Akhir ini nantinya kelebihan biaya untuk penggarukan/*Cold Milling* baik *operational cost* maupun *time cost* dapat diimbangi dengan penghematan dalam hal pengadaan material. Karena sekarang sudah banyak proyek jalan baru ataupun rehabilitasi jalan lama dengan perkerasan jalan beton. Sehingga perlu diketahui pula bagaimana nanti biaya pelaksanaan dengan cara CTRB ini apakah dapat bersaing dengan perkerasan jalan beton maupun dengan *Asphalt Concrete* biasa. Jika seluruh perbaikan jalan menggunakan konsep daur ulang ini nantinya akan tercipta suatu penghematan yang signifikan sehingga penggunaan anggaran pada tempat yang tidak semestinya bisa dihindari.

## 1.2 Perumusan Masalah

Permasalahan umum yang perlu dipecahkan adalah apakah perlu bahan tersebut dimodifikasi dan bagaimana caranya agar material hasil *Cold Milling* dengan metode CTRB dapat digunakan lagi untuk daur ulang perkerasan jalan lapisan *base* dan berapa biayanya?

Rincian Permasalahan:

1. Bagaimana hasil pencampuran dari 100% bahan garukan aspal (RAP) tersebut kalau hanya langsung dipadatkan tanpa dimodifikasi sama sekali (hanya material RAP+semen)?

2. Bagaimana dengan gradasi yang didapat dari material *Cold Milling* ini, apakah masih memenuhi persyaratan?
3. Bagaimana kualitas agregat sirtu kelas A yang telah didapatkan dari tambang di kabupaten Pasuruan?
4. Bagaimana kualitas campuran antara RAP dengan agregat sirtu kelas A?
5. Berapa banyak kadar air yang dibutuhkan untuk mencapai target kekuatan optimum sesuai dengan spesifikasi?
6. Bagaimana hasil pengujian kuat tekan campuran dengan variasi teknik *curing* atau pemeliharaan diantaranya:
  - a. Benda uji disemprot air dan dibungkus plastik.
  - b. Benda uji direndam dalam bak air.
  - c. Benda uji tanpa diberi perlakuan *curing*.
7. Bagaimana estimasi serta perbandingan biaya untuk suatu lapisan perkerasan ruas jalan Gempol – Malang bila dilaksanakan dengan:
  - a. Metode *Asphalt Concrete* biasa dengan lapisan *base course* 100% sirtu kelas A.
  - b. Metode *Asphalt Concrete* biasa dengan lapisan *base course* CTRB.
  - c. Metode perkerasan beton.

### 1.3 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah pada Optimalisasi Penggunaan Material Hasil *Cold Milling* ini adalah:

1. Penelitian dilakukan dengan metode eksperimental di Laboratorium Perhubungan Teknik Sipil ITS Surabaya.
2. Pelaksanaan pencampuran dilakukan sebatas pada eksperimen di laboratorium tanpa pengaplikasian di lapangan.
3. Pemeriksaan agregat material *Cold Milling* dibatasi hanya pemeriksaan gradasi dan penyerapan agregat saja, hal ini didasarkan nilai historis agregat tersebut yang sudah lolos sebagai bahan penyusun lapisan *base* (agregat A).

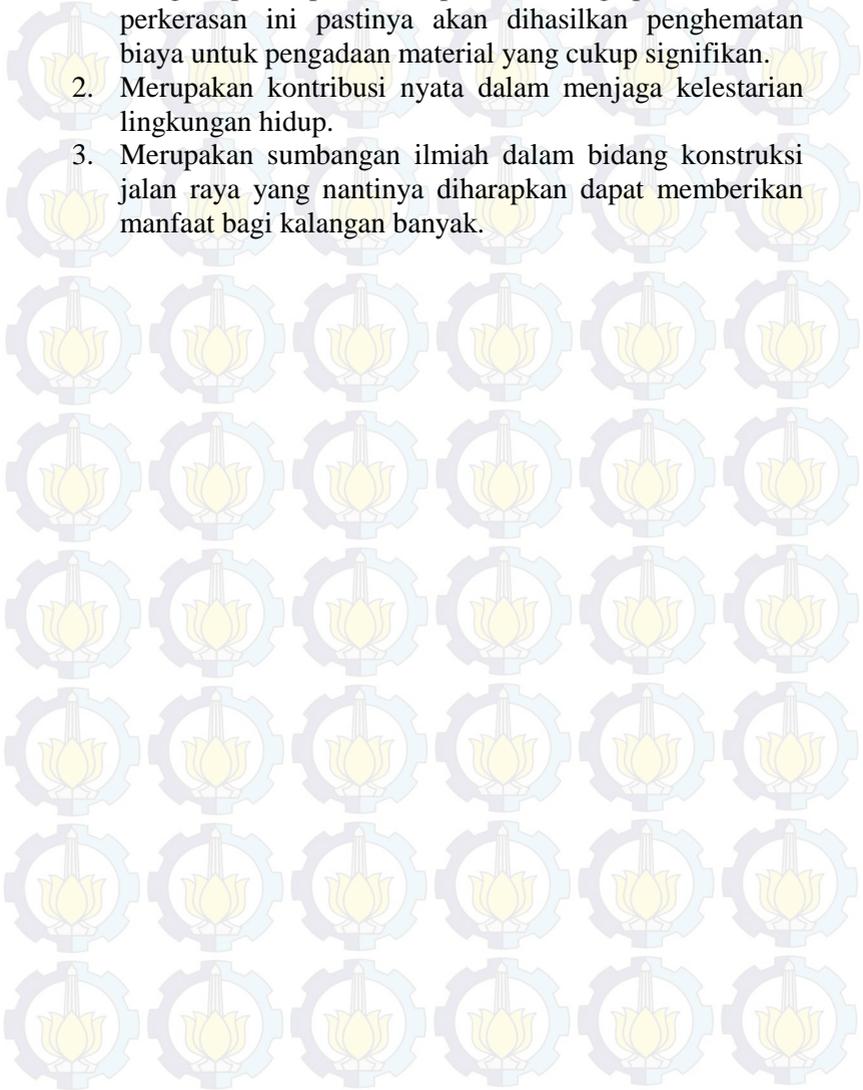
4. Proporsi semen ditentukan dari awal tidak melalui uji *trial and error*.
5. Pengujian Benda Uji Silinder menggunakan metode Kuat Tekan dengan alat *Universal Testing Machine*.
6. Analisis biaya lapisan perkerasan non *recycled* tidak membahas perhitungan koefisien bahan, alat maupun pekerja.

#### 1.4 Tujuan Penelitian

1. Mengetahui hasil pencampuran dari bahan *Cold Milling* tersebut kalau "*Do Nothing*", hanya langsung dipadatkan saja tanpa dimodifikasi sama sekali.
2. Mengetahui kesesuaian gradasi yang didapat dari material *Cold Milling* dengan spesifikasi sekaligus cara perbaikannya apabila terjadi ketidak sesuaian.
3. Mengetahui kualitas agregat sirtu kelas A yang telah didapatkan dari tambang di kabupaten Pasuruan.
4. Mengetahui kualitas campuran material hasil pencampuran kembali bahan dengan adanya perbaikan gradasi (modifikasi).
5. Mengetahui kadar air yang dibutuhkan untuk mencapai target kekuatan optimum sesuai dengan spesifikasi.
6. Mengetahui kekuatan tekan campuran dengan variasi teknik *curing* atau pemeliharaan diantaranya:
  - a. Benda uji disemprot air dan dibungkus plastik.
  - b. Benda uji direndam dalam bak air.
  - c. Benda uji tanpa diberi perlakuan *curing*.
7. Mendapatkan perkiraan serta perbandingan biaya untuk suatu lapisan perkerasan ruas jalan Surabaya-Gresik yang dilaksanakan dengan:
  - a. Metode *Asphalt Concrete* biasa dengan lapisan *base course* 100% sirtu kelas A.
  - b. Metode *Asphalt Concrete* biasa dengan lapisan *base course* CTRB.
  - c. Metode perkerasan beton.

### 1.5 Manfaat Penelitian

1. Dengan penerapan konsep daur ulang pada material perkerasan ini pastinya akan dihasilkan penghematan biaya untuk pengadaan material yang cukup signifikan.
2. Merupakan kontribusi nyata dalam menjaga kelestarian lingkungan hidup.
3. Merupakan sumbangan ilmiah dalam bidang konstruksi jalan raya yang nantinya diharapkan dapat memberikan manfaat bagi kalangan banyak.



## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Kerusakan Jalan Raya di Indonesia**

Kita di Indonesia sering menghadapi dilema bahwa perkerasan jalan-jalan kita rusak sebelum waktunya, lebih dini dari umur rencana untuk jalan tersebut. Perkerasan jalan yang direncanakan minimal untuk umur 5 tahun, biasanya sudah mulai menunjukkan kerusakan pada umur 1 atau 2 tahun dan yang direncanakan untuk umur 10 tahun ternyata telah mengalami kerusakan pada usia 5 tahun saja, bahkan kurang. Mengapa hal tersebut dapat terjadi dan apa yang salah?

Sebagian para ahli perkerasan jalan berpendapat bahwa “*ageing process*” (proses menua) dari aspal/bahan bitumen berlangsung relatif sangat cepat di daerah tropis, sehingga aspal menjadi getas dalam waktu relatif singkat dan lebih mudah menjadi retak. Problema inilah yang menyebabkan Bina Marga Indonesia pada pertengahan tahun 1980-an merubah sistem perancangan perkerasan jalan dari sistem AASHTO (Amerika) ke sistem BS (British Standard), yang bertujuan agar umur rencana perkerasan dapat ditingkatkan menjadi lebih lama, sehingga dapat mencapai umur rencana di atas 10 tahun.

Pada kenyataannya di lapangan, penerapan sistem yang baru (sistem British Standard) ternyata tidak sepenuhnya memberikan hasil seperti yang diharapkan. Kerusakan dini masih sering terjadi, sebagian besar bukan dalam bentuk keretakan tetapi bentuk gelombang, sungkur (*shoving*), keriting (*corrugation*), pengelupasan aspal (*raveling*) akibat geser di tikungan, kegemukan (*bleeding*), timbulnya alur secara dini (*premature rutting*), dll. Kondisi ini juga menyebabkan sebagian ahli beralih kembali ke sistem Amerika.

Sebagian ahli jalan lain berpendapat bahwa sumber kerusakan dini adalah muatan kendaraan pengangkut di Indonesia yang terlalu berlebihan, jauh di atas ketentuan standar yang berlaku menurut Bina Marga dan Departemen Perhubungan Indonesia. Untuk menanggulangi hal tersebut, Departemen Perhubungan mengaktifkan kembali Jembatan-Timbang di banyak ruas jalan di Indonesia. Akan tetapi ternyata jembatan-timbang tersebut juga tidak efektif karena hanya menjadi pusat pungli dan “KKN” di jalan-jalan raya. Truk-truk berat dengan muatan berlebihan bebas di jalanan, sehingga disinyalir truk-truk berat tersebut menjadi penyebab utama kerusakan dini (*premature deterioration*) dari perkerasan jalan di Indonesia.

Kondisi ini dibenarkan oleh Mochtar (1999), adalah praktek-praktek perancangan dan penggunaan jalan yang keliru di Indonesia yang merupakan penyebab kerusakan dini dan keretakan pada perkerasan jalan. Adapun kekeliruan tersebut antara lain :

- Beban/muatan kendaraan niaga yang berlebihan.
- Praktek yang salah dalam menentukan tebal D1 dan D2, untuk lapisan *surface* dan *base course* sebagai tebal minimum. Lapisan aspal beton terlalu tipis dan mudah retak akibat “*fatigue*” dilewati beban berulang.
- Tebal perkerasan hasil perhitungan tidak memadai bagi volume/beban lalu-lintas sesungguhnya di lapangan akibat kesalahan dari : asumsi, metode survey lalu-lintas, dan peraturan/pedoman yang berlaku.
- Stabilitas Marshall bahan perkerasan tidak memadai untuk beban lalu-lintas yang sesungguhnya. Muatan truk berat di Indonesia selalu berlebihan dan truk berat umumnya memompa roda/ban mereka antara 120 s/d 150 psi, maka batas minimal Stabilitas Marshall dari lapisan overlay adalah 1500 kg. Dengan desain Stabilitas Marshall perkerasan hot mix pada lapisan surface tipe AC (LASTON) dengan angka stabilitas

>1500 kg diharapkan dapat digunakan untuk mengatasi beban roda tersebut. Namun kenyataannya pembatasan muatan sumbu kendaraan tidak begitu ketat oleh Petugas Pengawasan dari Departemen Perhubungan.

- Pengaruh lainnya, seperti mutu pekerjaan yang dibawah standard, pengaruh adanya genangan air karena drainase yang kurang baik, dll.

Mochtar (1999) juga menambahkan proses *aging* pada aspal bukanlah penyebab utama terjadinya kerusakan dini pada perkerasan jalan. Metode perancangan perkerasan jalan **tidak perlu** beralih ke British Standard, karena metode AASHTO lebih sesuai bagi kondisi lalu-lintas di Indonesia.

Faktanya hingga hari ini kerusakan tersebut terus berlanjut dan para pemakai jalan raya di Indonesia harus menerima kenyataan bahwa banyak jalan raya yang baru saja diperbaiki, atau selesai direhabilitasi, dalam waktu 1 atau 2 bulan saja, atau bahkan di beberapa kasus hanya dalam hitungan beberapa bulan saja, jalan tersebut sudah rusak. Sebagai contoh kasus jalan tol Surabaya-Gempol yang harus dilapis-ulang berkali-kali ketebalan perkerasan jalan aspalnya di banyak tempat sudah melebihi 50 cm. Pada kondisi seperti ini, sudah tidak mungkin lagi menambah ketebalan lapisan perkerasan dengan cara *overlay*, karena ada persyaratan tinggi-bebas minimum antara muka perkerasan jalan dengan batas bawah jembatan *overpass*. Jadi pekerjaan lapis-ulang selanjutnya harus dilakukan dengan cara “scrapping” (menggaruk/memotong) dahulu lapisan perkerasan jalan yang lama, setebal lapisan yang akan di *overlay* (5 s/d 10 cm).

## 2.2 Reclaimed Asphalt Pavement (RAP)

Lapisan permukaan jalan-jalan direhabilitasi untuk memperbaiki kekurangan-kekurangan seperti rutting, retak, oksidasi, rapuh, penyusutan tidak beraturan, dan pengelupasan agregat dari aspal. Perkerasan aspal daur ulang dapat memberikan penghematan untuk pemerintah daerah

maupun investor lain, menciptakan peluang bisnis tambahan, menghemat energi ketika daur ulang dilakukan, serta konservasi sumber daya karena mengurangi agregat dan produk minyak bumi.

Material yang digunakan untuk daur ulang adalah RAP dan bila diperlukan ditambahkan semen dan agregat baru. Menurut Kearney (1997), RAP (Reclaimed Asphalt Pavement) pada awalnya adalah material limbah hasil dari proses konstruksi perkerasan yang dihancurkan. Biasanya, material limbah RAP seperti terlihat pada Gambar 2.1 di bawah ini digunakan sebagai bahan urugan. Namun ketika ada desakan krisis minyak dan isu lingkungan untuk mereduksi limbah, material RAP tersebut kemudian mulai dimanfaatkan secara progresif dengan cara diolah kembali dengan diberi bahan peremaja untuk dijadikan bahan perkerasan baru.

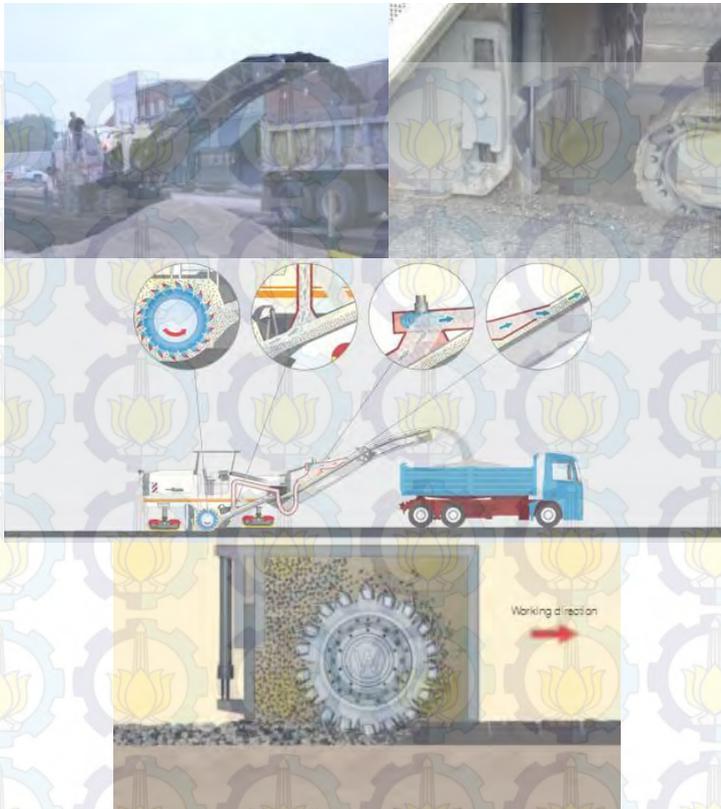


*Gambar 2.1 Reclaimed Asphalt Pavement (RAP)*

Salah satu kelemahan material RAP adalah variabilitasnya dan banyaknya kandungan kontaminan. Hal ini dapat dimengerti karena RAP biasanya material yang disimpan yang berasal dari beberapa sumber lokasi badan jalan yang berbeda-beda jenis perkerasannya dan komposisi campurannya. Material RAP juga sering terkontaminasi bahan granular, akar-akar tumbuhan, tanah lempung dan berbagai limbah lainnya (Tabakovic, 2007). Untuk itu,

penggunaan RAP untuk bahan bangunan harus dibawah pengawasan yang ketat dan dengan tindakan kendali mutu yang tepat. Hasil pencampuran RAP dengan agregat baru, semen dan bahan tambahan lainnya lebih dikenal dengan nama CTRB(*Cement Treated Recycled Base*) atau CTRSB (*Cement Treated Recycled Subbase*).

Cold Milling adalah penghancur perkerasan yang terkontrol untuk kedalaman yang dikehendaki, dengan peralatan penggilingan yang dirancang khusus untuk mengembalikan permukaan perkerasan kepada elevasi dan kemiringan yang ditentukan. Cold milling dapat digunakan untuk mengelupas sebagian atau seluruh lapisan aspal yang ada tergantung dari ketebalan lapisan permukaan aspal eksisting, jumlah material yang dikelupas bervariasi untuk memenuhi persyaratan tertentu dalam proyek ([www.millergroup.ca](http://www.millergroup.ca)). Pengembangan mesin Cold Milling dimulai pada akhir tahun 1970-an ketika mesin Grader dimodifikasi untuk penggilingan perkerasan aspal. Sejak saat itu terjadi kemajuan yang signifikan dalam ukuran, daya, lebar dan kedalaman penggilingan, produksi, serta efisiensi biaya pada alat Cold Milling. Sekarang Cold Milling sudah biasa dipergunakan dalam dunia konstruksi perkerasan jalan dan menjadi metode paling disarankan untuk mereklamasi bahan perkerasan beraspal. Untuk lebih jelasnya mengenai alat Cold Milling dapat dilihat pada Gambar 2.2.



*Gambar 2.2 Cold Milling Machine*

## 2.3 Perencanaan Campuran Perkerasan (Mix Desain)

### 2.3.1 Umum

Tahap-tahap perencanaan campuran (*mix design*) daur ulang lapisan base (*Cement Treated Recycled Base, CTRB*) adalah sebagai berikut :

- a) Pemeriksaan mutu bahan yang digunakan. Hasil pemeriksaan mutu bahan untuk mengetahui apakah bahan yang digunakan memenuhi persyaratan campuran CTRB.

b) Menentukan spesifikasi yang akan dipakai. Spesifikasi adalah harga-harga batas yang harus dipenuhi oleh campuran. Spesifikasi tersebut dibagi menjadi dua macam, yaitu : Spesifikasi gradasi (analisa saringan) dan mutu campuran (*mix property*).

Dan perlu dijadikan pertimbangan pula yaitu :

- Tipe konstruksi dimana pencampuran agregat, RAP dan semen tersebut dikerjakan (CTRB, CTRSB)
- Tebal lapisan yang direncanakan
- Jenis dan fungsi jalan untuk menentukan sifat permukaan yang dikehendaki.

c) Menentukan kombinasi dari bahan-bahan sehingga gradasi kombinasi campuran memenuhi spesifikasi gradasi yang ditentukan. Menentukan perbandingan bahan agregat ini dapat dilakukan dengan cara grafis atau cara analitis.

d) Job Mix Design, yaitu melakukan pengujian mutu campuran dengan alat tertentu (alat Marshall), campuran mempunyai beberapa variasi kadar semen. Dari Job Mix ini ditentukan kadar semen optimum yang dapat memenuhi spesifikasi untuk daur ulang lapisan base dari beberapa sumber yaitu :

- Dirjen Bina Marga Departemen Pekerjaan Umum
- ASTM

### 2.3.2 Perencanaan Campuran

Perencanaan campuran CTRB didasari pada hasil analisa saringan RAP dan RAM. Dari grafik kumulatif hasil analisa saringan dapat ditentukan jumlah prosentase masing-masing fraksi terhadap berat total seluruh agregat. Setelah prosentase berat

masing-masing ukuran untuk selanjutnya dikontrol jumlah prosen lolos terhadap spesifikasi yang diminta.

Jika gradasi campuran sudah memenuhi spesifikasi yang diminta, maka selanjutnya ditentukan berat masing-masing ukuran dan volume air untuk membuat benda uji.

Untuk menentukan kadar semen dan air yang paling optimum, benda uji diuji dengan Uji Kuat Tekan dengan “*Universal Testing Machine*”, dimana pada kadar semen dan air tersebut benda uji memenuhi persyaratan campuran.

