

**SKRIPSI**

**KAJIAN TEKNIS *CEMENT TREATED RECYCLING BASE* (CTRB) PADA  
PROYEK PRESERVASI JALAN DAN PEMELIHARAAN RUTIN  
BERENG BENGKEL – PILANG – PULANG PISAU**

oleh

**DENIS ADITIA SAPUTRA**  
NIM. DAB 113 070



**JURUSAN/PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS PALANGKA RAYA  
PALANGKA RAYA  
2020**

## RINGKASAN

**KAJIAN TEKNIS CEMENT TREATED RECYCLING BASE (CTRB) PADA PROYEK PRESERVASI JALAN DAN PEMELIHARAAN RUTIN DI BERENG BENGKEL – PILANG – PULANG PISAU**, Denis Aditia Saputra, 2020, Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Palangka Raya.

Salah satu upaya untuk memperbaiki jalan adalah dengan pengembangan teknologi recycling atau daur ulang. *Cement Treated Recycling Base (CTRB)* dan *Cold Mix Recycling by Foam Bitumen (CMRFB)* adalah teknologi stabilisasi pondasi jalan dengan system daur ulang campuran dingin pada perkerasan jalan. Prinsip dari proses ini adalah memanfaatkan material jalan yang sudah ada dengan nilai struktur yang tersisa untuk diolah kembali dan mendapatkan nilai struktur yang lebih tinggi. Pada tahun 2020 jalan Bereng Bengkel-Pilang-Pulang Pisau dilaksanakan preservasi jalan dengan teknologi *Cement Treated Recycling Base (CTRB)*.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui material *Cement Treated Recycling Base (CTRB)* yang digunakan pada preservasi jalan Bereng Bengkel-Pilang-Pulang Pisau memenuhi persyaratan yang ditentukan, mengetahui komposisi campuran *Cement Treated Recycling Base (CTRB)* yang digunakan, mengetahui hasil pengendalian mutu (*Quality Control*) dari pelaksanaan pekerjaan, dan mengetahui perbandingan biaya pekerjaan antara CTRB dan lapis perkerasan non-CTRB dalam 1 m<sup>3</sup> pekerjaan.

Berdasarkan uji laboratorium didapatkan hasil bahwa campuran *Cement Treated Recycling Base (CTRB)* yang digunakan pada proyek preservasi jalan Bereng Bengkel-Pilang-Pulang Pisau sudah memenuhi spesifikasi teknis dengan campuran 75% material lama (eksisting), 25% penambahan agregat baru (60% Batu Pecah:40% Abu Batu), kadar semen 6,35% dan kadar air 6,77%. Untuk hasil pengendalian mutu dengan umur sampel 7 hari campuran tersebut juga sudah memenuhi spesifikasi teknis CTRB. Berdasarkan perhitungan untuk perbandingan biaya antara lapis perkerasan dengan CTRB dan perkerasan non-CTRB didapatkan hasil lapis perkerasan CTRB lebih ekonomis dibandingkan dengan campuran non-CTRB).

**Kata Kunci :** Perkerasan, *Cement Treated Recycling Base (CTRB)*, Spesifikasi.

## SUMMARY

**TECHNICAL STUDY OF CEMENT TREATED RECYCLING BASE (CTRB) ON ROAD PRESERVATION AND ROUTINE MAINTENANCE PROJECT IN BERENG BENGKEL - PILANG – PISAU**, Denis Aditia Saputra, 2020, Civil Engineering Department, Faculty of Engineering, University of Palangka Raya.

One of the efforts to improve roads is by developing recycling or recycling technology. Cement Treated Recycling Base (CTRB) and Cold Mix Recycling by Foam Bitumen (CMRFB) are road foundation stabilization technologies with a cold mix recycling system on road pavements. The principle of this process is to utilize existing road materials with the remaining structural values to be reprocessed and obtain a higher structural value. In 2020 the Bereng Bengkel-Pilang-Pulang Pisau road will carry out road preservation with Cement Treated Recycling Base (CTRB) technology.

This study aims to determine the Cement Treated Recycling Base (CTRB) material used in the preservation of the Bereng Bengkel-Pilang-Pulang Pisau road to meet the specified requirements, determine the composition of the Cement Treated Recycling Base (CTRB) mixture used, determine the results of Quality Control From the implementation of work, and knowing the comparison of the cost of work between CTRB and non-CTRB pavement layers in 1 m<sup>3</sup> of work.

Based on laboratory tests, the results show that the Cement Treated Recycling Base (CTRB) mixture used in the Bereng Bengkel-Pilang-Pulang Pisau road preservation project has met technical specifications with a mixture of 75% of the existing material, 25% of the addition of new aggregate (60% of aggregate: 40% Stone Ash), cement content of 6.35% and water content of 6.77%. For quality control results with a sample age of 7 days the mixture also meets the CTRB technical specifications. Based on the calculation for the cost comparison between the pavement layer with CTRB and non-CTRB pavement, the results of the CTRB pavement layer are more economical compared to non-CTRB mixture.