#### 2.4 Spesifikasi Bahan dan Campuran CTRB

Dalam melaksanakan pengujian bahan maupun campuran daur ulang lapis perkerasan *base* (CTR<sub>B</sub>) perlu diketahui spesifikasi terkait pengujian tersebut, spesifikasi bahan dan campuran CTR<sub>B</sub> dapat dilihat pada Tabel 2.1 dan Tabel 2.2.

Tabel 2.1 Gradasi Campuran RAP dan Agregat Sirtu Kelas A

Saringan ASTM (mm)	% Lolos
50	100
37,5	95-100
19,0	45-80
4,75	25-50
2,35	8-30
1,18	0-8
0,075	0-5

Sumber : Spesifikasi Teknik Lapis Pondasi Agregat dengan Cement Treated Recycled Base (CTR<sub>B</sub>)  
SKPD-TP Dinas Bina Marga Provinsi Jawa Timur

Persyaratan lain dari agregat adalah sebagai berikut :

Tabel 2.2 Persyaratan Agregat Sirtu Kelas A

Sifat	Metode Pengujian	Persyaratan
Keausan Agregat dengan Mesin Abrasi Los Angeles	SNI 2417:2008	Maks. 35%
Indeks Plastisitas	SNI 1966:2008	Maks. 6%
Batas Cair	SNI 1967:2008	Maks. 35%
Kadar Lempung dan Butir Mudah Pecah dalam Agregat	SNI 03-4141-1996	Maks. 1%

Sumber : Spesifikasi Teknik Lapis Pondasi Agregat dengan Cement Treated Recycled Base (CTRB)  
SKPD-TP Dinas Bina Marga Provinsi Jawa Timur

## 2.5 Pemeriksaan Bahan dan Campuran

### 2.5.1 Analisa Saringan RAP (Reclaimed Asphalt Pavement)

Pemeriksaan analisa saringan ini disesuaikan dengan manual:

PB-0201-76, AASHTO T-27-74, ASTM C-136-46

#### 1. Maksud dan Tujuan

Pemeriksaan ini dimaksudkan untuk :

- a. Menentukan pembagian butir (gradasi agregat halus dan agregat kasar dengan menggunakan saringan yang sesuai dengan standar ASTM).
- b. Mengetahui ukuran butiran agar dapat menentukan suatu komposisi campuran agregat yang memenuhi spesifikasi yang ditentukan.

#### 2. Peralatan

- a. Timbangan dan neraca dengan ketelitian 0,2% dari berat benda uji

- b. Satu set saringan : **19,1 mm (3/4”); 12,5 mm (1/2”); 9,5 mm (3/8”); No.4; No.8; No.16; No.30; No.50; No.100; No.200; Pan** (standar ASTM)
- c. Oven yang dilengkapi dengan pengatur suhu untuk memanaskan sampai pada suhu  $(110\pm 5)$  °C.
- d. Alat pemisah contoh.
- e. Mesin pengguncang saringan.
- f. Talam-talam untuk tempat agregat.
- g. Kuas, sikat kuningan, sendok dan alat lainnya.

### 3. Benda Uji

Fraksi Agregat, digolongkan menjadi 3 fraksi :

- F1, ukuran  $1\frac{1}{2} - \frac{3}{4}$ ”
- F2, ukuran  $\frac{3}{4}$ ” – No.4
- F3, ukuran No.4 – No.200

Semua contoh yang digunakan sebagai benda uji diambil pada berat tetap.

Berat tetap adalah berat agregat kering oven pada suhu kamar dan diulang di oven satu jam lagi setelah didinginkan pada suhu kamar lagi maka beratnya tetap, oven harus senantiasa pada suhu  $(110\pm 5)$  °C, karena air pada suhu 100 °C akan menguap sehingga kandungan air pada agregat itu akan hilang.

Klasifikasi Agregat :

- Agregat kasar yaitu agregat yang tertahan pada saringan No.4
- Agregat halus yaitu agregat yang lolos melalui saringan No.4

Bila agregat berupa campuran dari agregat halus dan agregat kasar, agregat tersebut dipisahkan menjadi 2 bagian dengan saringan No.4, selanjutnya agregat halus dan agregat kasar

disediakan sebanyak jumlah seperti tercantum di atas.

Benda uji disiapkan sesuai dengan persyaratan (PB-0208-76) kecuali apabila butiran yang melalui saringan No.200 tidak perlu diketahui jumlahnya dan syarat-syarat ketelitian tidak menghendaki pencucian.

#### 4. Cara Kerja dan Pelaksanaan

Pelaksanaan disini disesuaikan buku petunjuk dengan nomor kode PB-0201-76.

- a. Benda uji dikeringkan didalam oven dengan suhu  $(110 \pm 5) ^\circ\text{C}$  sampai berat tetap.
- b. Benda uji disaring lewat susunan saringan dengan ukuran saringan paling besar ditempatkan paling atas. Saringan diguncang dengan tangan atau mesin pengguncang selama 15 menit.

### 2.5.2 Penyelidikan Agregat

#### 1. Analisa Saringan Agregat Halus dan Kasar

Pemeriksaan analisa saringan ini disesuaikan dengan manual:

PB-0201-76, AASHTO T-27-74, ASTM C-136-46

##### a. Maksud dan Tujuan

Pemeriksaan ini dimaksudkan untuk :

- 1) Menentukan pembagian butir (gradasi agregat halus dan agregat kasar dengan menggunakan saringan yang sesuai dengan standar ASTM).
- 2) Mengetahui ukuran butiran agar dapat menentukan suatu komposisi campuran agregat yang memenuhi spesifikasi yang ditentukan.

b. Peralatan

- 1) Timbangan dan neraca dengan ketelitian 0,2% dari berat benda uji
- 2) Satu set saringan : **19,1 mm (3/4")**; **12,5 mm (1/2")**; **9,5 mm (3/8")**; **No.4**; **No.8**; **No.16**; **No.30**; **No.50**; **No.100**; **No.200**; **Pan** (standar ASTM)
- 3) Oven yang dilengkapi dengan pengatur suhu untuk memanaskan sampai pada suhu  $(110\pm 5)$  °C.
- 4) Alat pemisah contoh.
- 5) Mesin pengguncang saringan.
- 6) Talam-talam untuk tempat agregat.
- 7) Kuas, sikat kuning, sendok dan alat lainnya.

c. Benda Uji

Frakasi Agregat, digolongkan menjadi 3 fraksi :

- F1, ukuran  $1\frac{1}{2}$  -  $\frac{3}{4}$ "
- F2, ukuran  $\frac{3}{4}$ " – No.4
- F3, ukuran No.4 – No.200

Semua contoh yang digunakan sebagai benda uji diambil pada berat tetap.

Berat tetap adalah berat agregat kering oven pada suhu kamar dan diulang di oven satu jam lagi setelah didinginkan pada suhu kamar lagi maka beratnya tetap, oven harus senantiasa pada suhu  $(110\pm 5)$  °C, karena air pada suhu 100 °C akan menguap sehingga kandungan air pada agregat itu akan hilang.

Klasifikasi Agregat :

- Agregat kasar yaitu agregat yang tertahan pada saringan No.4
- Agregat halus yaitu agregat yang lolos melalui saringan No.4

Bila agregat berupa campuran dari agregat halus dan agregat kasar, agregat tersebut dipisahkan menjadi 2 bagian dengan saringan No.4, selanjutnya agregat halus dan agregat kasar disediakan sebanyak jumlah seperti tercantum di atas.

Benda uji disiapkan sesuai dengan persyaratan (PB-0208-76) kecuali apabila butiran yang melalui saringan No.200 tidak perlu diketahui jumlahnya dan syarat-syarat ketelitian tidak menghendaki pencucian.

d. Cara Kerja dan Pelaksanaan

Pelaksanaan disini disesuaikan buku petunjuk dengan nomor kode PB-0201-76.

- 1) Benda uji dikeringkan didalam oven dengan suhu  $(110 \pm 5) ^\circ\text{C}$  sampai berat tetap.
- 2) Benda uji disaring lewat susunan saringan dengan ukuran saringan paling besar ditempatkan paling atas. Saringan diguncang dengan tangan atau mesin pengguncang selama 15 menit.

## 2. Penyerapan Agregat Kasar

Pemeriksaan ini disesuaikan dengan manual:

PB-0202-76, AASHTO T-85-74, ASTM C-127-68

a. Maksud dan Tujuan

Pemeriksaan ini dimaksudkan untuk :

Menentukan berat jenis (bulk), berat jenis kering permukaan jenuh (saturated surface dry) dan berat jenis semu (apparent) dari agregat kasar, dimana :

- 1) **Berat jenis** (bulk specific gravity) adalah perbandingan antara berat agregat kering dan berat air suling yang isinya sama

dengan isi agregat dalam keadaan jenuh pada suhu tertentu.

- 2) **Berat jenis kering permukaan (SSD)** adalah perbandingan antara berat agregat kering permukaan jenuh dan berat air suling yang isinya sama dengan isi agregat dalam keadaan jenuh pada suhu tertentu.
- 3) **Berat jenis semu** (apparent specific gravity) adalah perbandingan antara agregat kering dan berat air suling yang isinya sama dengan isi agregat dalam keadaan kering pada suhu tertentu.
- 4) **Penyerapan** adalah prosentase berat air yang dapat diserap pori terhadap berat agregat kering.

b. Peralatan

Peralatan yang dipakai dalam praktikum ini adalah :

- 1) Keranjang kawat No.6 atau No.8 (ukuran 3,35mm atau 2,36mm) dengan kapasitas kira-kira 5 kg.
- 2) Tempat air dengan kapasitas dan bentuk yang sesuai untuk pemeriksaan, tempat ini harus dilengkapi dengan pipa sehingga permukaan air selalu tetap.
- 3) Timbangan dengan kapasitas 5 kg dengan ketelitian 0,1% dari berat contoh yang ditimbang dan dilengkapi dengan alat penggantung keranjang.
- 4) Oven dengan pengatur suhu dengan temperatur  $(110 \pm 5) ^\circ\text{C}$ .
- 5) Alat pemisah contoh.
- 6) Saringan No.4

## c. Benda Uji

Benda Uji adalah agregat yang tertahan pada saringan No.4 yang diperoleh dari alat pemisah contoh sebanyak  $\pm 5$  kg.

## d. Cara Kerja dan Pelaksanaan

- 1) Benda uji dicuci untuk menghilangkan debu yang melekat pada permukaan agregat.
- 2) Benda uji dioven pada suhu  $105\text{ }^{\circ}\text{C}$  sampai pada berat tetap.
- 3) Benda uji didinginkan pada suhu kamar selama 1-3jam, kemudian ditimbang dengan ketelitian  $0,5$  gram (**Bk**).
- 4) Benda uji direndam dalam air pada suhu kamar selama  $\pm 24$  jam.
- 5) Mengeluarkan benda uji dari air dan mengelap dengan kain penyerap sampai kering permukaan (SSD), untuk butiran besar dilap satu persatu.
- 6) Menimbang benda uji permukaan jenuh (SSD).
- 7) Meletakkan benda uji dalam keranjang kemudian mengguncang untuk mengeluarkan udara yang tersekap diantara batu dan mengamati berapa beratnya dalam air (**Ba**).
- 8) Suhu air diukur untuk penyesuaian hitungan pada suhu standar ( $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ ).

## e. Perhitungan

Berat jenis

(Bulk Specific Gravity)

$$= \frac{Bk}{Bj - Ba}$$

Berat jenis kering permukaan jenuh

(Saturated Surface Gravity)

$$= \frac{B_j}{B_j - B_a}$$

Berat jenis semu  
(Apparent Specific Gravity)

$$= \frac{B_k}{B_k - B_a}$$

Penyerapan

$$= \frac{B_j - B_k}{B_k} \times 100\%$$

dimana,

Bk = berat benda uji kering oven (gram)

Bj = berat benda uji kering permukaan jenuh  
(gram)

Ba = berat benda uji kering permukaan jenuh  
dalam air (gram)

### 3. Penyerapan Agregat Halus

Pemeriksaan ini disesuaikan dengan :

PB-0203-76, AASHTO T-84-74, ASTM C-128-68

a. Maksud dan Tujuan

Pemeriksaan ini dimaksudkan untuk :

Menentukan berat jenis (bulk), berat jenis kering permukaan jenuh (saturated surface dry) dan berat jenis semu (apparent) dari agregat kasar, dimana :

- 1) **Berat jenis** (bulk specific gravity) adalah perbandingan antara berat agregat kering dan berat air suling yang isinya sama dengan isi agregat dalam keadaan jenuh pada suhu tertentu.
- 2) **Berat jenis kering permukaan (SSD)** adalah perbandingan antara berat agregat

kering permukaan jenuh dan berat air suling yang isinya sama dengan isi agregat dalam keadaan jenuh pada suhu tertentu.

- 3) **Berat jenis semu** (apparent specific gravity) adalah perbandingan antara agregat kering dan berat air suling yang isinya sama dengan isi agregat dalam keadaan kering pada suhu tertentu.
- 4) **Penyerapan** adalah prosentase berat air yang dapat diserap pori terhadap berat agregat kering.

b. Peralatan

Peralatan yang dipakai dalam praktikum ini adalah :

- 1) Timbangan kapasitas 1 kg atau lebih dengan ketelitian 0,1 gram.
- 2) Piknometer dengan kapasitas 500 ml.
- 3) Kerucut terpancung (cone), diameter bagian atas ( $40\pm 3$ ) mm, diameter bagian bawah ( $90\pm 3$ ) mm dan tinggi ( $75\pm 3$ ) mm, dibuat dari logam tebal minimum 0,8 mm.
- 4) Batang penumbuk yang mempunyai bidang penumpung rata, berat ( $350\pm 15$ ) gram, diameter permukaan ( $25\pm 3$ ) mm.
- 5) Saringan No.4
- 6) Oven yang dilengkapi dengan pengatur suhu untuk memanaskan sampai ( $110\pm 5$ ) °C.
- 7) Pengukur suhu dengan ketelitian pembacaan 1 °C.
- 8) Talam.
- 9) Bejana tempat air.
- 10) Pompa hampa udara (vacuum pump) atau tungku.
- 11) Air suling.

12) Desikator.

c. Benda Uji

Benda uji adalah agregat yang lewat saringan No.4, diperoleh dari alat pemisah contoh sebanyak 500 gram.

d. Cara Kerja dan Pelaksanaan

- 1) Benda uji dikeringkan dalam oven pada suhu  $(110 \pm 5)$  °C, sampai mencapai berat yang tetap. Yang dimaksud berat tetap adalah keadaan benda uji selama 3 kali proses penimbangan dan pemanasan dalam oven dengan selang waktu 2 jam berturut-turut, tidak akan mengalami perubahan kadar air lebih besar dari pada 0,1%. Diinginkan dalam suhu ruang, kemudian direndam dalam air selama  $(24 \pm 4)$  jam.
- 2) Membuang air perendam dengan hati-hati supaya tidak ada butiran yang hilang, lalu menebarkan agregat diatas talam dan mengeringkan di udara panas dengan cara mmbalikkan benda uji. Pengeringan dilakukan sampai mencapai kering permukaan jenuh.
- 3) Memeriksa keadaan kering permukaan jenuh dengan cara memasukkan benda uji ke dalam kerucut terpancung, dipadatkan dengan batang penumbuk sebanyak 25 kali, angkat kerucut terpancung. Keadaan kering permukaan jenuh tercapai bila benda uji runtuh tetapi masih dalam keadaan tercetak.
- 4) Setelah tercapai keadaan kering permukaan jenuh, 500 gram benda uji dimasukkan ke dalam piknometer. Memasukkan air suling dijaga agar jangan sampai terlihat

gelembung udara di dalamnya. Untuk mempercepat proses ini, dapat digunakan pompa hampa udara, tetapi harus diperhatikan jangan sampai ada air yang ikut terhisap, dapat juga dilakukan dengan cara merebus piknometer.

- 5) Merendam piknometer dalam air dan mengukur suhu air untuk penyesuaian perhitungan kepada suhu standar 25 °C.
- 6) Menambah air sampai mencapai tanda batas.
- 7) Menimbang piknometer yang berisi air dan benda uji sampai ketelitian 0,1 gram (**Bt**).
- 8) Benda uji dikeluarkan, dikeringkan dalam oven dengan suhu 110 °C sampai mencapai berat tetap, kemudian didinginkan dalam desikator.
- 9) Setelah benda uji dingin kemudian ditimbang (**Bk**).
- 10) Menentukan berat piknometer berisi air penuh dan ukur suhu air guna penyesuaian dengan suhu standar 25 °C (**B**).

e. Perhitungan

- 1) Berat jenis  
(Bulk Specific Gravity)

$$= \frac{Bk}{B + 500 - Bt}$$

- 2) Berat jenis kering permukaan jenuh  
(Saturated Surface Gravity)

$$= \frac{500}{B + 500 - Bt}$$

- 3) Berat jenis semu

(Apparent Specific Gravity)

$$= \frac{Bk}{B + Bk - Bt}$$

$$4) \text{ Penyerapan} = \frac{500 - Bk}{Bk} \times 100\%$$

dimana,

Bk = berat benda uji kering oven (gram)

Bj = berat piknometer berisi air (gram)

Bt = berat piknometer berisi benda uji dan air (gram)

### 2.5.3 Pengujian Hubungan Kadar Air dan Kepadatan (Modified Proctor Test)

#### 1. Peralatan

a. Cetakan diameter 102 mm (4") kapasitas 0,000943±0,000008 m<sup>3</sup> dengan diameter dalam 101,6±0,406 mm tinggi 116,43±0,127 mm.

b. Cetakan 152 mm (6") kapasitas 0,002124±0,000021 m<sup>3</sup> dengan diameter dalam 152,4±0,6609 mm tinggi 116,43±0,127 mm.

c. i. Alat penumbuk tangan dari logam yang mempunyai permukaan tumbuk rata, diameter 50,8±0,127 mm, toleransi 0,013 mm dan berat 4,5359±0,0081 kg. Alat penumbuk dilengkapi dengan selubung yang bisa mengatur tinggi jatuh secara bebas setinggi 457,2±1,524 mm.

Selubung harus sedikitnya mempunyai 2 x 4 buah lubang udara yang berdiameter tidak lebih kecil dari 9,5 mm dengan poros tegak lurus satu sama lain berjarak 19mm dari

kedua ujung. Selubung harus cukup longgar sehingga batang penumbuk dapat jatuh bebas tidak terganggu.

- ii. Dapat juga dipergunakan alat penumbuk mekanis, dari logam yang dilengkapi alat pengontrol tinggi jatuh bebas  $457,2 \pm 1,524$  mm di atas permukaan dan dapat membagi-bagi tumbukan secara merata di atas permukaan.

Alat penumbuk harus mempunyai permukaan tumbuk yang rata berdiameter  $50,8 \pm 0,127$  mm dan berat  $4,5359 \pm 0,0081$  kg.

- d. Alat pengeluar contoh.
- e. Timbangan kapasitas kira-kira 11,5 kg dengan ketelitian sampai 5 gram. Neraca kapasitas minimal 1 kg dengan ketelitian 0,1 gram.
- f. Oven, yang dilengkapi dengan pengatur suhu untuk memanasi sampai  $(110 \pm 5)^\circ\text{C}$ .
- g. Alat perata dari besi (straight edge) panjang 25 cm, salah satu sisi memanjang harus tajam dan sisi lain datar (0,01% dari panjang).
- h. Saringan 50 mm (2"), 19 mm ( $\frac{3}{4}$ ") dan 4,75 mm (no.4).
- i. Talam, alat pengaduk dan sendok.

## 2. Benda Uji

- a. Bila contoh tanah yang diterima dari lapangan masih dalam keadaan lembab, keringkan contoh tersebut sehingga menjadi gembur.

Pengeringan dapat dilakukan diudara atau dengan alat pengering lain dengan suhu tidak melampaui  $60^\circ\text{C}$ . Kemudian gumpalan tanah tersebut ditumbuk tetapi butir aslinya tidak pecah.

- b. Tanah yang sudah dihancurkan disaring dalam saringan  $\frac{3}{4}$ ".
- c. Jumlah contoh yang sesuai untuk masing-masing cara pemeriksaan adalah sebanyak 20 kg.
- d. Benda uji dibagi menjadi 6 bagian, tiap-tiap bagian dicampur dengan air yang ditentukan dan diaduk sampai merata. Penambahan air diatur sehingga didapat benda-benda uji sebagai berikut :
  - contoh dengan kadar air kira-kira dibawah kadar air optimum.
  - contoh dengan kadar air kira-kira diatas kadar air optimum.

Penambahan air dari benda uji masing-masing antara 1-3%.

- e. Masing-masing benda uji dimasukkan ke dalam kantong plastic dan disimpan selama 12 jam atau sampai kadar airnya merata.
3. Cara Pelaksanaan
- a. Timbang cetakan diameter 102 mm dan keping alas dengan ketelitian 5 gram ( $B_1$  gram).
  - b. Cetakan, leher dan keping alas dijadikan satu, dan ditempatkan pada landasan yang kokoh.
  - c. Ambil salah satu dari keenam contoh, diaduk dan dipadatkan didalam cetakan dengan cara seperti berikut:

Jumlah seluruh tanah harus tepat sehingga tinggi kelebihan tanah yang diratakan setelah leher dilepas tidak lebih dari 0,5 cm.

Pemadatan dilakukan dengan alat penumbuk Modified 4,54 kg (10 lbs) dengan tinggi jatuh 45,7 mm (18"). Tanah dipadatkan dalam 5

lapisan dan tiap-tiap lapisan dipadatkan dengan 25 tumbukan.

- d. Potong kelebihan tanah dari bagian keliling leher, dengan pisau dan lepaskan leher sambung.
- e. Pergunakan alat perata untuk meratakan kelebihan tanah sehingga betul-betul rata dengan permukaan cetakan.
- f. Timbang cetakan berisi benda uji beserta keping alas dengan ketelitian 5 gram ( $B_2$  gram).
- g. Keluarkan benda uji tersebut dari cetakan dengan mempergunakan alat pengeluar benda uji (extruder) dan potong sebagian kecil dari benda uji pada keseluruhan tingginya untuk pemeriksaan kadar air. Tentukan kadar air ( $W$ ) dari benda uji sesuai dengan cara PB-0210-76.

#### 4. Perhitungan

- a. Hitung berat isi basah dengan mempergunakan rumus-rumus berikut :

$$\gamma = -\frac{B_2 - B_1}{V} (gr/cm^3)$$

$\gamma$  = berat isi basah ( $gr/cm^3$ )

$B_1$  = berat cetakan + keping alas dan benda uji  
(gr)

$B_2$  = berat cetakan + keping alas dan benda uji  
(gr)

$V$  = isi cetakan ( $cm^3$ )

- b. Hitung berat isi kering dengan mempergunakan rumus berikut :

$$\gamma_d = -\frac{\gamma + 100}{100 + W} (gr/cm^3)$$

$\gamma_d$  = berat isi basah ( $\text{gr}/\text{cm}^3$ )

W = kadar air (%)

## 2.5.4 Pengujian Campuran Dengan Uji Kuat Tekan

### 1. Peralatan

- a. Cetakan cor di tempat harus mempunyai diameter minimum 3 (tiga) kali ukuran agregat maksimum nominal. Perbandingan tinggi terhadap diameter tengah benda uji (L/D) setelah dikaping minimal 1,0 dan lebih baik antara 1,5 sampai 2,0. Cetakan harus terbuat dari silinder bulat utuh, dengan ukuran diameter dalam 100 mm. Perbedaan rata-rata terhadap diameter nominal tidak lebih dari 1% serta perbedaan yang satu dengan yang lainnya tidak lebih dari 2%. Bidang atas dan dasar cetakan harus tegak lurus sumbu cetakan dengan perbedaan maksimum  $0,5^\circ$  (ekivalen 3 mm banding 300 mm).
- b. Cetakan harus kedap air dan memenuhi kriteria tentang kebocoran air sesuai spesifikasi ASTM C 470. Cetakan dan alat bantu harus terbuat dari bahan kedap air, tidak reaktif terhadap terhadap beton semen Portland atau semen hidrolis lainnya. Cetakan tersebut harus kuat dan kaku agar pada saat pelaksanaan konstruksi tidak terjadi kerusakan atau hancur, atau berdeformasi pada saat diisi beton segar. Cetakan tersebut harus dapat menahan deformasi yang terjadi yang terjadi pada saat beton mengalami proses pengerasan sehingga perbedaan diameter dari setiap dua bidang horizontal yang sejajar tidak boleh lebih dari 1,6 mm.

c. Tepi atas bagian luar cetakan harus mempunyai alat pengatur agar cetakan berada di tengah-tengah dan mempunyai sayap yang terletak pada bagian atas penyangga (diuraikan pada butir 5.4) dan menutup celah antara cetakan dan penyangga. Pada sayap harus ada bagian untuk dapat memutar dan mengeluarkan cetakan secara vertikal.

d. Penyangga harus berbentuk silinder sempurna dan merupakan tabung yang kaku agar dapat mengakomodasikan cetakan yang disyaratkan pada butir 5.1 dan bersentuhan secara konsentris serta menyangga sayap cetakan. Penyangga harus dilengkapi alat pengatur tinggi rendah sesuai ketebalan beton dan harus sesuai dengan penyangga bagian luar agar memungkinkan pemakuan atau bentuk penguatan lainnya pada acuan pelat beton atau besi tulangan. Untuk mencegah masuknya batu mortar ke dalam ruang diantara penyangga dan cetakan alat.

## 2. Pemasangan Alat

a. Setelah acuan dan penulangan selesai dikerjakan, kencangkan penyangga pada acuan menggunakan paku atau sekrup. Atur penyangga sedemikian rupa sehingga permukaan cetakan sebidang dengan elevasi permukaan beton. Lokasi penempatan cetakan harus ditandai pada gambar rencana agar memudahkan identifikasi lokasi setelah pengecoran.

b. Letakkan cetakan pada penyangga sehingga sayap cetakan tertumpu secara merata oleh slongsong yang berfungsi mencegah masuknya beton atau mortar diantara cetakan dan penyangga.

### 3. Cara dan Pelaksanaan

- a. Periksa cetakan untuk menjamin kebersihannya dan bebas dari bekas adukan atau benda asing. Isi cetakan ketika pengecoran berlangsung. Isi cetakan ketika pengecoran bahan sedang berlangsung di sekitar lokasi cetakan.
- b. Kepadatan beton di dalam acuan akan bervariasi mengikuti kondisi pengecoran. Pada pelaksanaan konstruksi yang normal di lapangan bila beton di sekeliling cetakan dipadatkan menggunakan penggetar internal, maka untuk memadatkan beton dalam cetakan gunakanlah alat penggetar yang sama dengan cara menempelkan alat tersebut pada bagian penyangga cetakan bagian luar. Tidak diijinkan untuk menggetarkan beton di dalam cetakan, kecuali pada kondisi tertentu yang mana cara ini harus dengan penyelesaian permukaan beton disekelilingnya.
- c. Perawatan benda uji. Berikanlah perawatan dan perlakuan yang sama untuk benda uji seperti yang dilakukan untuk beton disekelilingnya. Catat temperatur maksimum dan minimum pada permukaan beton selama perawatan untuk dimasukkan dalam laporan. Biarkan cetakan benda uji tetap pada tempatnya sampai diangkut ke lokasi pengujian.
- d. Lepaskan cetakan dari penyangga dengan hati-hati sehingga tidak merusak benda uji secara fisik, mulai saat pemindahan dari struktur hingga saat pengujian. Pertahankan perbedaan temperatur benda uji dan pelat beton  $\pm 6^{\circ}\text{C}$  saat pemindahan dari struktur sampai saat pengujian. Waktu pengangkutan ke laboratorium tidak lebih dari 4 jam setelah pengambilan. Berikan

perlindungan pada benda uji selama pengangkutan dengan bahan yang sesuai untuk melindungi kerusakan dari guncangan, temperature pembekuan, atau hilangnya kelembaban atau kombinasi dari semua.

e. Pengujian benda uji.

Keluarkan benda uji dari cetakan, berikan kaping sesuai dengan Tata Cara SNI 03-4168-1996, dan uji sesuai metode pengujian SNI 03-1974-1990. Lakukan uji kuat tekan pada kondisi kelembaban benda uji kecuali disyaratkan lain oleh spesifikasi tertentu.

4. Perhitungan

Hitung kuat tekan benda uji menggunakan luas penampang melintang yang dihitung berdasarkan diameter rata-rata benda uji. Jika perbandingan tinggi terhadap diameter benda uji kurang dari 2,0, maka akibat pengaruh L/D, kekuatan yang belum dikoreksi harus dikalikan dengan faktor koreksi terdekat sesuai dengan SNI 03-2492-1991.

## 2.6 Pelaksanaan Campuran CTRB

### 2.6.1 Umum

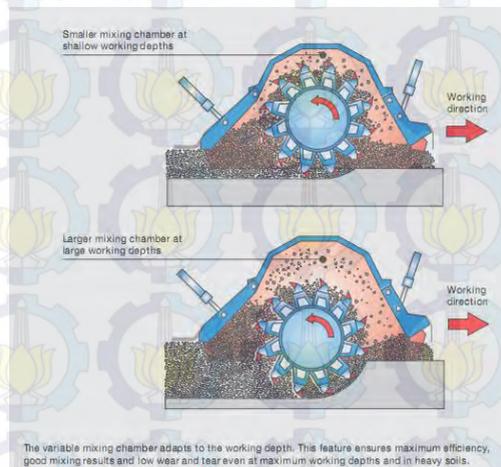
Dalam pelaksanaan di lapangan, metode *Cold Recycling* pada dasarnya dikenal memiliki dua jenis metode *recycling* yaitu “*in-place recycling*” (daur ulang di tempat) dan “*in-plant recycling*” (daur ulang di lokasi mesin pengolah). Pada metode *in-place recycling*, perkerasan yang sudah rusak digali, dihancurkan, digiling dan dilakukan pencampuran di tempat dengan diberi bahan tambahan, kemudian langsung dipadatkan untuk menjadi perkerasan baru. Sedangkan pada metode *in-plant recycling*, material perkerasan yang rusak digali dan dihancurkan dan

kemudian dibawa ke lokasi mesin pengolah untuk dilakukan proses pencampuran dengan diberi bahan tambahan.

Namun, dalam pekerjaan CTRB, metode yang digunakan hanya *in-place recycling*, karena pencampuran bahan tambahan berupa semen memiliki waktu setting yang singkat sehingga tidak mungkin untuk dilakukan pencampuran di lokasi mesin pengolah.

### 2.6.2 Produksi Lapisan Perkerasan CTRB di Lapangan

Mesin WR pabrikan Wirtgen merupakan alat pencampur perkerasan aspal daur ulang yang dapat dimobilisasi, sehingga proses daur ulang dengan *in-place recycling* dapat dilakukan. Secara visual proses daur ulang lapisan perkerasan *base* dapat dilihat pada Gambar 2.3.



Gambar 2.3 Proses Recycling Menggunakan Mesin WR 2500 S

Tak hanya Mesin WR sebagai *recycler* saja yang dibutuhkan dalam pekerjaan CTRB di lapangan. Alat-alat berat lainnya juga dibutuhkan dalam pekerjaan CTRB, daftar alat-alat berat dapat dilihat pada Tabel 2.3. dan Gambar 2.4.

Tabel 2.3 Daftar Alat Berat Pekerjaan CTRB

No.	Daftar Alat Berat	Unit
1	Cold Milling Machine (a)	1
2	Dump Truck (b)	2
3	Cement Spreader (c)	1
4	Motor Grader (d)	1
5	Compactor Smooth Drum (e)	1
6	Compactor Pad Foot (f)	1
7	Water Tank Truck (g)	1
8	Pneumatic Tire Roller (h)	1
9	Water Tank Truck (i)	1
10	WR 2500 S (j)	1



*Gambar 2.4. Alat-alat berat yang digunakan dalam pekerjaan CTRB*

Lebih jelasnya mengenai proses *Cement Treated Recycled Base* adalah sebagai berikut :

1. Aspal eksisting pada lapisan teratas perkerasan jalan dikelupas dengan alat *Cold Milling Machine* dan dipindahkan ke *dump truck* untuk selanjutnya disimpan di lokasi penyimpanan RAP, baik itu di *site* ataupun di *stock pile* untuk digunakan kemudian setelah penyelidikan gradasi RAP selesai dilakukan dan atau pembentukan elevasi baru bila diperlukan.
2. Setelah hasil analisa gradasi RAP didapat, kemudian ditentukan jumlah agregat baru yang diperlukan untuk memperbaiki bentuk gradasi

RAP menjadi lebih baik, sesuai dengan spesifikasi yang diinginkan. Kemudian sejumlah material agregat yang dibutuhkan dihamparkan di lokasi dan dilakukan pemadatan setelahnya dengan alat berat *pad foot compactor* dan *smooth drum vibro-compacto* serta *Pneumatic Tire-Roller* untuk finishing halusya.

3. Kemudian dilakukan penghamparan RAP di atas lapisan agregat yang telah dulu dipadatkan. Dan selanjutnya dipadatkan dengan alat berat yang sama untuk memadatkan lapisan agregat. Pengecekan elevasi selalu dilakukan setiap pemadatan masing-masing lapisan.
4. Semen curah kemudian dihamparkan di atas lapisan RAP dengan ketebalan tertentu sesuai dengan spesifikasi yang diinginkan dengan mesin *Cement Spreader*.
5. Proses selanjutnya adalah proses *mixing* (pencampuran) beberapa material yang sudah dihamparkan sebelumnya yakni agregat lama, tambahan agregat baru, aspal daur ulang (RAP) dan semen menggunakan mesin *Recycler* dengan terus disemprotkan air selama proses *mixing* dilakukan.
6. Bila dalam pengecekan secara visual kondisi hasil pencampuran dirasa masih kurang, harus ditambah air lagi dengan menggunakan *water tank truck* secara merata hingga mencapai kadar air optimal.
7. Selanjutnya dilakukan *curing* (perawatan) dengan menyemprotkan air dengan *water tank truck* selama 4 hari berturut-turut, tiga kali sehari atau sesuai dengan kondisi kadar air di lapangan.

## 2.7 Analisa Biaya

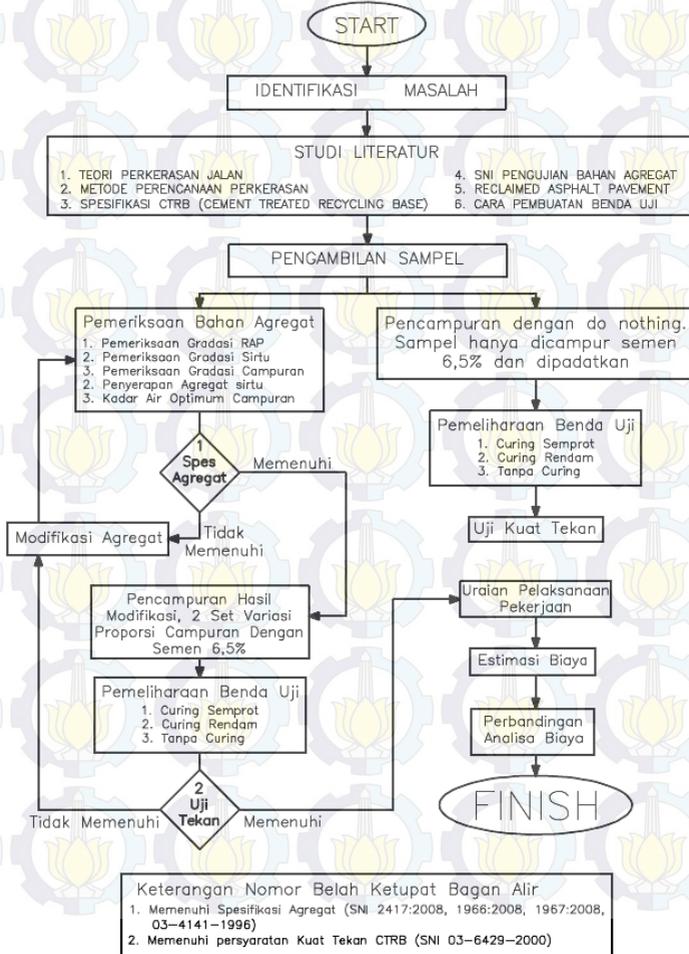
Menyusun analisa biaya adalah tahap paling penting dalam analisa sebuah proyek modal. Ada banyak variable terlibat di dalam merencanakan analisa biaya, dan melibatkan partisipasi banyak individu mulai dari *engineer* sampai akuntan biaya dan pemasaran.

Untuk perhitungan estimasi biaya pelaksanaan di lapangan menggunakan harga satuan terbaru dari dinas yang terkait, yakni Kementerian Pekerjaan Umum Dirjen Bina Marga. Penentuan harga satuan untuk lapisan base course non recycled yang diantaranya: koefisien bahan, tenaga dan alat mengacu pada proyek rehabilitasi/pemeliharaan jalan dan jembatan Balai Pemeliharaan Jalan Jawa Timur, paket pemeliharaan berkala jalan jurusan Gempol-Malang.

## BAB III METODOLOGI

### 3.1. Umum

Secara umum diagram alir proses penelitian dapat dilihat pada Gambar 3.1.



*Gambar 3.1 Bagan Alir Metodologi Penelitian*

### 3.2. Identifikasi Masalah

Tahap ini mempelajari tentang bagaimana mengidentifikasi permasalahan-permasalahan yang timbul dan merumuskannya menjadi suatu tujuan yang harus diselesaikan untuk mengatasi permasalahan utama. Untum mempermudah pembahasan dan agar tidak menyimpang terlalu jauh, maka diberikan suatu batasan studi dimana di dalamnya memuat hal-hal yang tidak perlu dikerjakan dalam studi, serta asumsi-asumsi yang diambil untuk mempermudah penyelesaian studi ini. Dalam tugas akhir ini permasalahan yang akan diselesaikan:

1. Bagaimana hasil pencampuran dari 100% bahan garukan aspal (RAP) tersebut kalau hanya langsung dipadatkan tanpa dimodifikasi sama sekali (hanya material RAP+semen)?
2. Bagaimana dengan gradasi yang didapat dari material *Cold Milling* ini, apakah masih memenuhi persyaratan?
3. Bagaimana kualitas agregat sirtu kelas A yang telah didapatkan dari tambang di kabupaten Pasuruan?
4. Bagaimana kualitas campuran antara RAP dengan agregat sirtu kelas A?
5. Berapa banyak kadar air yang dibutuhkan untuk mencapai target kekuatan optimum sesuai dengan spesifikasi?
6. Bagaimana hasil pengujian kuat tekan campuran dengan variasi teknik *curing* atau pemeliharaan diantaranya:
  - a. Benda uji disemprot air dan dibungkus plastik.
  - b. Benda uji direndam dalam bak air.
  - c. Benda uji tanpa diberi perlakuan *curing*.
7. Bagaimana estimasi serta perbandingan biaya untuk suatu lapisan perkerasan ruas jalan Surabaya-Gresik bila dilaksanakan dengan:
  - a. Metode *Asphalt Concrete* biasa dengan lapisan *base course* 100% sirtu kelas A.

- b. Metode *Asphalt Concrete* biasa dengan lapisan *base course* CTRB.
- c. Metode perkerasan beton.

### 3.3. Studi Literatur

Untuk memahami materi yang akan dibahas, maka dilakukan studi literatur mengenai:

1. Teori Perkerasan Jalan  
Studi tentang perkerasan jalan diperlukan untuk mengetahui teori-teori yang digunakan untuk menentukan kebutuhan karakteristik perkerasan sehubungan dengan fungsi dan beban yang akan diterima perkerasan jalan selama umur rencana.
2. Metode Perencanaan Campuran Lapisan *Base Course*  
Studi tentang metode perencanaan campuran perkerasan diperlukan untuk mengetahui tata cara dalam mendesain campuran perkerasan sesuai persyaratan tipe perkerasan lapisan *base course*, proses ini tentu harus didukung dengan pemahaman tentang cara pengujian bahan perkerasan sekaligus spesifikasi perkerasan lapisan *base course*.
3. Spesifikasi Perkerasan Lapisan *Base Course*  
Studi tentang spesifikasi perkerasan lapisan *base course* diperlukan untuk mengetahui standar batasan karakteristik bahan maupun campuran perkerasan lapisan *base course* itu sendiri.
4. SNI Pengujian Bahan Agregat dan Campuran Perkerasan  
Studi tentang pengujian bahan agregat sesuai Standar Nasional Indonesia diperlukan untuk pedoman pelaksanaan pemeriksaan sifat dan karakteristik bahan yang nantinya akan diperlukan pada saat perencanaan campuran perkerasan (*job mix design*).
5. Teori Recycling Asphalt Pavement

Studi tentang *recycling asphalt pavement* diperlukan untuk mengetahui konsep dan teori pemanfaatan kembali lapisan perkerasan lama untuk dipergunakan sebagai lapisan perkerasan baru. Selain itu studi ini diperlukan untuk mengetahui kendala yang mungkin muncul baik saat perencanaan maupun pelaksanaan.

6. Petunjuk Teknis Mixing Metode CTRB

Metode CTRB ini adalah metode yang baru-baru ini dipakai di Indonesia untuk pengaplikasian perkerasan lapisan *base course* dengan aspal daur ulang. Studi mengenai petunjuk teknis mengenai proses mixing metode CTRB ini akan berguna untuk mengaplikasikan konsep dan perhitungan campuran perkerasan daur ulang kita di lapangan nantinya.

### 3.4. Pengambilan Sampel

Kondisi sampel dari stockpile berbentuk gunung-gunungan material, hal ini tidak lepas dari cara pengangkutan dan peletakan yang hanya didump oleh truk. Dikhawatirkan terjadi segregasi sehingga lokasi pengambilan sampel harus merata (bagian atas, bagian tengah, dan bawah), setelah itu baru dicampur untuk mendapatkan sampel yang mewakili kondisi gradasi dari material hasil *Cold Milling* yang sesungguhnya. Sesuai dengan standar AASHTO untuk pemeriksaan campuran termodifikasi akan dibuat 5 sampel dengan kadar air yang berbeda.

### 3.5. Pencampuran CTRB Tanpa Modifikasi

Tahap selanjutnya adalah pencampuran material hasil Cold Milling atau lebih dikenal sebagai RAP (Reclaimed Asphalt Pavement) tanpa adanya perbaikan gradasi yang nantinya bertujuan untuk mengetahui kekuatan tekan maksimum yang dapat diperoleh dengan hanya mencampur RAP dengan semen sebanyak 6,5% dari berat total dan air

sesuai dengan jumlah kadar air optimum. Benda uji yang dibuat berbentuk silinder berdiameter 10cm dengan *modified proctor test* sebagai metode pematatannya.

### **3.6. Pemeriksaan Bahan Agregat**

#### **3.6.1. Pemeriksaan Gradasi RAP**

Penyelidikan gradasi RAP dilakukan dengan maksud mengetahui gradasi RAP yang telah diambil di lapangan serta untuk selanjutnya dilakukan perbaikan gradasi dengan cara penambahan material tambahan berupa sirtu kelas A sehingga dapat memenuhi spesifikasi material gabungan yang disyaratkan dalam ketentuan spesifikasi teknik pekerjaan CTRB.

#### **3.6.2. Pemeriksaan Gradasi Sirtu**

Material sirtu yang didapat dari daerah tertentu perlu diteliti dulu di laboratorium sebelum digunakan di lapangan. Hal ini untuk mengecek apakah sirtu tersebut sesuai dengan spesifikasi yang telah di sepakati bersama antara supplier material dengan pembeli dan juga. Dan pada akhirnya untuk membuktikan apakah sirtu yang didapat layak untuk digunakan di lapangan.

#### **3.6.3. Pemeriksaan Gradasi Campuran**

Pemeriksaan gradasi campuran antara RAP dengan sirtu bertujuan agar gradasi yang dihasilkan kedua material tersebut dengan proporsi tertentu dapat menghasilkan gradasi yang memenuhi spesifikasi teknik CTRB. Disamping itu untuk mendapatkan proporsi yang optimum dimana diharapkan penggunaan material RAP yang paling banyak.