**Keywords:** Pavement, Cement Treated Recycling Base (CTRB), Specifications.

## LEMBAR PERSEMBAHAN

Puji syukur saya panjatkan kehadirat Tuhan Yang Maha Esa yang telah memberikan Rahmat serta Karunia-Nya, sehingga saya akhirnya dapat menyelesaikan skripsi ini tepat pada waktunya. Saya menyadari bahwa tanpa adanya bantuan dan dorongan dari berbagai pihak, penyelesaian skripsi ini tidak akan terwujud. Oleh karena itu, dengan ketulusan dan kerendahan hati, saya mengucapkan banyak terima kasih kepada yang pertama dan terutama Tuhan Yang Maha Esa yang telah membuat semua menjadi mungkin dan terjadi, lalu kepada Orang Tua saya terkhususnya, Keluarga, Saudara, Dosen-Dosen dan Teman-Teman seperjuangan Pendidikan Teknik Sipil. Dimana saya diberikan kepercayaan untuk menyelesaikan Pendidikan sarjana Strata-1 di Fakultas Teknik Jurusan Teknik Sipil Universitas Palangka Raya.

Saya banyak berterima kasih juga kepada Bapak/Ibu Dosen, Bapak Ir. H. Mohamad Amin, M.T., Ibu Murniati, S.T., M.T., Bapak Robby, S.T, M.T., Ibu Ina Elvina, S.T., M.T., Ibu Desi Riani, S.T., M.T., Bapak Ir. Waluyo Nuswantoro, M.T., dan Bapak Dr. Rudi Waluyo, S.T., M.T. yang selama masa Pendidikan sudah meluangkan waktu, tenaga, pikiran, serta ide dalam membimbing dan memberikan masukan atau saran untuk dapat menyelesaikan Skripsi ini. Saya sadar akan kekurangan yang dimiliki baik suka maupun duka. Maka dari itu, pengalaman ini biarlah menjadi pembelajaran bagi saya untuk tetap semangat dan menjadikan diri saya lebih baik untuk dikemudian hari nanti, Amin.

Dan yang terakhir saya mengucapkan rasa terima kasih kepada sahabat-sahabat saya penghuni Grup HMHK (Himpunan Manusia Hambur Karak) yang telah banyak melalui susah, sedih dan senang bersama, kepada teman seperjuangan angkatan 2013 dan REKAN MUKIM PERCEPATAN, kepada senior dan junior angkatan yang tak dapat saya sebutkan satu persatu karena semuanya adalah teman seperjuangan dalam menempuh masa studi saya. Semoga Tuhan Yang Maha Esa memberikan balasan yang berlipat atas amalan dan bantuan yang telah diberikan kepada saya dalam penyelesaian skripsi ini.

Semoga semua hal yang telah terjadi sampai dengan hari ini dan seterusnya selalu menjadi pembelajaran dan kenangan yang manis untuk kita semua, Tuhan Yesus Memberkati kita semua, Amin

## **KATA PENGANTAR**

Puji dan syukur kehadiran Tuhan Yang Maha Esa atas berkat rahmat serta kasih-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Skripsi ini yang mengambil judul “**KAJIAN TEKNIS *CEMENT TREATED RECYCLING BASE (CTRB)* PADA PROYEK PRESERVASI JALAN DAN PEMELIHARAAN RUTIN BERENG BENGKEL – PILANG – PULANG PISAU**” Tujuan penulisan Skripsi adalah sebagai salah satu syarat menyelesaikan studi Program Strata-1 Jurusan/Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Palangka Raya.

Penulis menyadari dalam penyusunan Skripsi ini tidak akan selesai tanpa bantuan dari berbagai pihak. Karena itu pada kesempatan ini saya ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Ir. Waluyo Nuswantoro, M.T. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Palangka Raya.
2. Ibu Frieda, S.T., M.T. selaku Wakil Dekan Bidang Akademik Fakultas Teknik Universitas Palangka Raya.
3. Bapak Dr. Sutan P. Silitonga, S.TP., S.T., M.T. selaku Wakil Dekan Bidang Umum dan Keuangan Fakultas Teknik Universitas Palangka Raya.
4. Bapak Tatau Wijaya Garib, S.T., M.T. selaku Wakil Dekan Bidang Kemahasiswaan Fakultas Teknik Universitas Palangka Raya.

5. Bapak Dr. Rudi Waluyo, S.T., M.T. selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Palangka Raya.
6. Ibu Veronika Happy P, S.T., M.T., selaku Sekretaris Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Palangka Raya.
7. Bapak Robby, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing Akademik.
8. Bapak Ir. H. Moh. Amin, M.T., selaku Dosen Pembimbing I Skripsi.
9. Ibu Murniati, S.T., M.T., selaku Dosen Pembimbing II Skripsi.
10. Bapak Robby, S.T., M.T. selaku Dosen Penguji dan Pembahas Skripsi
11. Ibu Desi Riani, S.T., M.T., selaku Dosen Penguji dan Pembahas Skripsi.
12. Ibu Ina Elvina, S.T., M.T., selaku Dosen Penguji dan Pembahas Skripsi.
13. Seluruh Dosen Teknik Sipil, Staf Tata Usaha, dan Staf Akademik di Fakultas Teknik Universitas Palangka Raya.
14. Rekan – rekan Mahasiswa Teknik Sipil angkatan 13 dan semua pihak yang telah membantu dalam penyusunan Skripsi Tugas Akhir ini.