#### **3.6.4. Penyerapan Agregat Sirtu**

Penyelidikan agregat sirtu dimaksudkan untuk mengetahui berat jenis (bulk), berat jenis kering permukaan jenuh (saturated surface dry) dan berat jenis semu (apparent), dimana:

- a. **Berat jenis** (bulk specific gravity) adalah perbandingan antara berat agregat kering dan berat air suling yang isinya sama dengan isi agregat dalam keadaan jenuh pada suhu tertentu.
- b. **Berat jenis kering permukaan** (SSD) adalah perbandingan antara berat agregat kering permukaan jenuh dan berat air suling yang isinya sama dengan isi agregat dalam keadaan jenuh pada suhu tertentu.
- c. **Berat jenis semu** (apparent specific gravity) adalah perbandingan antara agregat kering dan berat air suling yang isinya sama dengan isi agregat dalam keadaan kering pada suhu tertentu.
- d. **Penyerapan** adalah prosentase berat air yang dapat diserap pori terhadap berat agregat kering.

### 3.6.5. Kadar Air Optimum Campuran

Kadar air optimum berperan sangat penting dalam penelitian ini. Dimana nantinya kadar air sangat menentukan kualitas hasil pemadatan baik di laboratorium maupun pengaplikasiannya di lapangan.

Metode *Modified Proctor Test* menjadi satu dari beberapa metode pengujian kadar air optimum yang dipakai dalam penelitian ini. Hasil dari penyelidikan ini nantinya akan menjadi acuan dasar penentuan kadar air yang dipakai untuk pencampuran material.

### 3.7. Pencampuran CTRB Dengan Modifikasi

Setelah dilakukan pemeriksaan gradasi agregat RAP maupun sirtu serta gradasi material gabungan. Selanjutnya dilakukan pencampuran material gabungan sebagai berikut:

#### a. **Pencampuran Material Gabungan Minimal**

Proporsi pencampuran material antara RAP dan sirtu kelas A didapatkan dari cara coba-coba untuk mendapatkan proporsi minimal hanya untuk sekedar memperbaiki gradasi asal masuk spesifikasi.

### b. Pencampuran Material Gabungan Optimum

Dengan cara coba-coba didapatkan perbaikan proporsi pencampuran material antara RAP dan sirtu kelas A yang paling optimum yakni penggunaan material RAP yang paling banyak. Tentunya sesuai dengan spesifikasi teknik yang disyaratkan.

Dari dua macam proporsi ini selanjutnya dilakukan pembuatan benda uji dengan penambahan semen sebanyak 6,5% dan air sesuai dengan kadar air optimum dengan metode pemadatan *modified proctor test* untuk masing-masing benda uji berbentuk silinder dengan diameter 10cm. Adapun bagan campuran dapat dilihat pada Gambar 3.2



Gambar 3.2 Bagan Campuran CTRB

### 3.8. Pemeliharaan Benda Uji (Curing)

Curing (pemeliharaan) silinder beton CTRB dilakukan begitu silinder telah berumur 24 jam atau sehari sejak dibuat. Tujuannya adalah menahan kelembaban didalam beton pada waktu semen berhidrasi, dan arena hal tersebut akan tercapainya kekuatan struktur yang diinginkan dan tingkat kededapan (impermeabilitas) yang disyaratkan untuk ketahanannya.

Metode Curing yang dipilih untuk penelitian ini antara lain:

- a. **Curing Semprot.** Pemeliharaan benda uji dengan diseprot air menggunakan sprayer pada dinding –dinding

benda uji dan selanjutnya di bungkus dengan plastik. Dan terus berulang hingga benda uji mencapai umur yang telah ditentukan untuk dilakukan pengetesan.

- b. **Curing Rendam.** Pemeliharaan benda uji dengan direndam di dalam bak atau kolam berisi air PDAM hingga seluruh sisi benda uji terendam. Benda uji dibiarkan hingga umur yang telah ditentukan untuk dilakukan pengetesan.
- c. **Tanpa Curing.** Setelah benda uji dikeluarkan dari cetakan kemudian diletakkan di luar pada tempat yang aman dan terbuka. Dimaksudkan untuk memberikan perlakuan secara alami terhadap benda uji. Baik itu cuaca maupun temperatur.

### 3.9. Uji Kuat Tekan

Uji kuat tekan dilakukan pada satu seri benda uji silinder dengan variasi kadar air dan proporsi agregat digunakan untuk mencari kepadatan dan kuat tekan optimum. Uji kuat tekan dilakukan dengan alat *Universal Testing Machine* di laboratorium Beton dan Bahan Bangunan Teknik Sipil ITS sesuai dengan metode pengujian SNI 03-1974-1990.

### 3.10. Uraian Pelaksanaan Pekerjaan di Lapangan

Pendekatan literatur bebas mengenai uraian metode pelaksanaan CTRB di lapangan dan sesuai dengan petunjuk pelaksanaan yang dimiliki PT. Tindodi Karya Lestari selaku penyedia jasa pengerjaan CTRB dilakukan untuk mengestimasi kebutuhan biaya campuran CTRB.

### 3.11. Analisa Biaya

1. Lapisan *Base Course non Recycling*  
Harga satuan untuk lapisan *base course* diambil dari beberapa produsen di sekitar Jawa Timur.
2. Lapisan *Base Course* dengan CTRB

3. Adapun pendekatan harga satuan untuk Lapisan *Base Course* dengan CTRB dihitung dengan analisis anggaran biaya konstruksi.

Hal ini tentunya dipengaruhi oleh:

- a. Harga alat-alat berat pekerjaan CTRB.
- b. Kapasitas produksi per satuan waktu.
- c. Konsumsi energi per satuan waktu.
- d. Operasional dan biaya perawatan alat.
- e. Harga material tambahan RAP (Agregat dan Semen tambahan yang didapat dari mix desain).



Halaman ini sengaja dikosongkan

## BAB IV HASIL DAN ANALISA DATA

### 4.1 Umum

Dalam bab ini akan dibahas mengenai penyelidikan sifat dan karakteristik bahan dan campuran perkerasan lapisan *base course* baik campuran asli RAP maupun modifikasi, bahan yang dimaksud adalah RAP dan bahan material tambahan berupa agregat sirtu yang nantinya dipergunakan untuk menyempurnakan campuran sehingga didapat perkerasan lapisan *base course* yang memenuhi persyaratan.

### 4.2 Pencampuran CTRB Tanpa Modifikasi

Setelah material RAP didapat dari lapangan dengan kondisi apa adanya, kemudian disaring dengan saringan 3/4", ditimbang, dan dicampur dengan semen sejumlah 6,5% berat total agregat lalu diaduk merata dengan kadar air optimum yang telah didapat sebelumnya. Setelah itu kemudian dicetak di cetakan dengan diameter 10cm dengan alat *modified proctor test*. Setelah silinder berumur 24jam, cetakan dibuka lalu dilakukan tiga variasi teknik *curing*.

### 4.3 Pemeriksaan Bahan Agregat

Berangkat dari kebutuhan modifikasi campuran maka perlu dilakukan penyelidikan terhadap material RAP dan sirtu, Investigasi atau penyelidikan terhadap material RAP dan sirtu adalah langkah awal yang dilakukan untuk mengetahui sifat dan kandungan material ini yang nantinya akan sangat diperlukan dalam melakukan mix desain empiris (to know what you put in) untuk campuran lapisan *base course* daur ulang.

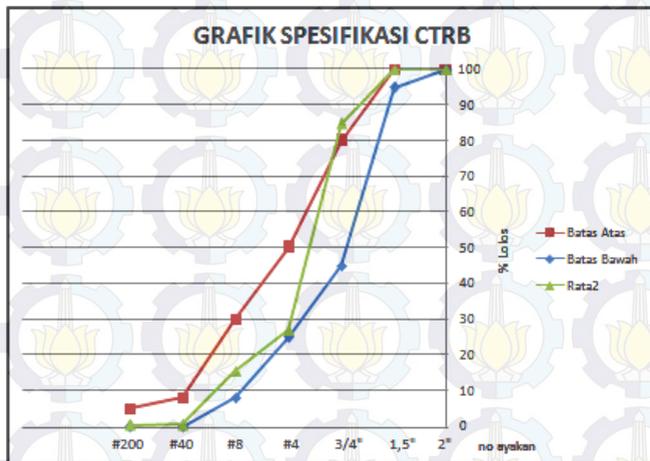
Jenis penyelidikan yang dilakukan adalah penyelidikan analisa saringan agregat RAP.

#### 4.3.1 Analisa Saringan (Sieve Analysis) Material RAP

Pembagian butir agregat merupakan parameter yang sangat erat hubungannya dengan density dan

kekuatan campuran yang dihasilkan. Penyelidikan ini dilakukan kepada agregat yang apa adanya diambil di lapangan, tujuannya untuk mengetahui komposisi agregat RAP yang nantinya akan diperlukan saat melakukan mix design empiris daur ulang RAP.

Hasil test analisis saringan pada agregat RAP (Lampiran 1) menunjukkan adanya ketidaksesuaian terhadap spesifikasi yang diinginkan (Spesifikasi Teknik Lapis Pondasi Agregat dengan Cement Treated Recycled Base (CTRB), SKPD-TP Dinas Bina Marga Provinsi Jawa Timur), agregat yang lolos saringan 3/4" jumlahnya terlalu banyak jika dibandingkan dengan spesifikasi. Hal ini bisa terjadi dikarenakan banyaknya agregat dengan ukuran lebih besar atau sama dengan 3/4" yang pecah menjadi ukuran yang lebih kecil akibat terkena garukan. Hasil plot gradasi agregat RAP dapat dilihat pada Gambar 4.1.



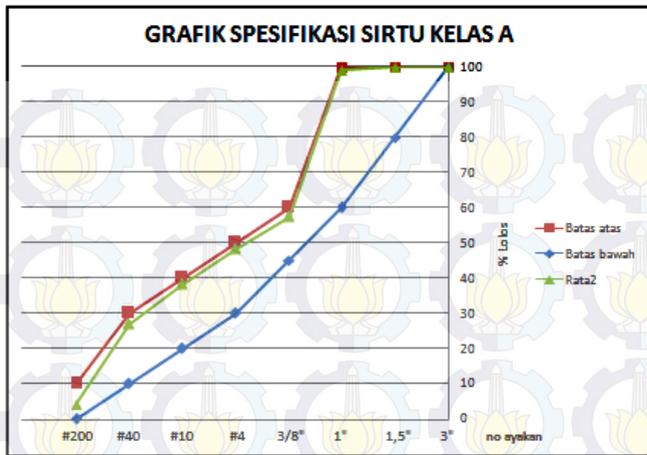
*Gambar 4.1 : Grafik Gradasi Agregat RAP*

Dari hasil pengujian karakteristik RAP ini dapat ditarik kesimpulan bahwa gradasi material RAP yang apa adanya di lapangan menunjukkan adanya ketidaksesuaian terhadap spesifikasi yang diinginkan (Spesifikasi Teknik Lapis Pondasi Agregat dengan Cement Treated Recycled Base (CTRB), SKPD-TP Dinas Bina Marga Provinsi Jawa Timur), agregat yang lolos saringan 3/4" jumlahnya terlalu banyak jika dibandingkan dengan spesifikasi. Hal ini bisa terjadi dikarenakan banyaknya agregat dengan ukuran lebih besar atau sama dengan 3/4" yang pecah menjadi ukuran yang lebih kecil akibat terkena garukan (hantaman blade alat cold milling).

#### 4.3.2 Analisa Saringan (Sieve Analysis) Sirtu Kelas A

Penambahan material sirtu kelas A dilakukan dikarenakan material RAP tidak memenuhi persyaratan campuran yang diinginkan, penambahan ini dimaksudkan untuk memperbaiki atau memodifikasi karakteristik campuran lapisan perkerasan *base course* tersebut. Sejalan dengan tujuan tersebut maka perlu dilakukan penyelidikan material tambahan ini, penyelidikan yang dilakukan adalah analisis saringan dan penyelidikan penyerapan agregat.

Penyelidikan pembagian butiran melalui tes analisa ayakan akan sangat diperlukan untuk perbaikan agregat RAP agar memenuhi spesifikasi gradasi butiran pada saat mix desain campuran *base course* modifikasi. Hasil plot dari penyelidikan tes analisa ayakan agregat (Lampiran 2) menghasilkan grafik gradasi agregat tambahan yang dapat dilihat pada gambar 4.2.



*Gambar 4.2 : Grafik Gradasi Agregat Sirtu Kelas A*

#### 4.3.3 Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Agregat

Hasil penyelidikan ini nantinya dapat dipergunakan dalam memodifikasi campuran. Perhitungan berat jenis dan penyerapan agregat kasar agregat tambahan (Lampiran 3) menghasilkan Bulk specific gravity 2,16, Apparent specific gravity 2,48, dan penyerapan 6.

#### 4.3.4 Pemeriksaan Gradasi Campuran

Dalam sub bab ini akan dibahas mengenai proses penentuan proporsi dan pengujian modifikasi campuran perkerasan antara RAP dan sirtu sebagai tindak lanjut pemeriksaan bahan. Termasuk didalamnya blending ulang agregat RAP dengan agregat tambahan berupa sirtu kelas A.

##### 1. Pembuatan Proporsi Campuran

Perhitungan untuk mencari prosentase berat agregat memiliki kesamaan dengan cara yang dipilih dalam menentukan prosentase agregat mix desain beton segar. Metode coba-coba dipilih untuk mencari

proporsi antara agregat sirtu kelas A dengan aspal daur ulang.

Untuk lebih jelasnya tahapan dalam metode coba-coba tersebut adalah sebagai berikut:

- a. Setelah didapatkan hasil analisa saringan pada penyelidikan agregat berupa grafik gradasi, kemudian disajikan dalam bentuk tabel di Microsoft Excel seperti pada Tabel 4.1.

*Tabel 4.1 : Prosentase Gradasi Agregat Awal*

No. Size	Ukuran Nominal (mm)	% lolos ayakan	
		RAP	Sirtu A
No.1	50	100	100
No.2	37.5	100	100
No.3	19	84.913	69.65
No.4	4.75	26.974	69.25
No.5	2.35	15.498	34.744
No.6	1.18	0.465	17.82
No.7	0.075	0.3463	5.055

- b. Dengan mengacu persyaratan ASTM mengenai batas atas dan batas bawah grafik gradasi gabungan agregat, spesifikasi material harus masuk diantaranya. Batas atas dan batas bawah grafik disajikan dalam Tabel 4.2.

*Tabel 4.2 : Batas Atas dan Bawah Gradasi Gabungan*

No. Size	Ukuran Nominal (mm)	% lolos	
		batas bawah ASTM	batas atas ASTM
No.1	50	100	100
No.2	37.5	95	100
No.3	19	45	80
No.4	4.75	25	50
No.5	2.35	8	30
No.6	1.18	0	8
No.7	0.075	0	5

- c. Selanjutnya perhitungan dilakukan dengan cara coba-coba dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$n = \frac{P * x + Q * (100 - x)}{100}$$

Dengan:

- $n$  = nilai kisaran antara batas atas dan bawah  
 $P$  = prosentase lolos ayakan aspal daur ulang (RAP)  
 $Q$  = prosentase lolos ayakan sirtu kelas A  
 $x$  = prosentase RAP (aspal daur ulang)

Nilai yang bisa di coba-coba antara lain nilai kisaran dan nomor ayakan.

- d. Setelah didapatkan nilai ( $x$ ) yakni prosentase agregat RAP, selanjutnya prosentase agregat gabungan dapat dicari dengan mengkalikan prosentase agregat RAP ( $x$ ) dengan prosentase agregat dari hasil analisa saringan awal. Begitu juga dengan prosentase agregat sirtu kelas A ( $100-x$ ) dengan prosentase sirtu kelas A hasil analisa saringan di awal penyelidikan. Hasil perhitungan prosentase gabungan dapat dilihat pada Tabel 4.3.

Tabel 4.3 : Prosentase Gradasi Gabungan

No. Size	Ukuran Nominal (mm)	% lolos ayakan		Gabungan (%)		CEK	
		RAP	Sirtu A	69.188	30.812	ba	bb
No.1	50	100	100	69.19	30.81	ok	ok
No.2	37.5	100	100	69.19	30.81	ok	ok
No.3	19	84.913	69.65	58.75	21.46	ok	not ok
No.4	4.75	26.974	69.25	18.66	21.34	ok	ok
No.5	2.35	15.498	34.744	10.72	10.71	ok	ok
No.6	1.18	0.465	17.82	0.32	5.49	ok	ok
No.7	0.075	0.3463	5.055	0.24	1.56	ok	ok

- e. Dalam tabel 4.3 di atas terlihat bahwa masih terdapat syarat batas bawah yang belum terpenuhi sehingga harus dicoba kembali hingga didapatkan prosentase agregat RAP yang optimum bisa didapat dengan syarat tidak melampaui persyaratan batas atas dan bawah yang telah ditentukan di awal.

Tabel 4.4 : Prosentase Gradasi Gabungan Optimum

No. Size	Ukuran Nominal (mm)	% lolos ayakan		Gabungan (%)	
		RAP	Sirtu A	61.259	38.741
				RAP	Sirtu
No.1	50	100	100	61.26	38.74
No.2	37.5	100	100	61.26	38.74
No.3	19	84.913	69.65	52.02	26.98
No.4	4.75	26.974	69.25	16.52	26.83
No.5	2.35	15.498	34.744	9.49	13.46
No.6	1.18	0.465	17.82	0.28	6.90
No.7	0.075	0.3463	5.055	0.21	1.96

- f. Dari hasil perhitungan pada tabel 4.4, didapatkan dua variasi gabungan RAP dan sirtu kelas A, yakni: 61:39% dan 67:33% dan satu buah variasi dengan menggunakan 100% aspal daur ulang.

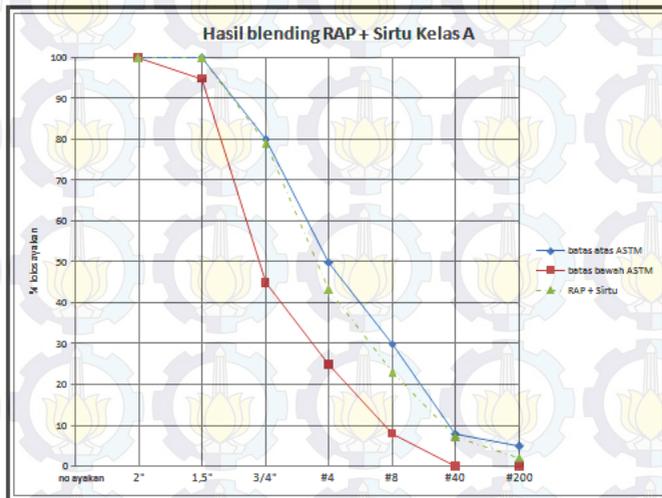
## 2. Blending Agregat

Proses blending agregat adalah proses mengkombinasikan dua fraksi atau lebih yang memiliki gradasi berbeda dengan tujuan mendapatkan komposisi agregat yang sesuai dengan spesifikasi (Asphalt Institute, 1983), proses ini sangat penting dalam mix desain lapisan base course karena umumnya karakteristik perkerasan seperti kekuatan, kepadatan, keawetan, dan tekstur akan sangat tergantung pada gradasi agregat yang harus dikontrol dan dikendalikan dalam pelaksanaan.

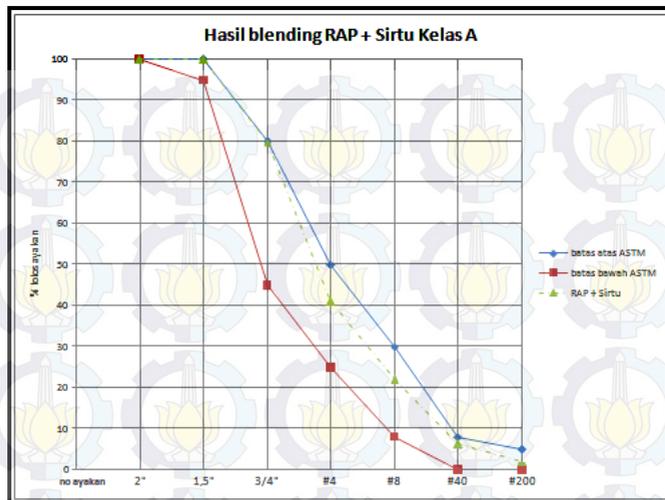
Perlu diingat blending agregat ini juga yang nantinya akan menentukan nilai ekonomis dari campuran tersebut. Di lapangan proses blending agregat ini dibuat sedemikian rupa sehingga bahan

yang paling murah sebisa mungkin mendapatkan prosentase terbesar dalam campuran, hasil dari setiap blending agregat juga akan memberikan porsi kadar aspal yang berbeda.

Dalam kasus ini sebisa mungkin penggunaan material RAP mendapatkan porsi terbanyak dalam campuran atau dengan kata lain sesedikit mungkin memberikan material tambahan pada campuran lapisan base course daur ulang, dengan begitu campuran lapisan base course akan lebih ekonomis. Hasil proses blending dengan cara coba-coba yang kami lakukan untuk campuran daur ulang sebagaimana berurutan di bawah ini Gambar 4.3 dan Gambar 4.4 menunjukkan prosentase agregat RAP dan agregat tambahan.



Gambar 4.3 : Grafik Gradasi Gabungan 61%RAP + 39%Sirtu



Gambar 4.4 : Grafik Gradasi Gabungan 67%RAP + 33%Sirtu

### 4.3.5 Kadar Air Optimum

Kadar air di dalam suatu campuran sangat menentukan dalam rancangan bahan perkerasan lapisan basecourse. Di samping menentukan faktor kepadatan lapisan perkerasan juga sangat berperan dalam penentuan jumlah lintasan water truck yang nantinya berpengaruh dalam harga satuan penggunaan alat berat.

Dalam menentukan kadar air optimum pertamanya harus dilakukan estimasi, satu seri benda uji dibuat dengan kadar air yang berbeda sehingga akan didapatkan kurva lengkung yang memberikan gambaran nilai optimum. Kadar air yang dibuat harus memiliki interval 50-100ml minimal lima seri benda uji.