Saya menyadari Skripsi Tugas Akhir ini tidak luput dari berbagai kekurangan dan kelemahan, oleh karena itu diharapkan berbagai saran dan kritik demi kesempurnaan dan perbaikannya sehingga Skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi bidang Pendidikan dan penerapa dilapangan serta bisa dikembangkan lagi lebih lanjut. Terima Kasih.

Palangka Raya,            Desember 2020

**DENIS ADITIA SAPUTRA**

**NIM. DAB 113 070**

## DAFTAR ISI

	Halaman
<b>RINGKASAN .....</b>	<b>iii</b>
<b>SUMARRY .....</b>	<b>vi</b>
<b>KATA PENGANTAR.....</b>	<b>v</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>viii</b>
<b>DAFTAR TABEL.....</b>	<b>xi</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>xv</b>

### BAB I

#### PENDAHULUAN

1.1	Latar Belakang.....	1
1.2	Rumusan Masalah .....	3
1.3	Batasan Masalah.....	3
1.4	Tujuan Penelitian.....	4
1.5	Manfaat Penelitian.....	4
1.6	Lokasi Penelitian .....	5

### BAB II

#### TINJAUAN PUSTAKA

2.1	Umum.....	6
2.2	Landasan Teori .....	8
2.2.1	Konstruksi Perkerasan Jalan .....	8
2.2.2	Jenis Daur Ulang Dalam Konstruksi Jalan.....	10
2.2.3	Peralatan Pekerjaan Daur Ulang .....	14
2.2.4	Bahan-Bahan Penyusun Perkerasan Daur Ulang .....	20

2.2.5	Karakteristik Daur Ulang Bahan Garukan Perkerasan Dengan Semen.....	26
2.3	Kajian Terhadap Penelitian Terdahulu.....	32

### **BAB III**

#### **METODE PENELITIAN**

3.1	Umum.....	33
3.2	Pengambilan Sampel .....	33
3.3	Teknik Pengumpulan Data .....	33
3.4	Analisis Data .....	34
3.5	Bahan dan Peralatan Penelitian .....	34
3.6	Benda Uji.....	36
3.7	Pelaksanaan .....	37
3.7.1	Pencampuran dan Penghamparan .....	37
3.7.2	Perawatan .....	41
3.7.3	Pengendalian Mutu.....	41
3.7	Bagan Alir Peneltian .....	44

### **BAB IV**

#### **TAHAP PELAKSANAAN**

4.1	Pembuatan Design <i>Mix Formula</i> .....	47
4.2	Job Mix Formula .....	52
4.3	Proses Pelaksanaan <i>Cement Treated Recycling Base (CTRB)</i> .....	53
4.4	Pengendalian Mutu ( <i>Quality Control</i> ).....	58
4.4.1	Tujuan Kontrol Kualitas.....	59
4.4.2	Penerimaan Kontrol Kualitas ( <i>Quality Control Acceptance</i> ).....	60

4.5	Hasil Kontrol Kualitas/Quality Control pada Cement Treated Recycling Base (CTRB).....	61
4.6	Perbandingan Biaya antara Cement Treated Recycling Base (CTRB) dengan lapis perkerasan baru Non-CTRB dalam 1 m3 pekerjaan di Lapangan.....	63

## **BAB V**

### **PENUTUP**

5.1	Kesimpulan.....	65
5.2	Saran.....	66

### **DAFTAR PUSTAKA**

### **LAMPIRAN**

## DAFTAR TABEL

### Halaman

DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xii

## DAFTAR GAMBAR

### Halaman

1.1	Gambar Tipikal Melintang Rekonstruksi .....	2
1.2	Peta Lokasi Pekerjaan.....	5
2.1	Lapisan Perkerasan Jalan.....	8
2.2	Konstruksi Perkerasan Lentur .....	10
2.3	Jenis Daur Ulang Campuran Dingin ( <i>Cold Mix Recycling</i> ) .....	11
2.4	Daur Ulang Campuran Panas ( <i>Hot Mix Recycling</i> ).....	13
2.5	<i>Recycler Machine</i> (Wirgen WR-2500S) .....	14
2.6	Motor Grader .....	16
2.7	Truk Tangki Air.....	17
2.8	<i>Pad Foot Roller</i> .....	18
2.9	<i>Smooth Drum</i> .....	19
2.10	Kepadatan Kering Maksimum dan Kadar Air Optimum .....	30
3.1	Ayakan Yang Dipakai Untuk Penelitian .....	35
3.2	Neraca Triple Beam yang Dipakai Pada Penelitian Ini .....	36
3.3	Bagan Alir Penelitian .....	44
4.1	Grafik Analisa Saringan Agregat Halus dan Kasar .....	50
4.2	Penghampan Semen .....	54
4.3	Proses Milling.....	54
4.4	Pemadatan Awal denga <i>Padfoot Roller</i> .....	55
4.5	Proses Meratakan dengan <i>Motor Grader</i> .....	55
4.6	Pemadatan Akhir dengan <i>Smoothdrum</i> .....	55
4.7	Bagan Alir Pelaksanaan Cemenrt Treated Recycling Base (CTRB).....	57
4.8	Sampel Sebelum Diuji Umur 7 Hari .....	62
4.9	Sampel Setelah Diuji Umur 7 Hari.....	62

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar belakang

Volume dan beban lalu lintas semakin bertambah, demikian juga dengan perkembangan jenis kendaraan berat yang memberi beban pada jalan, sehingga diperlukan suatu inovasi dalam bidang pemeliharaan jalan guna mempertahankan atau menambah umur rencana jalan dalam melayani beban lalu lintas. Disadari bahwa dibutuhkan infrastruktur yang kuat untuk meningkatkan ekonomi dan jalan yang baik merupakan bagian yang sangat vital dari infrastruktur ini. Jika dana tidak mencukupi maka metode rehabilitasi jalan yang lebih efektif dan efisien harus didapatkan. Peningkatan jalan dengan cara penambahan lapis tambahan yang terus menerus akan mengakibatkan tebal lapis perkerasan semakin tebal dan bahan yang diperlukan semakin tipis.

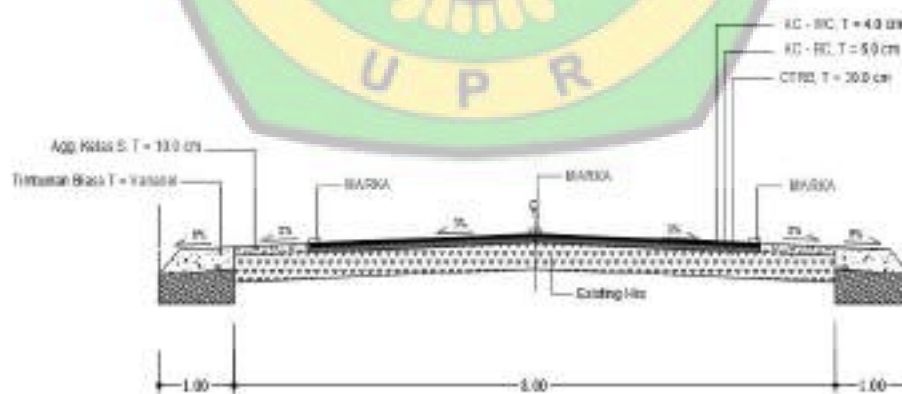
Salah satu upaya untuk memperbaiki jalan adalah dengan pengembangan teknologi *recycling* atau daur ulang. *Cement Treated Recycling Base* (CTRB) dan *Cold Mix Recycling by Foam Bitumen* (CMRFB) adalah teknologi stabilisasi pondasi jalan dengan sistem daur ulang campuran dingin pada perkerasan jalan. Prinsip dari proses ini adalah memanfaatkan material jalan yang ada sudah tidak memiliki nilai struktur untuk diolah dan ditambah bahan aditif sehingga dapat dipergunakan kembali dengan nilai struktur yang lebih tinggi.

Pada tahun 2020 jalan Bereng Bengkel – Pilang – Pulang Pisau dilaksanakan preservasi jalan dengan teknologi *Cement Treated Recycling Base* (CTRB). *Cement Treated Recycling Base* (CTRB) adalah teknologi stabilisasi pondasi jalan dengan sistem daur ulang material perkerasan jalan dengan bahan

aditif semen. Material yang didaur ulang dengan semen ini umumnya dimanfaatkan dari material yang sudah ada di perkerasan lama dan digunakan sebagai lapis pondasi atas / *Cement Treated Recycling Base* (CTRB) atau lapis pondasi bawah / *Cement Treated Recycling Sub Base* (CTRSB).

Pengembangan teknologi *recycling* diharapkan tidak hanya dapat memperbaiki lobang atau kerusakan yang terjadi, tetapi juga memperkuat struktur jalan agar lebih tahan lama dan tidak mudah rusak kembali. Dengan teknologi *recycling* aspal bekas dari jalan yang rusak, dapat membuat kekerasan mendekati beton, tetapi jalan lebih lentur.

Sehingga jika tanah dasarnya turun, maka aspalnya ikut turun. Sedangkan jika menggunakan beton, jika tanah dasarnya turun, maka akan retak sehingga jalan beton tersebut harus dibongkar. Hal ini jelas menambah biaya, tenaga dan waktu sehingga dinilai kurang efisien. Dengan teknologi *recycling*, hanya tanah dasarnya saja yang diperbaiki dan diperkeras.