Penentuan jumlah kebutuhan air dalam campuran menggunakan metode pemadatan Modified Proctor Test, dimana konsep jumlah kadar air yang diperlukan dalam suatu campuran sangat bergantung dari gradasi

agregat yang dipakai. Berikut ini hasil perhitungan jumlah kadar air optimum berdasarkan rumus pendekatan cara ASTM yang menerapkan metode Modified Proctor Test:

$$\gamma_d = \frac{G \cdot \gamma_w}{1 + G \cdot W}$$

Dimana:

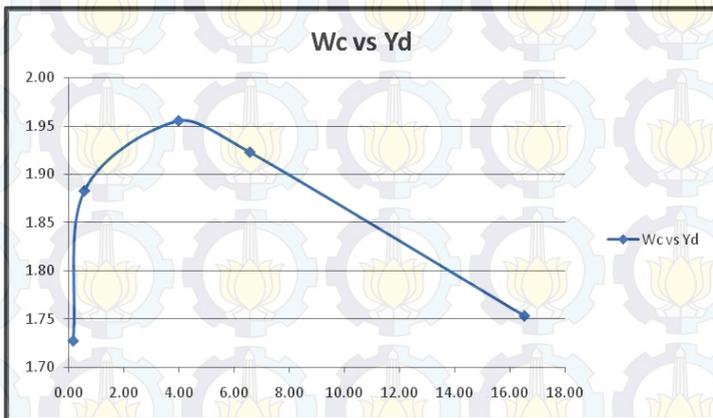
$\gamma_d$  = berat isi kering ( $\text{gr}/\text{cm}^3$ )

$G$  = berat jenis tanah

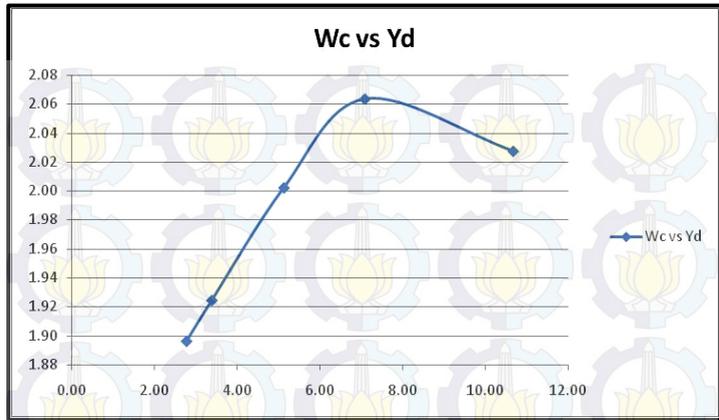
$\gamma_w$  = berat isi air ( $\text{gr}/\text{cm}^3$ )

$W$  = kadar air (%)

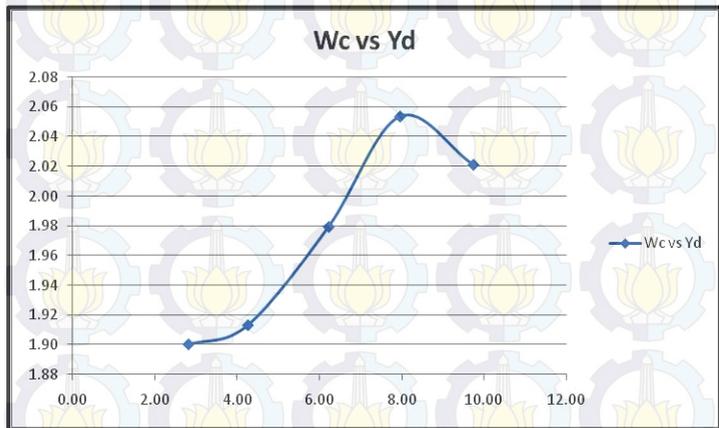
Hasil proses blending dengan cara Modified Proctor Test yang kami lakukan untuk campuran daur ulang sebagaimana berurutan di bawah ini Gambar 4.5, Gambar 4.6 dan Gambar 4.7 menunjukkan grafik hubungan kadar air dan kepadatan.



Gambar 4.5 : Grafik Hubungan Kadar Air dan Kepadatan  
100% Aspal Daur Ulang



Gambar 4.6 : Grafik Hubungan Kadar Air dan Kepadatan 61% Aspal Daur Ulang + 39% Sirtu Kelas A



Gambar 4.7 : Grafik Hubungan Kadar Air dan Kepadatan 67% Aspal Daur Ulang + 33% Sirtu Kelas A

#### 4.4 Pencampuran Hasil Modifikasi

Setelah didapatkan kadar air optimum dan proporsi mix desain agregat gabungan, tahap selanjutnya adalah

pencampuran hasil modifikasi (perbaikan gradasi) material RAP dan sirtu dengan semen sebanyak 6,5% dan air sebanyak kadar air optimum yang dicapai pada sub bab penyelidikan kadar air optimum.

Pencampuran material ini juga didesain untuk pembuatan benda uji dengan tiga set variasi pemeliharaan (*curing*) nantinya. Sehingga kebutuhan material harus ditimbang secara cermat agar material tidak kurang. Berikut ini disajikan beberapa dokumentasi dalam pencampuran sekaligus pembuatan benda uji silinder:

#### 4.5 Perlakuan Benda Uji Dengan Variasi Teknik Pemeliharaan (*Curing*)

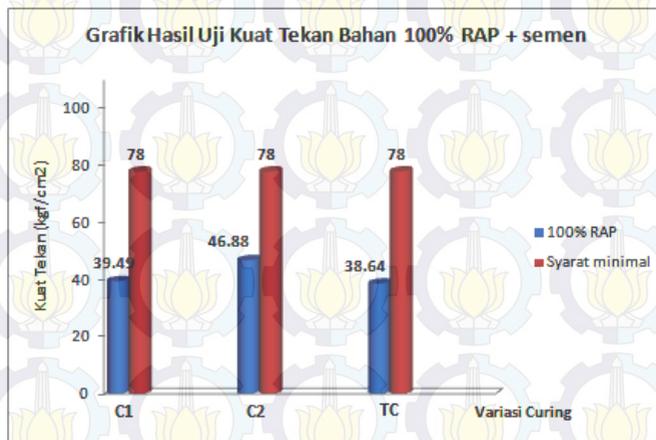
Variasi benda uji yang dibuat dalam penelitian ini juga menggunakan variasi teknik pemeliharaan atau *curing*. Tujuannya yaitu untuk mencari pengaruh teknik *curing* dengan hasil pengujian kuat tekan yang nantinya akan dilakukan. Skema variasi benda uji tersaji dalam Gambar 4.8.



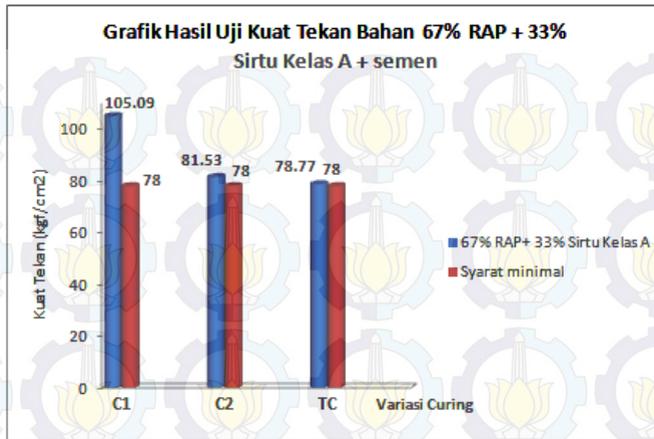
Gambar 4.8 : Skema Variasi Benda Uji

#### 4.6 Pengujian Kuat Tekan

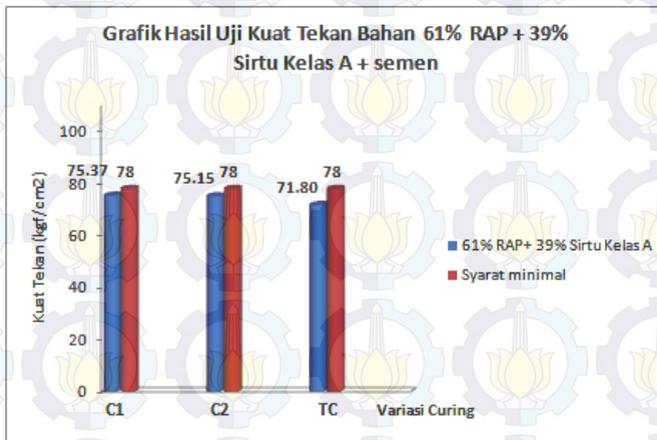
Pengujian kuat tekan ini dilakukan kepada sampel silinder berdiameter 10cm hasil campuran material RAP dengan modifikasi tambahan sirtu kelas A dan semen. Serta material RAP dan semen saja. Modifikasi disini yaitu dengan dilakukan perbaikan gradasi agregat. Seperti pada silinder beton konvensional, pengujian ini dilakukan terhadap masing-masing tiga buah benda uji untuk tiap variasi proporsi agregat dan metode *curing*, tujuan utamanya adalah untuk mendapatkan proporsi campuran dengan kadar air optimum. Adapun penyelidikan dengan Uji Kuat Tekan untuk campuran modifikasi ini (Lampiran 5) menghasilkan grafik hubungan kadar air dengan kuat tekan seperti yang disajikan pada Gambar 4.9, Gambar 4.10 dan Gambar 4.11.



Gambar 4.9 : Grafik Hasil Uji Kuat Tekan Bahan 100% RAP + semen



Gambar 4.10 : Grafik Hasil Uji Kuat Tekan Bahan 67% RAP + 33% Sirtu Kelas A + semen



Gambar 4.11 : Grafik Hasil Uji Kuat Tekan Bahan 61% RAP + 39% Sirtu Kelas A + semen

#### 4.7 Kesimpulan Campuran Modifikasi

Dari hasil pengujian campuran modifikasi ini dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Campuran beton aspal daur ulang modifikasi dengan kadar air optimum 7,95%, proporsi optimum 67% RAP + 33% Sirtu Kelas A + semen dan dengan metode *curing* semprot menghasilkan kuat tekan di atas persyaratan yakni dengan rata-rata 105,1 kgf/cm<sup>2</sup>.
2. Campuran beton aspal daur ulang termodifikasi memiliki performa yang sangat baik dan sudah memenuhi semua persyaratan lapisan base course dengan metode CTRB (Cement Treated Recycled Base).
3. Ketidak sesuaian gradasi terhadap spesifikasi dari Bina Marga yang terjadi pada material RAP dapat diperbaiki dengan blending ulang dengan material tambahan (sirtu kelas A).



## BAB V ANALISIS BIAYA

### 5.1 Umum

Pada bab ini akan dibahas mengenai perhitungan harga satuan pekerjaan lapisan perkerasan non recycling maupun perkerasan recycling serta perkerasan rigid. Termasuk asumsi dan uraian singkat pelaksanaan yang dipakai, dilengkapi dengan daftar upah dan harga bahan terbaru yang diambil dari Perkiraan Harga Satuan Dasar (HSD) Upah dan Bahan DPU Bina Marga Bulan Januari 2012 untuk wilayah V (Malang, Batu, Pasuruan, Probolinggo, Lumajang).

### 5.2 Daftar Upah dan Harga Bahan

Dalam melakukan perkiraan biaya perlu kita mengetahui perkembangan terbaru akan harga upah dan bahan, harga upah biasanya relatif tetap namun harga bahan sering kali mengalami fluktuasi sesuai dengan kondisi ekonomi dan kondisi geografis suatu wilayah. Daftar upah dan harga bahan untuk wilayah V (Malang, Batu, Pasuruan, Probolinggo, Lumajang) dapat dilihat pada Tabel 5.1

*Tabel 5.1: Daftar Upah Serta Harga Alat dan Bahan*

#### Upah Pekerja

No	Uraian	Sat	Harga Satuan (Rp)	Ket
1	Pekerja	Jam	6.050,00	
2	Tukang	Jam	7.071,00	
3	Mandor	Jam	7.856,00	
4	Operator/Supir	Jam	7.071,00	
5	Mekanik	Jam	7.071,00	

#### Harga Bahan

No	Uraian	Sat	Harga Satuan (Rp)	Ket
1	Agregat Base Kelas A	M <sup>3</sup>	112.500,00	Diterima di Base Camp
2	Semen Curah	Kg	1.450,00	Diterima di BC/Site

3	Bensin	Ltr	4.950,00	Diterima di BC/Site
4	Solar non industri	Ltr	4.950,00	Diterima di BC/Site
5	Solar industri	Ltr	9.240,00	Diterima di BC/Site
6	Minyak pelumas/oli	Ltr	35.000,00	Diterima di BC/Site
7	Aggregat Kasar (Untuk AC)	M3	164.600,00	Diterima di Base Camp
8	Aggregat Halus	M3	140.500,00	Diterima di Base Camp
9	Filler	Kg	330,00	Diterima di Base Camp
10	Aspal Curah	Kg	8.609,00	Diterima di Base Camp

### Peralatan

No	Uraian	Sat	Harga Satuan (Rp)	Ket
1	Dump Truck 3-4 m <sup>3</sup>	Jam	196.832,00	
2	Dump Truck 8-10 m <sup>3</sup>	Jam	262.000,00	
3	Asphalt Mixing Plant	Jam	4.729.009,00	
4	Asphalt Finisher	Jam	198.723,00	
5	Motor Grader	Jam	372.023,00	
6	Water Tank 3000-4500 L	Jam	176.063,00	
7	Water Tank 6000-8000 L	Jam	202.500,00	
8	Compactor Pad Foot	Jam	132.400,00	
9	Pneumatic Tire Roller 8-10 Ton	Jam	189.001,00	
10	Tandem Roller	Jam	179.687,00	
11	Cold Milling Machine	Jam	1.549.902,00	
12	Cement Spreader Tank	Jam	930.057,00	
13	WR Recycler Machine	Jam	1.302.080,00	
14	Wheel Loader	Jam	374.355,00	
15	Generator Set	Jam	352.303,00	

### 5.3 Lapisan Perkerasan Non Recycling

Perhitungan harga satuan lapisan perkerasan non recycling didasarkan pada asumsi pelaksanaan lapisan base course yang sudah umum dipakai, koefisien yang ada dapat langsung dipakai dengan penyesuaian harga bahan dan upah terbaru untuk wilayah V.

#### 5.3.1 Asumsi dan Uraian Pelaksanaan

##### Asumsi

1. Pekerjaan dilakukan secara mekanis
2. Lokasi Pekerjaan Sepanjang Jalan
3. Kondisi eksisting jalan sedang
4. Jarak rata-rata basecamp ke lokasi 30 km
5. Tebal lapis AC padat 0,15 m
6. Tebal lapis base course padat 0,20 m
7. Tebal lapis subbase course padat 0,50 m
8. Jam kerja efektif per-hari 7 jam
9. Faktor Kehilangan Material:
  - Agregat Sirtu Kelas A 1,2
  - Semen 1,2
  - Aspal 1,06
10. Komposisi Campuran lapisan Base Course (Spek)
  - Agregat Sirtu Kelas A 100%
11. Komposisi Campuran lapisan Subbase Course (Spek)
  - Agregat Sirtu Kelas B 100%
12. Komposisi Campuran lapisan AC (Spek)
  - Coarse Agregat 70%
  - Fine Agregat 30%
  - Fraksi filler 4%
  - Aspal 6,5%
13. Berat jenis bahan
  - AC – Levelling 2,26 t/m<sup>3</sup>
  - Coarse Agregat & Fine Agregat 1,40 t/m<sup>3</sup>
  - Fraksi filler 1,19 t/m<sup>3</sup>
  - Aspal 1,03 t/m<sup>3</sup>

– Base Course – Levelling	2,23 t/m <sup>3</sup>
– Agregat Sirtu Kelas A	1,56 t/m <sup>3</sup>
– Subbase Course – Levelling	2,10 t/m <sup>3</sup>
– Agregat Sirtu Kelas B	1,35 t/m <sup>3</sup>

#### Uraian Pelaksanaan

1. Wheel loader memuat agregat sirtu kelas A ke dalam Dump Truck.
2. Agregat dihamparkan di lapangan dengan bantuan Motor Grader untuk pembentukan elevasi.
3. Kemudian dipadatkan berurutan dengan Compactor Pad Foot, Tandem dan Pneumatic Tire Roller.
4. Setelah itu disemprotkan prime coat.
5. Selagi menunggu prime coat kering, wheel loader memuat aggregate ke dalam Hot Bin AMP.
6. Agregat dan aspal dipanaskan dan dicampur di AMP untuk dimuat langsung ke dalam truk dan diangkut ke lokasi pekerjaan.
7. Campuran panas AC dihampar dengan Finisher dan dipadatkan dengan Tandem & Pneumatic Tire Roller.
8. Selama pemadatan sekelompok pekerja akan merapikan tepi hamparan dengan menggunakan alat bantu dan sekaligus melakukan pengecekan elevasi sesudah pemadatan.

#### **5.3.2 Analisis Harga Satuan**

Dalam penentuan harga satuan untuk lapisan perkerasan non recycling ini koefisien bahan, tenaga dan alat mengacu pada proyek rehabilitasi/pemeliharaan jalan dan jembatan Balai Pemeliharaan Jalan Provinsi Jawa Timur, paket pemeliharaan berkala jalan jurusan Gempol – Malang namun harga bahan, tenaga dan alat disesuaikan ulang dengan harga terbaru sesuai sub bab 5.2. Hasil perhitungan tersebut dapat dilihat pada Tabel 5.2.

Tabel 5.2: Analisis Harga Satuan Perkerasan non Recycling

No	Uraian	Sat	Koef	Biaya Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
<b>A. Upah</b>					
1.	Mandor	Jam	-		
2.	Operator	Jam	-		
3.	Pekerja	Jam	-		
<b>Total</b>					<b>0</b>
<b>B. Alat</b>					
1.	Dump Truck 3-4 m <sup>3</sup>	Jam	0,2197	196.832,00	43.243,00
2.	Dump Truck 8-10 m <sup>3</sup>	Jam	0,2697	262.000,00	70.661,40
3.	Asphalt Mixing Plant	Jam	0,0151	4.729.009,00	71.408,04
4.	Asphalt Finisher	Jam	0,118	198.723,00	23.449,31
5.	Motor Grader	Jam	0,1415	372.023,00	52.641,26
6.	Water Tank 3000-4500 L	Jam	0,2170	176.063,00	38.205,67
7.	Water Tank 6000-8000 L	Jam	-		
8.	Compactor Pad Foot	Jam	0,1855	132.400,00	24.560,20
9.	Pneumatic Tire Roller 8-10 Ton	Jam	0,1971	189.001,00	37.252,09
10.	Tandem Roller	Jam	0,0296	179.687,00	5.318,73
11.	Cold Milling Machine	Jam	-		
12.	Cement Spreader Tank	Jam	-		
13.	WR Recycler Machine	Jam	-		
14.	Wheel Loader	Jam	0,1275	374.355,00	47.730,26
15.	Generator Set	Jam	0,0151	352.303,00	5.319,77
<b>Total</b>					<b>419.789,73</b>
<b>C. Bahan</b>					
1.	Agregat Base Kelas A	M <sup>3</sup>	1,20	112.500,00	135.000,00
2.	Agregat Subbase Kelas B	M <sup>3</sup>	1,20	93.750,00	112.500,00
3.	Semen Curah	Kg	-		

4.	Bensin	Ltr	-		
5.	Solar non industri	Ltr	-		
6.	Solar industri	Ltr	-		
7.	Minyak pelumas/oli	Ltr	-		
8.	Aggregat Kasar (Untuk AC)	M <sup>3</sup>	0,126	164.600,00	20.739,60
9.	Aggregat Halus	M <sup>3</sup>	0,054	140.500,00	7.587,00
10.	Filler	Kg	16,272	330,00	5.369,76
11.	Aspal Curah	Kg	26,442	8.609,00	227.639,18
12.	Material Pilihan	M <sup>3</sup>	1,20	62.000,00	74.400,00
<b>Total</b>					<b>583.235,54</b>
<b>D. Sub Total ( per M<sup>3</sup>)</b>					<b>1.003.025,27</b>

Catatan:

- Satuan dapat berdasarkan atas jam operasional untuk tenaga kerja dan peralatan, volume dan/atau berat material.
- Kuantitas satuan adalah kuantitas setiap komponen untuk menyelesaikan satu satuan pekerjaan dari nomor mata pembayaran.
- Biaya satuan sudah termasuk bahan bakar, bahan habis dipakai dan upah operator.
- Biaya satuan sudah termasuk pengeluaran untuk seluruh pajak yang berkaitan, (tetapi tidak termasuk PPN yang dibayar dari kontrak) dan biaya-biaya lainnya.

#### 5.4 Lapisan Perkerasan Recycling

Perhitungan harga satuan lapisan perkerasan recycling didasarkan pada asumsi pelaksanaan lapisan base course yang sudah umum dipakai, koefisien yang ada dapat langsung dipakai dengan penyesuaian harga bahan dan upah terbaru untuk wilayah V.