**Gambar 1.1 Gambar Tipikal Melintang Rekonstruksi**

## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan di atas, dapat dikemukakan beberapa pokok permasalahan dalam penelitian sebagai berikut :

1. Apakah material *Cement Treated Recycling Base* (CTRB) yang digunakan pada preservasi jalan Bereng Bengkel – Pilang – Pulang Pisau memenuhi persyaratan yang ditentukan?
2. Bagaimana komposisi campuran *Cement Treated Recycling Base* (CTRB) yang digunakan pada preservasi jalan Bereng Bengkel – Pilang – Pulang Pisau?
3. Bagaimana proses Pelaksanaan *Cement Treated Recycling Base* (CTRB) pada preservasi jalan Bereng Bengkel – Pilang – Pulang Pisau?
4. Bagaimana hasil *Quality Control* (pengendalian mutu) yang dilakukan pada saat pelaksanaan pekerjaan (hasil dari pelaksanaan yang sudah ada)?
5. Bagaimana perbandingan biaya bahan antara *Cement Treated Recycling Base* (CTRB) dengan lapis perkerasan baru Non-CTRB dalam 1 m<sup>3</sup> pekerjaan?

## 1.3 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah dalam penelitian ini adalah :

1. Lapisan Perkerasan yang diteliti adalah *Cement Treated Recycling Base* (CTRB).
2. Benda uji untuk kuat tekan bebas / *Unconfined Compressive Strength* (UCS) dalam bentuk silinder dengan umur perawatan 7 hari.
3. Pengendalian Mutu (*Quality Control*) yang digunakan hanya *Unconfined Compressive Strength* (UCS).

#### 1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan yang diharapkan dari penelitian ini adalah :

1. Mengetahui material *Cement Treated Recycling Base* (CTRB) yang digunakan pada preservasi jalan Bereng Bengkel – Pilang – Pulang Pisau memenuhi persyaratan yang ditentukan.
2. Mengetahui komposisi campuran *Cement Treated Recycling Base* (CTRB) yang digunakan.
3. Mengetahui proses pelaksanaan *Cement Treated Recycling Base* (CTRB) pada preservasi jalan Bereng Bengkel – Pilang – Pulang Pisau .
4. Mengetahui hasil pengendalian mutu (*Quality Control*) yang digunakan dari hasil pelaksanaan yang sudah ada.
5. Mengetahui perbandingan biaya bahan antara *Cement Treated Recycling Base* (CTRB) dengan lapis perkerasan baru Non-CTRB dalam 1 m<sup>3</sup> pekerjaan.

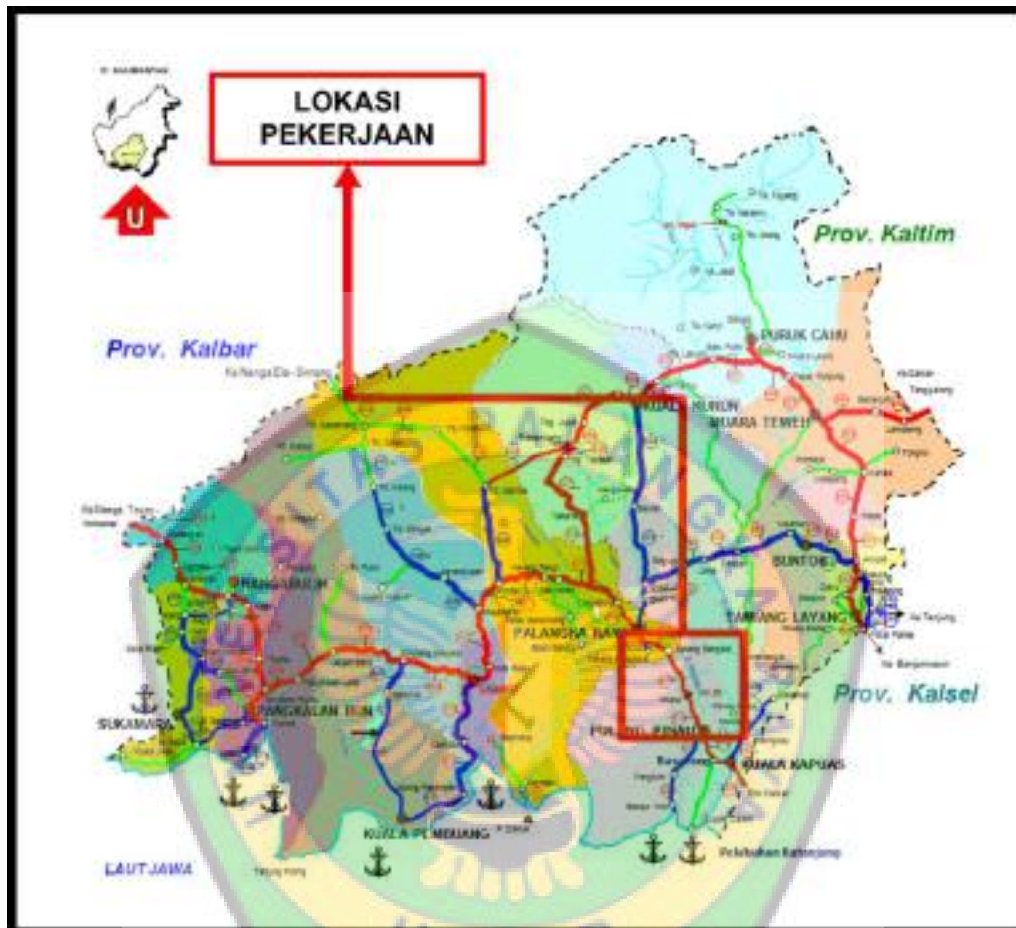
#### 1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan pada penelitian ini adalah :

1. Dapat mengetahui material *Cement Treated Recycling Base* (CTRB) yang digunakan pada preservasi jalan Bereng Bengkel – Pilang – Pulang Pisau memenuhi persyaratan yang ditentukan.
2. Dapat memberikan tambahan wacana dan referensi dibidang pengembangan bahan perkerasan jalan.
3. Dapat mengetahui proses Pelaksanaan *Cement Treated Recycling Base* (CTRB).

## 1.6 Lokasi Penelitian

Jalan Bereng Bengkel – Pilang – Pulang Pisau – Kabupaten Pulang Pisau – Provinsi Kalimantan Tengah.



Gambar 1.2 Peta Lokasi Pekerjaan

## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Umum

Prinsip dari proses *recycling* adalah memanfaatkan material jalan yang akan tetapi sudah tidak memiliki nilai struktur untuk diolah dan ditambah bahan aditif sehingga dapat dipergunakan kembali dengan nilai struktur yang lebih tinggi.

Pendaur-ulangan bahan – bahan perkerasan sudah menjadi suatu alternatif yang sehat untuk dipertimbangkan di dalam pemeliharaan jalan dan rehabilitasi. Konservasi sumber daya, pemeliharaan lingkungan adalah sebagian dari manfaatnya yang diperoleh dengan bahan – bahan perkerasan kita. Di Amerika Serikat lebih dari 50 juta ton dari campuran aspal digiling tiap tahun dengan pendaur-ulangan ke dalam campuran aspal yang baru sebagai suatu penerapan utama (Taha,dkk.,2002 dalam Muda,H).

Penelitian daur ulang lapisan perkerasan beton aspal dengan bahan tambah semen telah dilakukan oleh PUSLITBANG Jalan Jembatan tahun 2002, tujuan penelitian adalah memanfaatkan material beraspal yang sudah menurun mutunya dan meningkatkan kembali kemampuannya dengan cara mendaur ulang dan menggunakan semen sebagai bahan tambahan. Hasil penelitian disimpulkan bahwa Nilai Kuat Tekan Bebas (KTB) campuran dengan proporsi campuran 60% bahan garukan dan 40% agregat baru dan kadar semen 6% untuk umur 7 hari sebelum mencapai nilai KTB yang dipersyaratkan oleh spesifikasi SNI 03-3438-2994 (tanah semen). Makin besar presentase agregat baru nilai KTB dan CBR

makin tinggi dan kenaikan nilai KTB dengan penambahan 40% agregat baru sekitar 40%.

Penelitian yang sama dilanjutkan pada tahun 2003 oleh PUSLITBANG Jalan Jembatan disimpulkan bahwa dengan komposisi campuran terdiri dari 60% bahan garukan beton aspal dengan kadar aspal 4,65% dan 40% agregat tambah PI<10% nilai *Unconfined Compressive Strength* (UCS) 7 hari adalah 32,50 kg/cm<sup>2</sup>, penambahan kadar semen akan meningkatkan nilai berat isi kering yang kurang berarti tetapi akan memberikan kenaikan nilai UCS yang cukup signifikan dan pemanfaatan bahan garukan dengan bahan tambah semen dari percobaan laboratorium dapat meningkatkan daya dukung sebesar 40%.

Pada tahun 2006 Pusjatan melakukan uji coba konstruksi *recycling* sepanjang 2 km dengan aditif semen setebal 40 cm + *binder* + AC-WC dan pada tahun 2007 dilanjutkan dengan aditif foam bitumen/aspal emulsi dan semen + *binder* + AC-WC sepanjang 5 km (Poernomo,2007).

Kinerja *recycling* dilapangan baik untuk pelapisan ulang yang menggunakan leveling ataupun *cold milling* setebal 4-5 cm kemudian *binder* + *wearing* atau *leveling* + *binder* maupun untuk rekonstruksi perkerasan lama karena *base* sudah mengalami *intermixing* konstruksi *recycling* ini dapat dipakai karena :

1. Dengan mengganti *leveling* setebal 4 cm akan didapatkan *recycling* dengan foam bitumen setebal 14 cm sehingga tebal perkerasan yang merupakan satu kesatuan adalah lebih dari 20 cm dan mempunyai *bond stiffness* yang cukup tinggi.

2. Dengan tebal lebih dari 20 cm maka umur jalan akan lebih panjang
3. *Base* akan menjadi lebih kedap air dan dapat menahan proses *intermixing* sehingga umur jalan akan lebih panjang
4. Kekuatan tiap lapisan yang terukur dan cukup kuat dapat menahan beban kendaraan yang berat (*overloading*)

## 2.2 Landasan Teori

### 2.2.1 Konstruksi Perkerasan Jalan

Struktur pada konstruksi perkerasan jalan terdiri atas beberapa lapisan yaitu tanah dasar, lapis pondasi bawah, lapis pondasi atas dan lapisan permukaan. Sedangkan bahan utama yang digunakan adalah terdiri dari bahan tanah, bahan agregat (termasuk pasir), bahan semen dan bahan aspal tergantung dari jenis konstruksi yang digunakan.