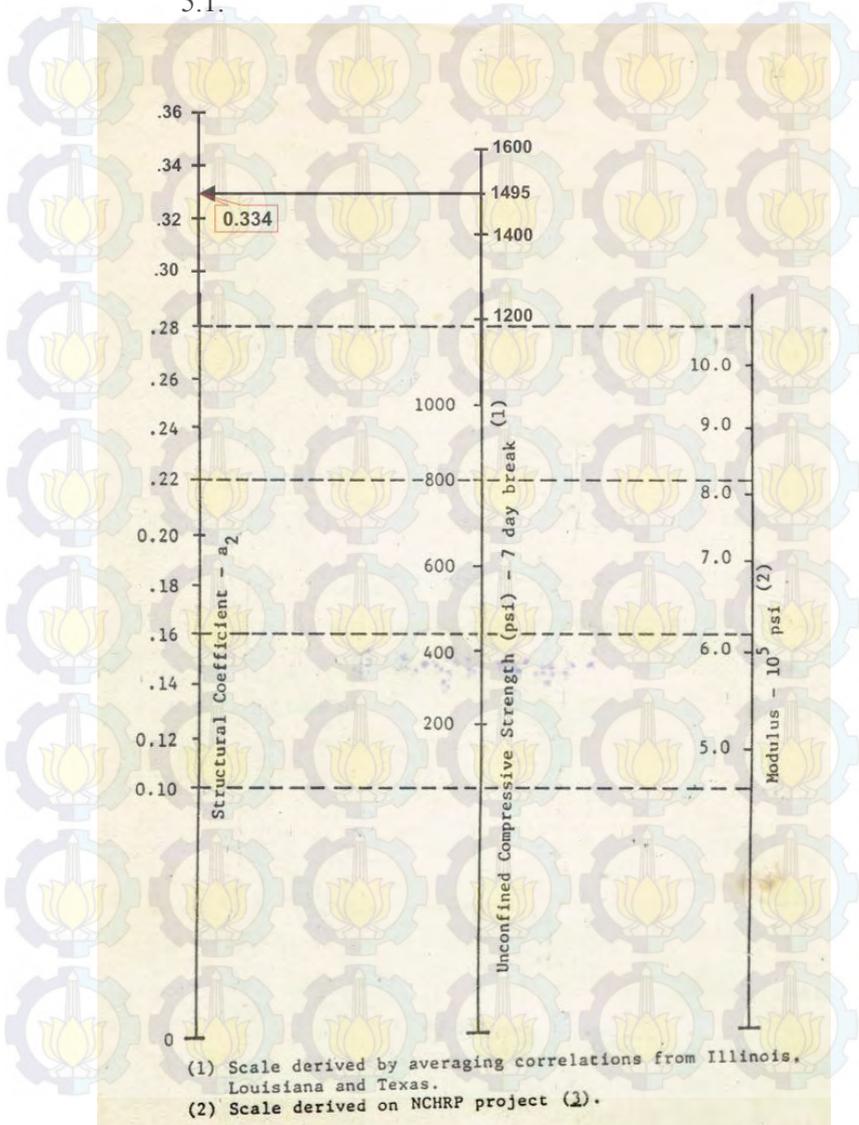
#### 5.4.1 Desain Tebal Perkerasan

Perhitungan desain tebal perkerasan recycling mengacu pada metode AASHTO dimana dengan asumsi lapisan base course CTRB setebal 20cm.

Untuk lebih jelasnya langkah-langkah perencanaan tebal perkerasan recycling diuraikan sebagai berikut:

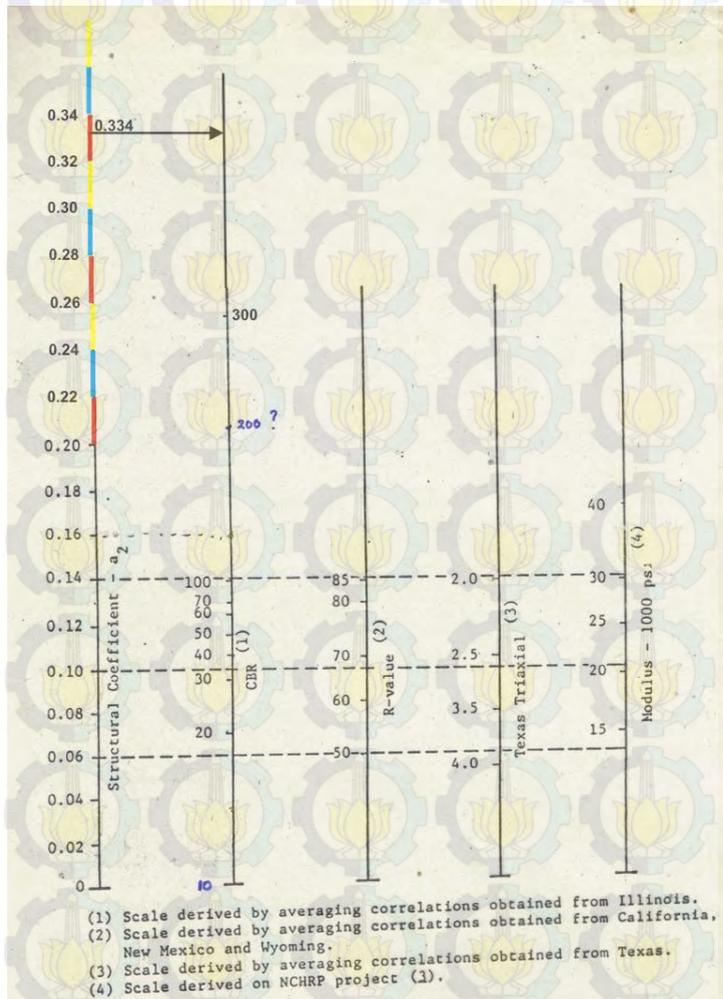
1. Hasil pengujian kuat tekan laboratorium pada benda uji silinder didapatkan nilai sebesar 105,1 kgf atau setara dengan 1494.9 psi.

2. Nilai kuat tekan tersebut dikorelasikan menjadi nilai  $a_2$  sebesar 0,334 seperti ditampilkan pada Gambar 5.1.



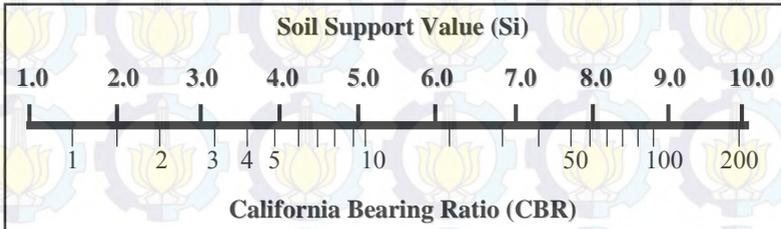
Gambar 5.1 Korelasi Kuat Tekan dengan Koefisien  $a_2$

3. Kemudian pada Gambar 5.2 nilai  $a_2$  dikorelasikan dengan nilai CBR sehingga didapatkan nilai CBR lebih dari 300. Nilai tersebut merupakan  $CBR_{\text{composit}}$  antara Subgrade, Subbase dan Base.



Gambar 5.2 Korelasi Koefisien  $a_2$  dengan Nilai CBR

4. Pada Gambar 5.3, korelasi antara Soil Support(Si) dan CBR hanya sebatas pada angka CBR 200 sehingga nilai (Si) untuk CBR 300 tetap 10.



Gambar 5.3 Korelasi Soil Support (Si) dengan Nilai CBR

5. Diketahui lapisan atas merupakan hot mix dengan pencampuran di AMP maka koefisien  $a_1$  pada Tabel 5.3 didapatkan senilai 0,44.

Tabel 5.3 Koefisien  $a_i$  Sesuai Komponen Perkerasan

KOMPONEN PERKERASAN	COEF. $a_i$
a) LAPISAN ATAS (SURFACE COURSE)	
• campuran di jalan (di tempat) AC (= roadmix, low stability)	0,20
• hot mix (AMP), high stability AC	0,44
• sand asphalt	0,40
b) BASE COURSE	
• Sandy Gravel (sirtu),	0,07
• Crushed stone, class A	0,14
• Cement-treated base	0,15-0,23
• Bituminous treated (ATBL) & ATB	
o Coarse – Graded	0,34
o Sand asphalt	0,30
• Lime-treated (campuran kapur & batu).	0,15-0,30
c) Subbase	
• Sandy Gravel, sirtu class B	0,11
• Sand atau Sandy-clay	0,05-0,11

6. Lapisan Base dengan CTRB koefisien  $a_2$  sebesar 0,23.

7. Lapisan Subbase berupa sirtu kelas B dengan koefisien  $a_3$  sebesar 0,11.
8. Ruas jalan Gempol – Malang termasuk dalam klasifikasi jalan arteri sehingga nilai Indeks Permukaan pada Akhir Umur Rencana (IPt) sebesar 2,5.
9. Untuk data beban lalu lintas jalan jurusan Gempol – Malang dapat dilihat pada tabel 5.4.

Tabel 5.4 Data Lalu Lintas Harian Gempol - Malang

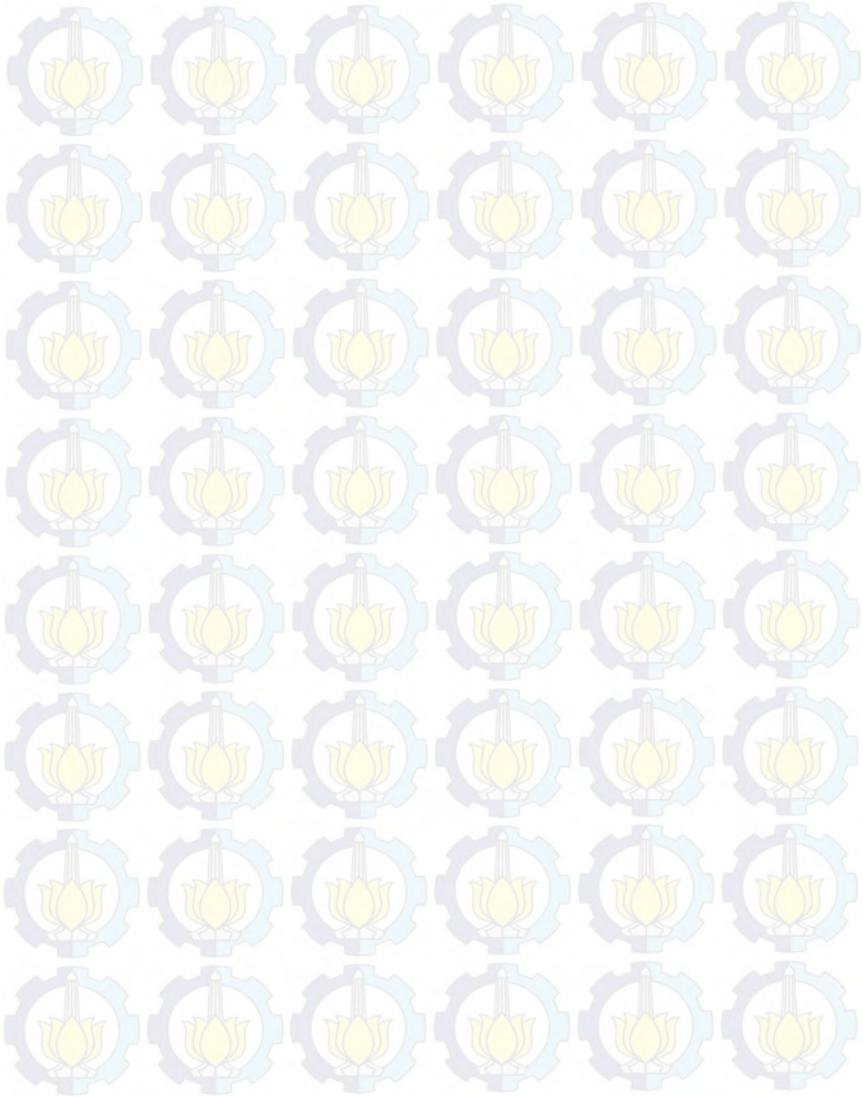
NO.	DATA LHR	LHRj
1	Kendaraan Ringan	12510
2	Bus 1.2	287
3	Truk Kecil 1.2	2281
4	Truk Besar 1.2	282
5	Truk Besar 1.22	265

Sumber : Dinas Perhubungan Provinsi Jawa Timur, Juni 2012

Dari tabel di atas, untuk data lalu lintas Gempol – Malang dapat kemudian dihitung :

- $LHR = 12510 + 287 + 2281 + 282 + 265 = 15625$ .
- Berat Max (lbs) = Berat Max (ton) \* 2204,622
- Distribusi beban masing-masing sumbu sesuai dengan jenis angkutannya.
- Beban Sumbu (lbs) = Distribusi beban sumbu \* Berat Max (lbs).
- Beban Sumbu (kips) = Beban Sumbu (lbs)/1000
- Faktor Ekivalensi ditentukan dari Tabel 5.4 untuk nilai Pt sebesar 2,5 dan asumsi nilai SN adalah 3.
- Kemudian jumlah sumbu dicari dengan melakukan iterasi antara faktor ekivalensi dengan jumlah sumbu untuk tiap beban.
- Nilai ekivalensi sebesar 18 kip sumbu tunggal dicari dengan mengkalikan faktor ekivalensi dengan jumlah sumbu.
- Sehingga didapatkan nilai EAL (*Equivalent Axle Load*) harian sebesar 353, 7191.

Perhitungan di atas disajikan dalam Tabel 5.4 berikut.



Jenis Kendaraan	LHR	Berat Max (ton)	Berat Max (lbs)	Distribusi Beban			
				Sumbu 1	Sumbu 2	Sumbu 3	Sumbu 4
MP1.1	12510	0.5	1102.311	0.50	0.50	0	0
T 1.2L	287	6	13227.735	0.34	0.66	0	0
BUS 1.2	2281	6	13227.735	0.34	0.66	0	0
T 1.2H	282	14	30864.715	0.34	0.66	0	0
T 1.22	265	20	44092.450	0.25	0.75	0	0

Total = 15625 kendaraan

Axle Load (lbs)		Konversi Axle Load (kips)				Equivalent Factor					
Sumbu 1	Sumbu 2	Sumbu 3	Sumbu 4	Sumbu 1	Sumbu 2	Sumbu 3	Sumbu 4	Sumbu 1	Sumbu 2	Sumbu 3	Sumbu 4
551.1556	551.1556	0	0	0.55116	0.55116	0.00000	0.00000	0.00011	0.00011	0	0
4497.43	8730.305	0	0	4.49743	8.73031	0.00000	0.00000	0.007979	0.075561	0	0
4497.43	8730.305	0	0	4.49743	8.73031	0.00000	0.00000	0.007979	0.075561	0	0
10494	20370.71	0	0	10.49400	20.37071	0.00000	0.00000	0.14717	1.616041	0	0
11023.11	33069.34	0	0	11.02311	33.06934	0.00000	0.00000	0.176271	1.007627	0	0

keterangan = tandem, single asumsi = SN 3, pt = 2.5

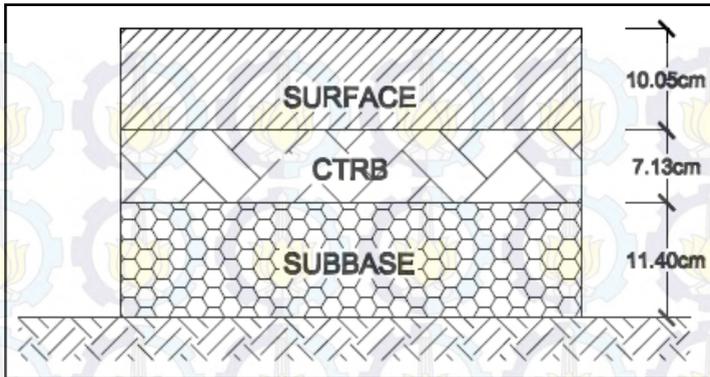
No. of Axles		Equivalent 18 kip Single Axle					
Sumbu 1	Sumbu 2	Sumbu 3	Sumbu 4	Sumbu 1	Sumbu 2	Sumbu 3	Sumbu 4
141.0958	141.0958	0	0	0.01552054	0.015521	0	0
531.9794	836.4361	0	0	4.24466363	63.20195	0	0
531.9794	836.4361	0	0	4.24466363	63.20195	0	0
1308.011	16.27116	0	0	192.499979	26.29486	0	0
1152.717	240.5731	0	0	203.190578	242.408	0	0

TOTAL = 353.7191 >>> EAL

Tabel 5.5 Perhitungan EAL (Equivalent 18 kips Axle Load)

- Jadi rata-rata nilai ekivalensi 18 kip sumbu tunggal per kendaraan =  $353,7191/LHR = 353,7191/15625 = 0,022638$ .
  - Prediksi LHR 20 tahun yang akan datang dengan asumsi pertumbuhan kendaraan 2% adalah sebesar  $= LHR*(1+2\%)^{20} = 23.217,93 \approx 23.218$ .
  - LHR rata-rata =  $(15625+23218)/2 = 19.421,5$ .
  - Jumlah kendaraan 20 tahun umur rencana =  $LHR \text{ rata-rata} * 365 * 20 = 141.776.950$ .
  - Jumlah EAL (*Equivalent Axle Load*) = Rata-rata nilai ekivalensi 18kip sumbu tunggal \* LHR 20 tahun =  $3.209.549,8$  (untuk selanjutnya dipakai untuk nilai Wt18).
  - Sehingga nilai logWt18 dapat dicari =  $\log(3209549,8) = 6,50644$ .
10. Nilai Faktor Regional untuk iklim tropis sebesar 1.
11. Dapat dicari :
- $$Gt = \log \{(4,2-Pt)/(4,2-1,5)\}$$
- $$Gt = \log \{(4,2-2,5)/(4,2-1,5)\}$$
- $$Gt = -0,2009$$
12. Sehingga nilai beban lalin selama umur rencana atas dasar beban 18 kips yang diperhitungkan terhadap faktor regional (logWt18) dari perkerasan dapat dicari dengan rumus :
- $$\text{LogWt18} = 9,36 * \log(SN+1) - 0,20 + Gt / \{0,40 + (1094 / (SN+1)^{5,19})\} + \log(1/R) + 0,372(Si-3)$$
- Dengan:
- $$Gt = 0,20091$$
- $$Si = 10$$
- $$FR = 1$$
- $$SN = \text{coba-coba } (1,74)$$
- $$\text{LogWt18} = 9,36 * \log(SN+1) - 0,20 + (-0,196) / \{0,40 + (1094 / (SN+1)^{5,19})\} + \log(1/1) + 0,372(10-3)$$
- $$\text{LogWt18} = 6,51 \text{ (lebih dari nilai LogWt18 dari EAL)}$$

13. Indeks Tebal Perkerasan (ITP) = Structural Number (SN) di atas lapisan Base dicari dengan memasukkan fungsi *goal seek* dengan variable pengubah nilai *Soil Support Value* ( $S_i$ ), sehingga didapatkan  $ITP = SN = 1,74$ .
14. ITP lapisan Base =  $1,74 = a_1 \cdot D_1$ .  $D_1 = 3,95 \text{ inch} = 10,05 \text{ cm}$ .
15. Diasumsikan nilai CBR lapisan Subbase sebesar 50, maka dikorelasikan dengan nilai ( $S_i$ ) pada Gambar 5.3 didapat sebesar 7,7. Selanjutnya dicari dengan memasukkan fungsi *goal seek* dengan variable pengubah nilai *Soil Support Value* ( $S_i$ ), didapatkan  $ITP = SN = 2,386$ .
16. ITP lapisan Subbase =  $4,14 = a_1 \cdot D_1 + a_2 \cdot D_2$ , maka  $a_2 \cdot D_2 = 2,386 - 1,74 = 0,646$ . Sehingga  $D_2 = 0,646 / a_2 = 2,8 \text{ inch} = 7,134 \text{ cm}$ .
17. Diasumsikan nilai CBR lapisan Subgrade sebesar 20, maka dikorelasikan dengan nilai ( $S_i$ ) pada Gambar 5.3 didapat sebesar 6,2. Selanjutnya dicari dengan memasukkan fungsi *goal seek* dengan variable pengubah nilai *Soil Support Value* ( $S_i$ ), sehingga didapatkan  $ITP = SN = 2,88$ .
18. ITP lapisan Subgrade =  $2,88 = a_1 \cdot D_1 + a_2 \cdot D_2 + a_3 \cdot D_3$ , maka  $a_3 \cdot D_3 = 2,88 - 2,386 = 0,494$ . Sehingga  $D_3 = 0,494 / a_3 = 4,49 \text{ inch} = 11,4 \text{ cm}$ .
19. Berikut sketsa Gambar 5.4 yang menunjukkan ketebalan perkerasan hasil perhitungan:



Gambar 5.4 Desain Ketebalan Hasil Perhitungan

20. Tebal minimum pada jenis perkerasan lentur yang diatur dalam NCHRP (*National Commission on Highway and Road Program*) dengan angka ESAL (*Equivalent 18kips Axle Single Load*) diketahui sebesar 3.209.549,8 yakni diantara 2.000.001 – 7.000.000, adalah setebal 4 inch atau setara 10cm untuk lapisan surface.
21. Tebal surface hasil perhitungan lebih besar dari tebal minimum yang disyaratkan, sehingga dapat dipakai.
22. Pembulatan nilai berturut-turut untuk lapisan surface, base dan subbase desain perkerasan non recycling adalah: 10cm, 20cm (minimum persyaratan) dan 20cm.

#### 5.4.2 Asumsi dan Uraian Pelaksanaan

##### Asumsi

1. Pekerjaan dilakukan secara mekanis
2. Lokasi Pekerjaan Sepanjang Jalan
3. Kondisi eksisting jalan sedang
4. Jarak rata-rata basecamp ke lokasi 30 km
5. Tebal lapis base course padat 0,20 m
6. Jam kerja efektif per-hari 7 jam
7. Faktor Kehilangan Material:

– Agregat	1,2
– Semen	1,2
8. Komposisi Campuran lapisan Base Course (Spek)	
– Aspal Daur Ulang (RAP)	67%
– Agregat Sirtu Kelas A	33%
– Semen	6,5%
9. Komposisi Campuran lapisan AC (Spek)	
– Coarse Agregat	70%
– Fine Agregat	30%
– Fraksi filler	4%
– Aspal	6,5%
10. Berat jenis bahan	
– AC – Levelling	2,26 t/m <sup>3</sup>
– Coarse Agregat & Fine Agregat	1,40 t/m <sup>3</sup>
– Fraksi filler	1,19 t/m <sup>3</sup>
– Aspal	1,03 t/m <sup>3</sup>
– Base Course – Levelling	2,23 t/m <sup>3</sup>
– Aspal Daur Ulang (RAP)	1,40 t/m <sup>3</sup>
– Agregat Sirtu Kelas A	1,56 t/m <sup>3</sup>
– Semen	3,10 t/m <sup>3</sup>
– Subbase Course – Levelling	2,10 t/m <sup>3</sup>
– Agregat Sirtu Kelas B	1,35 t/m <sup>3</sup>

#### Uraian Pelaksanaan

1. Wheel loader memuat agregat sirtu kelas A ke dalam Dump Truck.
2. Agregat dihamparkan di lapangan dengan bantuan Motor Grader untuk pembentukan elevasi.
3. Kemudian dipadatkan berurutan dengan Compactor Pad Foot, Tandem dan Pneumatic Tire Roller.
4. Setelah itu disemprotkan prime coat.
5. Selagi menunggu prime coat kering, wheel loader memuat aggregate ke dalam Hot Bin AMP.
6. Agregat dan aspal dipanaskan dan dicampur di AMP untuk dimuat langsung ke dalam truk dan diangkut ke lokasi pekerjaan.

7. Campuran panas AC dihampar dengan Finisher dan dipadatkan dengan Tandem & Pneumatic Tire Roller.
8. Selama pemadatan sekelompok pekerja akan merapikan tepi hamparan dengan menggunakan alat bantu dan sekaligus melakukan pengecekan elevasi sesudah pemadatan.

#### 5.4.3 Analisa Harga Satuan

Dalam penentuan harga satuan untuk lapisan base course non recycling ini koefisien bahan, tenaga dan alat mengacu pada proyek rehabilitasi/pemeliharaan jalan dan jembatan Balai Pemeliharaan Jalan Provinsi Jawa Timur, paket pemeliharaan berkala jalan jurusan Gempol - Malang namun harga bahan, tenaga dan alat disesuaikan ulang dengan harga terbaru sesuai sub bab 5.2. Hasil perhitungan tersebut dapat dilihat pada Tabel 5.6.

*Tabel 5.6: Analisis Harga Satuan Perkerasan Recycling*

No	Uraian	Sat	Koef	Biaya Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
<b>A. Upah</b>					
1.	Mandor	Jam	-		
2.	Operator	Jam	-		
3.	Pekerja	Jam	-		
<b>Total</b>					<b>0</b>
<b>B. Alat</b>					
1.	Dump Truck 3-4 m <sup>3</sup>	Jam	0,2197	196.832,00	43.243,00
2.	Dump Truck 8-10 m <sup>3</sup>	Jam	0,2697	262.000,00	70.661,40
3.	Asphalt Mixing Plant	Jam	0,0151	4.729.009,00	71.408,00
4.	Asphalt Finisher	Jam	0,118	198.723,00	23.449,31
5.	Motor Grader	Jam	0,1415	372.023,00	52.641,26
6.	Water Tank 3000-4500 L	Jam	0,2170	176.063,00	38.205,67

7.	Water Tank 6000-8000 L	Jam	0,2741	202.500,00	55.505,25
8.	Compactor Pad Foot	Jam	0,1855	132.400,00	24.560,20
9.	Pneumatic Tire Roller 8-10 Ton	Jam	0,1971	189.001,00	37.252,09
10.	Tandem Roller	Jam	0,2014	179.687,00	36.188,96
11.	Cold Milling Machine	Jam	0,1117	1.549.902,00	173.124,05
12.	Cement Spreader Tank	Jam	0,1127	930.057,00	104.817,42
13.	WR Recycler Machine	Jam	0,1117	1.302.080,00	145.442,33
14.	Wheel Loader	Jam	0,1275	342.582,00	43.679,20
<b>Total</b>					<b>920.178,14</b>
<b>C. Bahan</b>					
1.	Agregat Base Kelas A	M <sup>3</sup>	0,0792	112.500,00	8.910,00
2.	Agregat Subbase Kelas B	M <sup>3</sup>	0,24	93.750,00	22.500,00
3.	Semen Curah	Kg	28,99	1.450,00	42.035,50
4.	Bensin	Ltr	-		
5.	Solar non industri	Ltr	-		
6.	Solar industri	Ltr	-		
7.	Minyak pelumas/oli	Ltr	-		
8.	Agregat Kasar (Untuk AC)	M <sup>3</sup>	0,084	164.600,00	13.826,40
9.	Agregat	M <sup>3</sup>	0,036	140.500,00	5.058,00

	Halus				
10.	Filler	Kg	10,848	330,00	3.579,84
11.	Aspal Curah	Kg	15.5714	8.609,00	134.054,18
<b>Total</b>					<b>229.963,92</b>
<b>D. Sub Total</b>					<b>1.150.142,06</b>

## 5.5 Lapisan Perkerasan Kaku

Perhitungan harga satuan lapisan perkerasan kaku didasarkan pada asumsi pelaksanaan lapisan base course yang sudah umum dipakai, koefisien yang ada dapat langsung dipakai dengan penyesuaian harga bahan dan upah terbaru untuk wilayah V.

### 5.5.1 Desain Tebal Perkerasan

Perhitungan desain tebal perkerasan recycling mengacu pada metode NAASRA (*National Association of Australian State Road Authorities*) yang umum dipakai di Indonesia.

Untuk lebih jelasnya langkah-langkah perencanaan tebal perkerasan recycling diuraikan sebagai berikut:

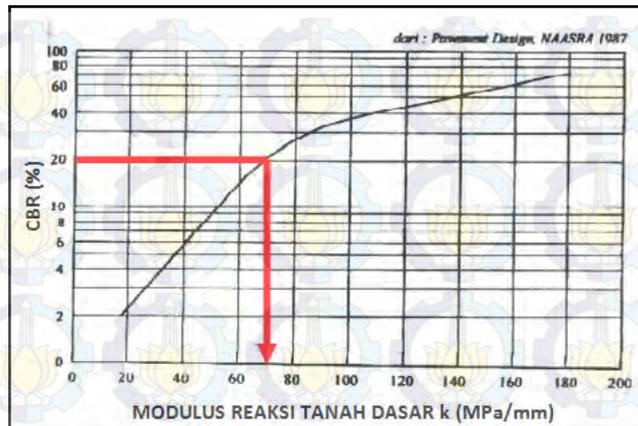
1. Diasumsikan harga CBR yang mewakili untuk lapisan subgrade adalah 20%.
2. Kondisi iklim dengan curah hujan rata-rata 750 mm/tahun.
3. Asumsi kelandaian rata-rata 6%.
4. Jumlah LHR sesuai dengan data lalu lintas terkini yang tersaji dalam Table 5.7

Tabel 5.7 Data Lalu Lintas Harian Gempol - Malang

NO.	DATA LHR	LHRj
1	Kendaraan Ringan	12510
2	Bus 1.2	287
3	Truk Kecil 1.2	2281
4	Truk Besar 1.2	282
5	Truk Besar 1.22	265

Sumber : Dinas Perhubungan Provinsi Jawa Timur, Juni 2012

5. Dari data CBR tanah 20% diplot ke Gambar 5.5 sehingga diperoleh nilai  $k = 66 \text{ MPa/mm}$



Gambar 5.5 : Korelasi CBR (%) dan Modulus Reaksi Tanah Dasar (MPa/mm)

6. Mutu beton dengan kuat tekan 28 hari direncanakan sebesar  $350 \text{ kg/cm}^2$   
 $f_c' = 350 / 10.2 = 34 \text{ Mpa} > 30 \text{ Mpa}$   
 ( minimum yang disarankan)

Dari rumus:

$$f_r = 0.62\sqrt{f_c'} = 3.6 \text{ MPa} > 3.5 \text{ MPa}$$

( minimum yang disarankan)

7. Beban lalu lintas rencana:  
 – Jumlah Sumbu Kendaraan Niaga disajikan dalam Tabel 5.8.

Tabel 5.8 : Jumlah Sumbu Kendaraan Niaga

Jenis Kendaraan	Jumlah		Beban sumbu (ton)		Konfigurasi Sumbu	
	Kendaraan	Sumbu	depan	belakang	depan	belakang
Kendaraan Ringan	12510	25020	1	1	STRT	STRT
Bus 1.2	287	574	3.06	5.94	STRT	STRG
Truk Kecil 1.2	2281	4562	2.822	5.478	STRT	STRG
Truk Besar 1.2	282	564	6.188	12.012	STRT	STRG
Truk Besar 1.22	265	795	6.25	18.75	STRT	SGRG
Jumlah	15625	31515				

– Jumlah Sumbu Kendaraan Niaga (JSKN) =  $365 * \text{JSKNH} * R$

– Harga R dengan  $(i) = 6\%$  :

$$R = \frac{(1+i)^n - 1}{e \log(1+i)} = \frac{(1+0.06)^{20} - 1}{e \log(1+0.06)} = 37.876$$

– Maka JSKN =  $365 * 31515 * 37,876 = 435686681.1$

– Koefisien Distribusi (Cd) = 0,5 untuk lalu lintas 2 arah dan 2 lajur, didapat dari Tabel 5.9.

Tabel 5.9 : Koefisien Distribusi (Cd)

Jumlah Lajur	Kendaraan	
	1 arah	2 arah
1	1	1
2	0.7	0.5
3	0.5	0.475
4		0.45
5		0.425
6		0.4

– Jumlah Repetisi Beban =  $\text{JSKN} * \% \text{konfigurasi} * \text{Cd}$ , perhitungannya bisa dilihat dalam Tabel 5.10.

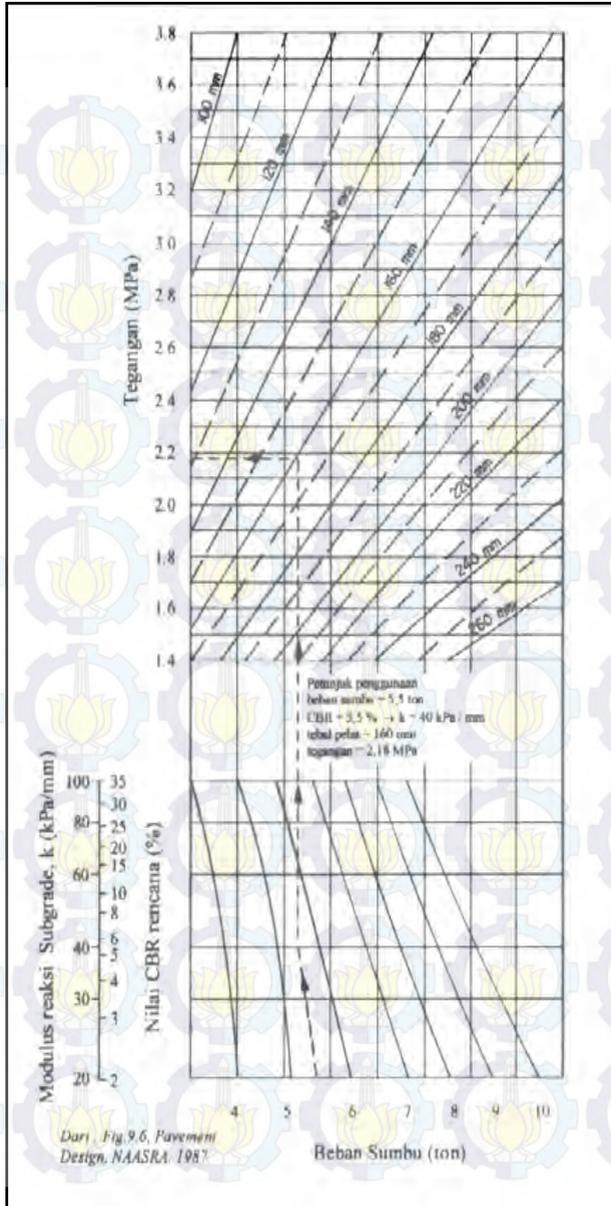
Tabel 5.10 : Jumlah Repetisi Selama Usia Rencana

Konfigurasi Sumbu	Beban Sumbu (ton)	Persentase Konfigurasi Sumbu (%)	Jumlah Repetisi Selama Usia Rencana
STRT	1.00	12510 : 31515 = 39.70	86473748.70
STRT	3.06	287 : 31515 = 0.91	1983850.19
STRT	2.82	2281 : 31515 = 7.24	15767115.97
STRT	6.188	282 : 31515 = 0.89	1949288.34
STRT	6.25	265 : 31515 = 0.84	1831778.05
STRT	1.00	12510 : 31515 = 39.70	86473748.70
STRG	5.94	287 : 31515 = 0.91	1983850.19
STRG	5.48	2281 : 31515 = 7.24	15767115.97
STRG	12.01	282 : 31515 = 0.89	1949288.34
SGRG	18.75	265 : 31515 = 0.84	1831778.05

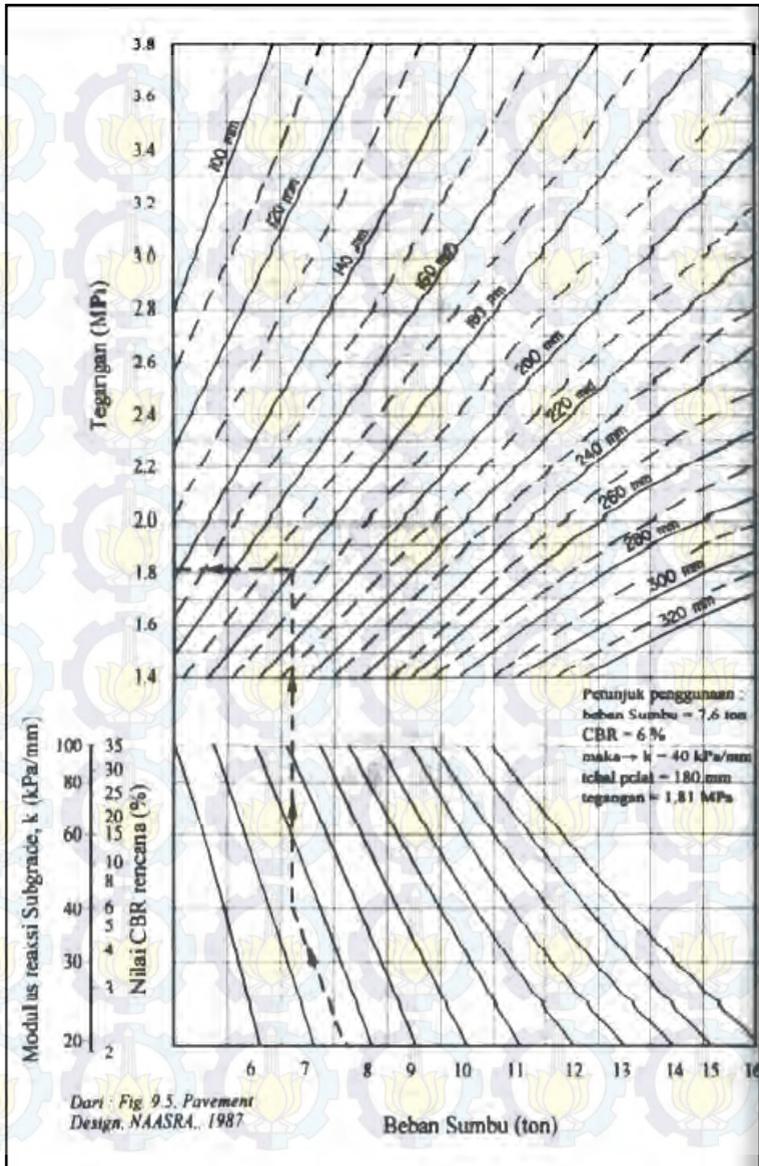
– Diasumsikan tebal pelat beton (rencana dengan dowel) = 180mm > 150mm (minimum yang disyaratkan untuk rigid pavement).

– Perhitungan persentase *fatigue* dapat dilihat dalam Tabel 5.12.

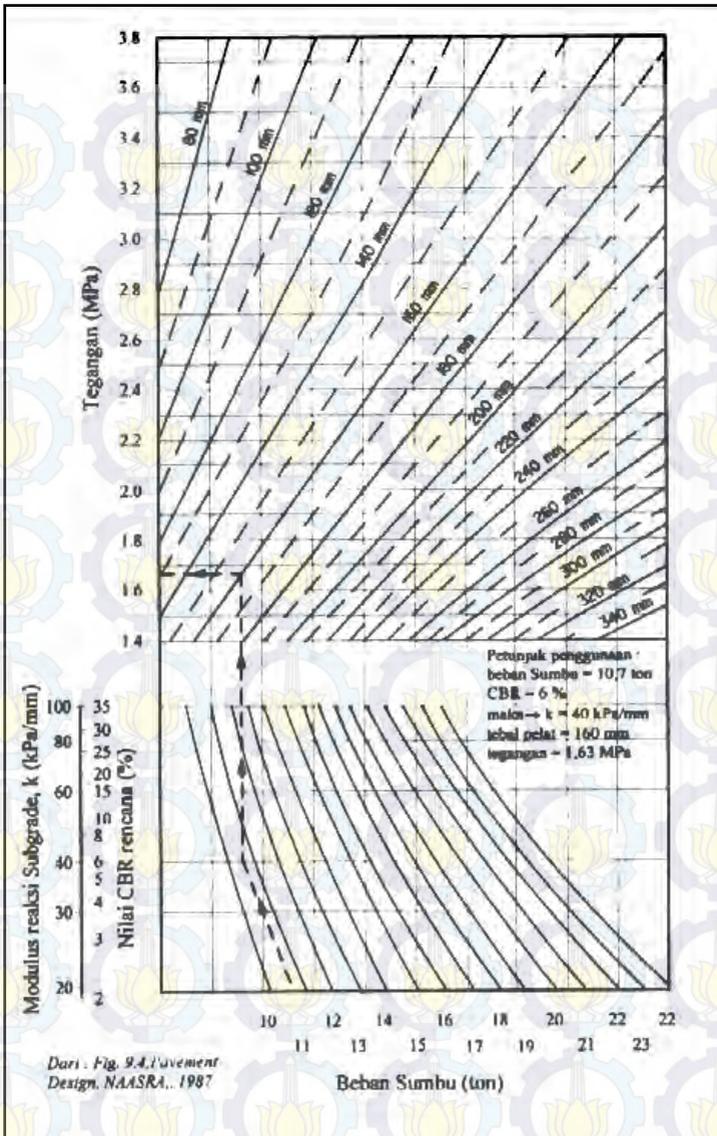
dengan Faktor Keamanan (FK) = 1,1 dan Tegangan sesuai dengan Gambar 5.6, 5.7 dan 5.8 serta Jumlah pengulangan beban ijin pada Tabel 5.11.



Gambar 5.6 : Nomogram STRT (Sumbu Tunggal Roda Tunggal)



Gambar 5.7 : Nomogram STRG (Sumbu Tunggal Roda Ganda)



Gambar 5.8 : Nomogram SGRG (Sumbu Ganda Roda Ganda)

*Tabel 5.11 : Perbandingan Tegangan & Jumlah Pengulangan  
Beban Yang Diiijinkan*

Perbandingan Tegangan <sup>a</sup>	Jumlah Pengulangan Beban Ijin	Perbandingan Tegangan	Jumlah Pengulangan Beban Ijin
0.51 <sup>b</sup>	400,000	0.69	2,500
0.52	300,000	0.70	2,000
0.53	240,000	0.71	1,500
0.54	180,000	0.72	1,100
0.55	130,000	0.73	850
0.56	100,000	0.74	650
0.57	75,000	0.75	490
0.58	57,000	0.76	360
0.59	42,000	0.77	270
0.60	32,000	0.78	210
0.61	24,000	0.79	160
0.62	18,000	0.80	120
0.63	14,000	0.81	90
0.64	11,000	0.82	70
0.65	8,000	0.83	50
0.66	6,000	0.84	40
0.67	4,500	0.85	30
0.68	3,500		

*Tabel 5.12 : Perhitungan Presentase Fatigue*

Koef Sumbu	Beban Sumbu (ton)	Beban Rencana FK = 1.1	Repetisi Beban	Tegangan yang terjadi (Mpa)	Perbandingan Tegangan	Jumlah Repetisi Beban Yang Diiijinkan	Persentase fatigue (%)
1	2	3	4	5	6	7	8
STRT	1.00	1.1	86473748.70	-	-	-	-
STRT	3.06	3.366	1983850.19	-	-	-	-
STRT	2.82	3.1042	15767115.97	-	-	-	-
STRT	6.19	6.8068	1949288.34	1.82	0.51	400000	487.322
STRT	6.25	6.875	1831778.05	1.89	0.53	240000	763.241
STRT	1.00	1.1	86473748.05	-	-	-	-
STRG	5.94	6.534	1983850.19	-	-	-	-
STRG	5.48	6.0258	15767115.97	-	-	-	-
STRG	12.01	13.2132	1949288.34	2.4	0.67	4500	43317.519
SGRG	18.75	20.625	1831778.05	2.06	0.57	75000	2442.371
						Jumlah =	47010.452

Keterangan Tabel 5.12 :

Kolom 3 = ( kolom 2 x FK),

Kolom 5 = dari Gambar 5.7 s/d 5.9

Kolom 6 = ( kolom 5 :  $f_r=3,6$ )

Kolom 7 = dari tabel 7.16 dgn nilai dari kolom 6

Kolom 8 = (kolom 4 : kolom 7) x 100

- Pada Tabel 5.12 Jumlah persentase *fatigue* masih lebih dari 100%, yakni sebesar 47010,452%. Sehingga perlu dihitung ulang sampai didapat persentase kurang dari atau sama dengan 100%.
- Perhitungan kedua dengan asumsi ketebalan pelat beton 220mm, disajikan dalam Tabel 5.13.

Tabel 5.13 : Perhitungan Presentase Fatigue

Koef Sumbu	Beban Sumbu (ton)	Beban Rencana FK = 1.1	Repetisi Beban	Tegangan yang terjadi (Mpa)	Perbandingan Tegangan	Jumlah Repetisi Beban Yang Diiijinkan	Persentase fatigue (%)
1	2	3	4	5	6	7	8
STRT	1.00	1.1	86473748.70	-	-	-	-
STRT	3.06	3.366	1983850.19	-	-	-	-
STRT	2.82	3.1042	15767115.97	-	-	-	-
STRT	6.19	6.8068	1949288.34	-	-	-	-
STRT	6.25	6.875	1831778.05	-	-	-	-
STRT	1.00	1.1	86473748.05	-	-	-	-
STRG	5.94	6.534	1983850.19	-	-	-	-
STRG	5.48	6.0258	15767115.97	-	-	-	-
STRG	12.01	13.2132	1949288.34	1.82	0.51	400000	487.322
SGRG	18.75	20.625	1831778.05	1.6	0.44	-	-
Jumlah =							487.322

- Pada Tabel 5.13 Jumlah persentase *fatigue* masih lebih dari 100%, yakni sebesar 487,322%. Sehingga perlu dihitung ulang sampai didapat persentase kurang dari atau sama dengan 100%.
- Perhitungan ketiga dengan asumsi ketebalan pelat beton 240mm, disajikan dalam Tabel 5.14.