**Gambar 2.1 Lapisan Perkerasan Jalan**

Berdasarkan bahan pengikatnya konstruksi perkerasan jalan dapat dibedakan atas:

a. Perkerasan lentur (*flexible pavement*)

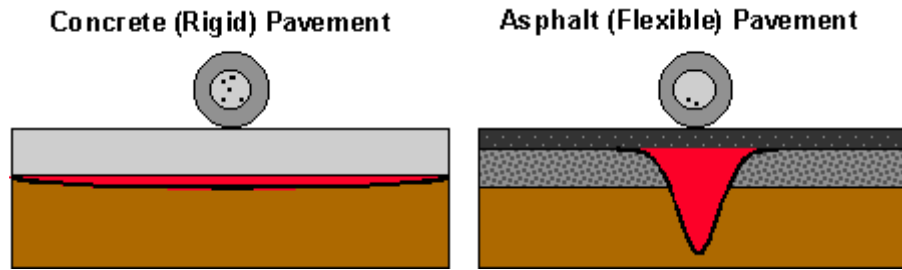
Perkerasan lentur (*flexible pavement*) yaitu perkerasan yang menggunakan aspal sebagai bahan pengikat. Lapisan – lapisan perkerasan bersifat memikul dan menyebarkan beban lalu lintas ke tanah dasar.

b. Perkerasan kaku (*rigid pavement*)

Perkerasan kaku (*rigid pavement*) yaitu perkerasan yang menggunakan semen (*portland cement*) sebagai bahan pengikat. Beton dengan tulangan dan tanpa tulangan diletakkan diatas lapis pondasi bawah atau langsung diatas tanah dasar yang sudah disisipkan. Kekuatan Plat Beton yang tinggi dapat memikul sebagian besar beban lalu lintas.

c. Perkerasan komposit (*composite pavement*)

Perkerasan komposit (*composite pavement*) yaitu perkerasan yang mengkombinasi perkerasan lentur di atas perkerasan kaku atau perkerasan kaku di atas perkerasan lentur. Perkerasan komposit adalah perkerasan beton semen dengan lapis permukaan aspal beton, dengan lapis aspal beton diperhitungkan sebagai bagian yang ikut memikul beban. Jenis perkerasan yang umum dipergunakan di Indonesia adalah perkerasan lentur, seperti terlihat pada Gambar 2.2



**Gambar 2.2 Konstruksi Perkerasan Lentur**

Lapisan Pondasi jalan adalah lapis perkerasan yang terletak di bawah lapis permukaan. Lapis ini harus cukup kuat dan awet sehingga mampu untuk menahan beban roda lalu lintas. Lapis pondasi terdiri atas lapis pondasi atas (*base course*) dan lapis pondasi bawah (*sub base course*).

Fungsi Lapis Pondasi adalah antara lain:

- a. Sebagai perletakan suatu atau rantai kerja terhadap lapis permukaan
- b. Sebagai lapisan perkerasan yang menahan gaya lintang dari beban roda dan menyebarkan beban ke lapisan di bawahnya
- c. Lapis peresapan agar air tanah tidak berkumpul di pondasi
- d. Untuk mencegah tanah dasar masuk ke lapisan pondasi atas, jenis – jenis lapis pondasi adalah Lapis Pondasi Agregat Kelas A, Lapis Pondasi Agregat Kelas B dan Kelas C, *Asphalt Treated Base (ATB)*, *Cement Treated Base (CTB)*, *Cement Treated Recycling Base (CTRB)*

### 2.2.2 Jenis Daur Ulang Dalam Konstruksi Jalan

Daur ulang dibagi menjadi 2 jenis, yaitu:

- a. Daur ulang campuran dingin (*cold mix recycling*)

Metode daur ulang dingin (*cold mid recycling*) yang umumnya dipakai dalam konstruksi jalan bila ditinjau dari penggunaan peralatan ada 2 macam yaitu:



**Gambar 2.3 Jenis Daur Ulang campuran dingin  
(Cold Mix Recycling)**

1) Teknik daur ulang di tempat *in-situ recycling*

Pada teknik ini digunakan *in-place recycling machine*. Pemanasan lapis perkerasan, pembongkaran, penggemburan lapis lama, penambahan bahan baru (agregat, aspal, dan bahan peremaja) pencampuran, serta perataan dilakukan oleh satu unit peralatan yang terdiri dari pemanas lapis permukaan perkerasan (*road preheater*), alat bongkar lapis perkerasan (*hot milling*), alat pencampur bahan lama dengan bahan baru (*pugmill mixer*), alat penghampar (*paver/finishe*), alat perata dan pemadat (*compacting screed*).

2) Teknik daur ulang *in-Plant recycling*

Pada Teknik ini material bongkaran jalan lama hasil penggarukan dengan menggunakan alat penggaruk (*milling*) diangkut ke unit pencampur aspal (AMP) tipe *Bach* atau *Continous* yang telah dimodifikasi. Di dalam unit pencampur ini material bongkaran tersebut dicampur dengan material baru yaitu agregat, aspal dan bahan peremaja bila diperlukan.