Tabel 5.14 : Perhitungan Presentase *Fatigue*

Koef Sumbu	Beban Sumbu (ton)	Beban Rencana FK = 1.1	Repetisi Beban	Tegangan yang terjadi (Mpa)	Perbandingan Tegangan	Jumlah Repetisi Beban Yang Diiijinkan	Persentase <i>fatigue</i> (%)
1	2	3	4	5	6	7	8
STRT	1.00	1.1	86473748.70	-	-	-	-
STRT	3.06	3.366	1983850.19	-	-	-	-
STRT	2.82	3.1042	15767115.97	-	-	-	-
STRT	6.19	6.8068	1949288.34	-	-	-	-
STRT	6.25	6.875	1831778.05	-	-	-	-
STRT	1.00	1.1	86473748.05	-	-	-	-
STRG	5.94	6.534	1983850.19	-	-	-	-
STRG	5.48	6.0258	15767115.97	-	-	-	-
STRG	12.01	13.2132	1949288.34	1.6	0.44	-	-
SGRG	18.75	20.625	1831778.05	1.47	0.41	-	-
						Jumlah =	0.000

- Pada Tabel 5.14 Jumlah persentase *fatigue* kurang dari 100%, bahkan mencapai 0% yang artinya ketebalan plat beton 240mm untuk perkerasan kaku sangat kuat untuk dilalui beban-beban sesuai dengan perhitungan di atas.

## 5.5.2 Asumsi dan Uraian Pelaksanaan

### Asumsi

1. Pekerjaan dilakukan secara mekanis
2. Lokasi Pekerjaan Sepanjang Jalan
3. Bahan dasar (batu, pasir dan semen) diterima seluruhnya di lokasi pekerjaan
4. Jarak rata-rata basecamp ke lokasi 30 km
5. Jam kerja efektif per-hari 7 jam

6.	Kadar semen minimum K350 (spesifikasi)	365kg/m <sup>3</sup>
7.	Kadar semen minimum K125 (spesifikasi)	250kg/m <sup>3</sup>
8.	Ukuran Agregat Maksimum	19 mm
9.	Perbandingan Air/Semen maksimum	0,45
10.	Perbandingan Campuran K350:	
–	Semen	16,7%
–	Pasir	33,3%
–	Agregat Kasar	50%
11.	Perbandingan Campuran K125:	
–	Semen	11,1%
–	Pasir	33,3%
–	Agregat Kasar	55,6%
11.	Berat jenis material:	
–	Beton K350	2,25 t/m <sup>3</sup>
–	Beton K125	2,25 t/m <sup>3</sup>
–	Semen	1,44 t/m <sup>3</sup>
–	Pasir	1,80 t/m <sup>3</sup>
–	Agregat Kasar	1,80 t/m <sup>3</sup>

#### Uraian Pelaksanaan

1. Semen, pasir, batu kerikil dan air dicampur dan diaduk menjadi beton dengan menggunakan Concrete Mixer.
2. Beton di-cor ke dalam bekisting yang telah disiapkan.
3. Penyelesaian dan perapihan setelah pemasangan.

#### **5.5.3 Analisa Harga Satuan**

Dalam penentuan harga satuan untuk lapisan perkerasan jalan beton ini koefisien bahan, tenaga dan alat mengacu pada proyek rehabilitasi/pemeliharaan jalan dan jembatan Balai Pemeliharaan Jalan Provinsi Jawa Timur, paket pemeliharaan berkala jalan jurusan Gempol - Malang namun harga bahan, tenaga dan alat disesuaikan ulang dengan harga terbaru sesuai sub bab

5.2. Hasil perhitungan tersebut dapat dilihat pada Tabel 5.15.

*Tabel 5.15 Analisis Harga Satuan Lapisan Perkerasan Kaku*

No	Uraian	Sat	Koef	Biaya Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
<b>A. Upah</b>					
1.	Mandor	Jam	-		
2.	Operator	Jam	-		
3.	Pekerja	Jam	-		
<b>Total</b>					<b>0</b>
<b>B. Alat</b>					
1.	Dump Truck 3-4 m <sup>3</sup>	Jam	0,2197	196.832,00	43.243,00
2.	Dump Truck 8-10 m <sup>3</sup>	Jam	0,2697	262.000,00	70.661,40
3.	Motor Grader	Jam	0,1415	372.023,00	52.641,26
4.	Water Tank 3000-4500 L	Jam	0,2170	176.063,00	38.205,67
5.	Water Tank 6000-8000 L	Jam	0,2741	202.500,00	55.505,25
6.	Compactor Pad Foot	Jam	0,1855	132.400,00	24.560,20
7.	Pneumatic Tire Roller 8-10 Ton	Jam	0,1971	189.001,00	37.252,09
8.	Tandem Roller	Jam	0,2014	179.687,00	36.188,96
9.	Concrete Mixer	Jam	0,4418	46.702,00	20.632,95
10.	Concrete Vibrator	Jam	0,4418	31.526,00	13.928,19
11.	Concrete Pump	Jam	0,4418	213.311,25	94.240,91
12.	Wheel Loader	Jam	0,1275	342.582,00	43.679,20
<b>Total</b>					<b>530.739,08</b>
<b>C. Bahan</b>					

1.	Kayu Perancah	M <sup>3</sup>	0,15	2.250.000,00	337.500,00
2.	Semen	M <sup>3</sup>	411,83	1.450,00	597.153,50
3.	Pasir	M <sup>3</sup>	0,4576	100.000,00	45.760,00
4.	Agregat Kasar	M <sup>3</sup>	0,5949	164.600	97.920,54
5.	Paku	Kg	1,50	18.000,00	27.000,00
6.	Bensin	Ltr	-		
7.	Solar non industri	Ltr	-		
8.	Solar industri	Ltr	-		
9.	Minyak pelumas/oli	Ltr	-		
<b>Total</b>					<b>1.602.184,43</b>
<b>D. Sub Total</b>					<b>2.132.923,51</b>

### 5.6 Kesimpulan Dari Analisis Biaya

Dari hasil perhitungan estimasi biaya ini dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Pemanfaatan kembali material RAP ini dapat dilakukan dengan alat WR Recycler dimana konsep daur ulang menggunakan Cold Process dan in Site recycling.
2. Dari segi biaya penyewaan alat berat, metode CTRB membutuhkan biaya paling tinggi tetapi terbaik dalam segi penghematan biaya bahan.
3. Rangkuman estimasi biaya dari masing-masing jenis perkerasan dapat dilihat pada Tabel 5.16

*Tabel 5.16 Perbandingan Estimasi Biaya*

Jenis Perkerasan	Umur Rencana	Biaya Alat (Rp/m <sup>3</sup> )	Biaya Bahan (Rp/m <sup>3</sup> )	Total
AC Konvensional	20 Th	419.789,73	583.235,54	1.003.025,27
AC dengan CTRB	20 Th	920.178,14	229.963,92	1.150.142,06
Perkerasan Rigid	20 Th	530.739,08	1.602.184,43	2.132.923,51

## BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN

### 6.1 KESIMPULAN

1. Campuran lapisan Base Course “Do Nothing” (Campuran dengan 100% RAP tanpa perbaikan gradasi, hanya material RAP+semen) tidak memenuhi persyaratan CTRB dan harus dilakukan modifikasi campuran. Secara rata-rata campuran lapisan Base Course “Do Nothing” menghasilkan kuat tekan sebesar  $41,67 \text{ kgf/cm}^2$ . Sehingga tidak dapat memenuhi persyaratan CTRB yang memiliki nilai minimal  $78 \text{ kgf/cm}^2$ .
2. Gradasi Material RAP yang telah dilakukan analisa saringan menunjukkan adanya ketidaksesuaian terhadap spesifikasi yang diinginkan (Spesifikasi Teknik Lapis Pondasi Agregat dengan Cement Treated Recycled Base (CTR) SKPD-TP Dinas Bina Marga Provinsi Jawa Timur).
3. Kualitas agregat sirtu kelas A sesuai dengan spesifikasi yang ditentukan AASHTO.
4. Kualitas campuran antara RAP dengan agregat sirtu kelas A telah memenuhi persyaratan gradasi gabungan sesuai dengan Spesifikasi Teknik Lapis Pondasi Agregat dengan Cement Treated Recycled Base (CTR) SKPD-TP Dinas Bina Marga Provinsi Jawa Timur.
5. Kadar air optimum yang dibutuhkan dalam pelaksanaan pencampuran agregat didapatkan berturut-turut untuk campuran 100%RAP, 67%RAP+33%sirtu kelas A, 61%RAP+39%sirtu kelas A adalah sebesar 3,99%, 7,95% dan 7,09%.
6. Hasil pengujian kuat tekan campuran dengan variasi teknik *curing* atau pemeliharaan dengan disemprot dan dibungkus plastik menunjukkan performa tertinggi untuk campuran perkerasan 67% RAP + 33% sirtu kelas A yakni rata-ratanya sebesar  $105,09 \text{ kgf/cm}^2$  dari syarat minimum  $78 \text{ kgf/cm}^2$ . Kemudian untuk benda uji dengan teknik *curing* rendaman menghasilkan kuat tekan rata-

rata tertinggi sebesar  $81,53\text{kgf/cm}^2$ . Sedangkan benda uji tanpa *curving* menghasilkan kuat tekan rata-rata tertinggi hanya  $78,77\text{kgf/cm}^2$  dari syarat minimum  $78\text{kgf/cm}^2$ .

7. Hasil perhitungan prakiraan biaya ketiga metode perkerasan menghasilkan nilai yang cukup signifikan. Biaya metode perkerasan dengan lapisan *base course* CTRB mampu memangkas lebih dari setengah kebutuhan biaya bahan untuk perkerasan konvensional hingga sebesar Rp 229.963,92 per  $\text{m}^3$ . Dengan rencana pencapaian umur rencana, perkerasan dengan CTRB mampu bersaing dengan perkerasan rigid, menghasilkan selisih Rp 598.431,06 per  $\text{m}^3$  pekerjaan.

## 6.2 SARAN

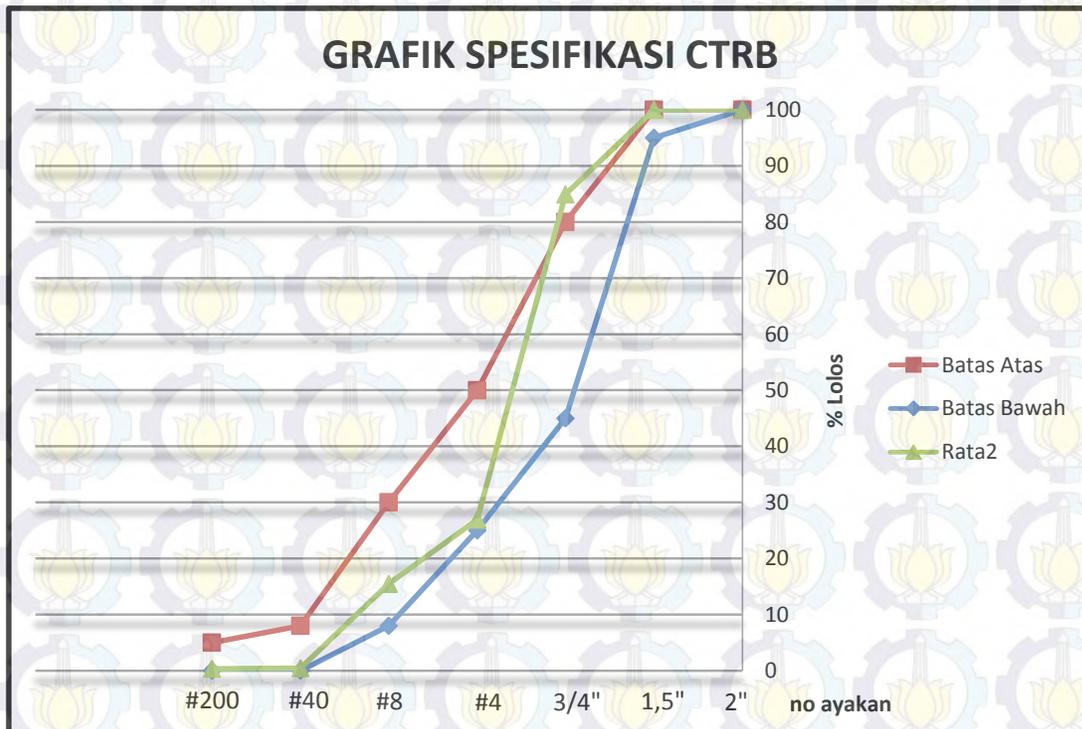
1. Penelitian ini perlu dilanjutkan untuk meninjau masalah proporsi semen optimum untuk pencampuran lapisan base course. Serta meninjau analisa biaya dari segi pemeliharaan jangka panjang untuk ketiga jenis perkerasan.
2. Perlu segera disusun standar penggunaan material RAP (Semacam SNI untuk material RAP dalam campuran CTRB) untuk memberikan rambu-rambu atau standar baku pada saat produksi dan juga untuk memudahkan proses pengawasan (Quality Control).
3. Mengingat luasnya cakupan ilmu mengenai metode perkerasan dengan proses daur ulang yang sedang *booming* di seluruh dunia, perlu adanya porsi lebih dalam mata kuliah perkerasan jalan raya dalam mengupas metode-metode serta inovasi daur ulang sehingga mahasiswa dapat dengan mudah membuat mix desain CTRB.

Lampiran 1. Hasil tes analisa saringan pada agregat RAP (Reclaimed Asphalt Pavement)

## TES ANALISA SARINGAN

(AASHTO - T27)  
(SNI 03-1968-1990)

Nomor : 1 dan 2  
 Order : Pradnyana  
 Proyek : Tugas Akhir, No.SPMMTA (467/IT2.3.2/PP/2012)  
 Jenis Material : RAP (Recycled Asphalt Pavement)



Ukuran Saringan (inch)	Batas Atas	Batas Bawah	Prosentase Jumlah		Rata2
			No.1	No.2	
2"	100	100	100	100	100
1,5"	100	95	100	100	100
3/4"	80	45	84.606	85.22	84.913
No.4	50	25	26.1075	27.84	26.974
No.8	30	8	13.593	17.4025	15.498
No.40	8	0	0.357	0.573	0.465
No.200	5	0	0.328	0.3646	0.3463

Surabaya,

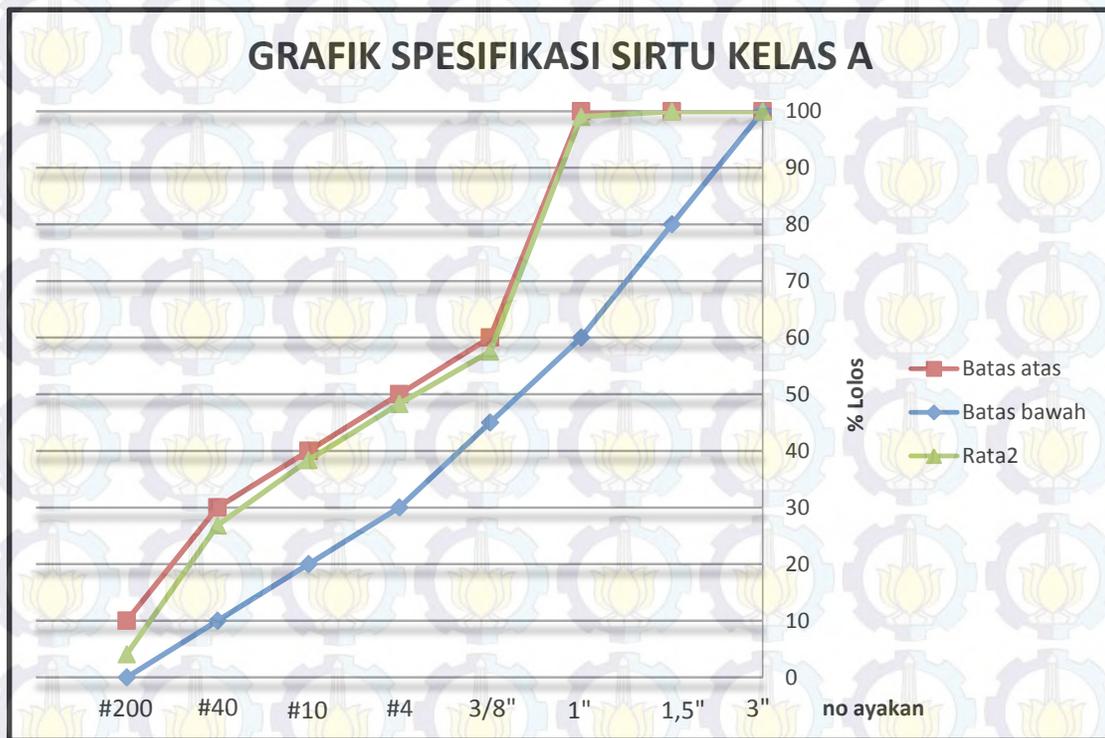
\_\_\_\_\_  
Supervisor

Lampiran 2. Hasil tes analisa saringan agregat sirtu kelas A

## TES ANALISA SARINGAN

(AASHTO - T27)  
(SNI 03-1968-1990)

Nomor : 1 dan 2  
 Order : Pradnyana  
 Proyek : Tugas Akhir, No.SPMMTA (467/IT2.3.2/PP/2012)  
 Jenis Material : Sirtu Kelas A



Ukuran Saringan	Batas Atas	Batas Bawah	Prosentase Jumlah Melalui (%)		Rata2
			No.1	No.2	
3"	100	100	100	100	100
1,5"	100	80	100	100	100
1"	100	60	100	98.1	99.05
3/8"	60	45	53.53	61.53	57.53
No.4	50	30	44.3	52.3	48.3
No.10	40	20	36.39	40.35	38.37
No.40	30	10	26.52	27.22	26.87
No.200	10	0	3.49	4.72	4.105

Surabaya,

Supervisor

Lampiran 3. Hasil pemeriksaan berat jenis dan penyerapan agregat kasar

## Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar

(SNI 03 - 1969 - 1990)

JENIS PENGUJIAN	PERCOBAAN	KETERANGAN
Berat benda uji kering oven	Gram ( $B_k$ )	5000
Berat benda uji kering permukaan jenuh	Gram ( $B_j$ )	5300
Berat benda jenis uji dalam air	Gram ( $B_a$ )	2985
Berat jenis (Bulk Specific Gravity)		
$= \frac{B_k}{B_j - B_a}$		2,16
Berat kering permukaan jenuh (SSD)		
$= \frac{B_j}{B_j - B_a}$		2,29
Berat jenis semu (Apparent Specific Gravity)		
$= \frac{B_k}{B_k - B_a}$		2,48
Penyerapan		
$= \frac{B_j - B_k}{B_k} \times 100\%$		6%



## DAFTAR PUSTAKA

American Association of State Highway and Transportation Officials, 1993. *Geotechnical Aspects of Pavements Reference Manual*. Chapter 5.0 Geotechnical Inputs For Pavement Design (continued). U.S. Department of Transportation Federal Highway Administration.

Asphalt Institute, 2004. *RAP Mix Design and Performance*. APA Asphalt Pavement Conference: 21<sup>st</sup> Century Construction. Nashville, TN.

Asphalt Institute, 2008. *Optimizing The Use of RAP*. North Dakota Asphalt Conference. Bismarck, North Dakota.

Asphalt Recycling and Reclaiming Association, 2001. *Basic Asphalt Recycling Manual*. U.S. Department of Transportation Federal Highway Administration.

Irma, A., 2009. *Tinjauan Penggunaan Agregat Recycling Pada Campuran Hot Rolled Sheet (HRS) Terhadap Kuat Tekan, Kuat Tarik dan Permeabilitas*. Tesis Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret Surakarta.

Kearney, E., 1997. *Cold Mix Recycling: State-of-the-Practice*. Proceeding of Association of Asphalt Paving Technologists (AAPT), 1997, Pp.760-802.

Laboratorium Perhubungan dan Bahan Konstruksi Jalan, 2009. *Petunjuk Praktikum Perkerasan Jalan Raya*. Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan ITS.

Tabakovic, A., Gibney, A., Gilerist, M.D. and McNally, C., 2007. *The Influence of Reclaimed Asphalt pavement*. Balkema- Proceedings and Monographs in Engineering, Water and Sciences, Advance Characterisation of Pavement and Soil Engineering Materials – Loizos, Scarpas & Al-Qadi (eds), Taylor & Francis Group, London, ISBN 978-0-415-44882-6..

Xuan, D.X., Houben, L.J.M., Molenaar, A.A.A., and Shui, Z.H., 2011. *Mechanical Properties of Cement Treated Aggregate Material*.  
<http://www.elsevier.com/locate/matdes/>

## BIODATA PENULIS



Penulis dilahirkan di Surabaya pada tanggal 11 Januari 1990 dan merupakan anak bungsu dari dua bersaudara. Penulis menyelesaikan pendidikan formal yaitu di TK Dharma Wanita dan SDN Rungkut Menanggal I, melanjutkan di SMPN 1 Surabaya dan SMAN 2 Surabaya, penulis diterima di jurusan Teknik Sipil FTSP ITS pada tahun 2008 melalui jalur SNMPTN dan terdaftar dengan NRP 3108 100 108.

Di jurusan Teknik Sipil ini penulis mengambil bidang studi Transportasi, penulis sempat aktif di beberapa kegiatan pelatihan, seminar nasional, serta internasional. Penulis juga sempat aktif sebagai staff Departemen Humas (Hubungan Masyarakat) di Tim Pembina Kerohanian Hindu ITS. Penulis dengan senang hati membuka ruang untuk berdiskusi maupun bertukar informasi di [pradnyanasaja@gmail.com](mailto:pradnyanasaja@gmail.com).