Campuran tersebut kemudian diangkut ke lokasi penghamparan dan dihampar dengan menggunakan alat penghampar kemudian dipadatkan. Peralatan yang diperlukan untuk pelaksanaan daur ulang plantmix antara lain Alat penggaru (*milling*), Unit pencampur aspal (AMP), Dump truck, Alat penghampar, Alat pemadat, *cold mix recycling* ini bisa dengan menambah semen dapat digunakan sebagai *Cement Treated Recycling Base (CTRB)* dan *Cement Treated Recycling Sub Base (CTRSB)* dan pengikat aspal emulsi atau pengikat foam bitumen biasa disebut CMRFB (*Cold Mix Recycling by Foam Bitumen*) Base.

b. Daur Ulang Campuran Panas (*Hot Mix Recycling*)

Teknologi ini digunakan untuk mendaur ulang lapis permukaan perkerasan beraspal yang rusak, yaitu lapis AC-BC maupun AC-WC sesuai kebutuhan berdasarkan design melalui proses pencampuran panas. Prinsip dasarnya adalah lapis perkerasan aspal digaruk menghasilkan material garukan disebut RAP, kemudian diproses melalui Screen Plant untuk mendapatkan size butiran RAP yang masuk wilayah suitable.

Berdasarkan content yang ditentukan melalui Job Mix Design yang telah lolos uji laboratorium, RAP dicampur dengan Aspal, Filter, dan tambahan agregat secara panas ke dalam Mixer sampai terbentuk *hot mixed* (campuran panas) yang homogen dan siap digelar ke lapangan. Gambar 2.4 menunjukkan suitable

area perbaikan permukaan jalan yang menggunakan teknologi *Hot Recycling*.



**Gambar 2.4 Daur Ulang Campuran Panas (*Hot Mix Recycling*)**

Dari uraian di atas dapat disimpulkan yang membedakan secara prinsip daur ulang campuran panas (*hot mixed recycling*) dan daur ulang campuran dingin (*cold mixed recycling*) dapat diilustrasikan sebagai berikut:

<b>HOT MIX RECYCLING</b>	<b>COLD MIX RECYCLING</b>
Untuk perbaikan lapis permukaan beraspal (AC-WC dan AC-BC)	Untuk perbaikan kerusakan lapis pondasi jalan (sub base) yang terdiri dari material berbutir, bukan telfort/macadam
<b>PANAS</b>	<b>DINGIN</b>
In Plant In Place	In Plant In Place

### 2.2.3 Peralatan Pekerjaan Daur Ulang

Peralatan yang dilakukan pada pekerjaan campuran lapis pondasi daur ulang ini terdiri dari beberapa jenis sesuai fungsinya. Peralatan – peralatan tersebut harus layak pakai dan yang memerlukan pengerasan dan harus dikalibrasi sesuai dengan Standar Operasi Peralatan yang berlaku. Peralatan meliputi alat pendaur ulang di tempat, alat penabur semen, tanki air.



Sumber: Dokumentasi Proyek

**GAMBAR 2.5 Recycler Machine (Wirgen WR-2500S)**

a. Alat pendaur ulang di tempat (*inplace recycler*)

Alat pendaur ulang yang digunakan harus mampu menghasilkan gradasi dan konsistensi campuran yang direncanakan dalam satu kali lintasan (*single pass stabilization*). Alat daur ulang harus memenuhi persyaratan minimum sebagai berikut:

- 1) Alat tersebut merupakan buatan pabrik yang memproduksi dan memiliki sejarah serta latar belakang dalam perakitan alat/mesin serupa.
- 2) Apabila umur pakai alat tersebut lebih dari 10 tahun, maka alat tersebut harus disertifikasi oleh pabrik pembuat atau agen perwakilannya untuk memberikan jaminan kelayakan operasional yang berlaku tidak lebih dari 3 bulan sebelum dimulainya suatu pekerjaan.
- 3) Drum pengaduk (*milling drum*) harus memiliki lebar minimum potongan sebesar 2 m serta memiliki kemampuan untuk merubah kecepatan putaran. Alat tersebut harus mampu mendaur ulang dengan kedalaman minimum sebesar 300 mm dalam satu kali lintasan dengan kapasitas mesin minimum 350 HP.
- 4) Drum pengaduk (*milling drum*) harus berotasi berlawanan arah jarum jam dan memiliki ruangan tertutup di bagian dalam sebagai tempat pencampuran antara air, semen dan material daur ulang dalam satu tingkatan yang diperlukan untuk mendapatkan hasil yang sesuai dengan desain campuran laboratorium selama berlangsungnya pengoperasian.
- 5) Alat tersebut harus memiliki sistem kendali batas penggarukan yang mempertahankan kedalaman garukan dengan toleransi  $\pm 10$  mm dari kedalaman yang diperlukan selama berlangsungnya pengoperasian.

- 6) Seluruh system penebar (*spray system*) yang terpasang pada alat pendaur ulang harus dikontrol oleh prosesor mikro untuk mengatur kecepatan aliran secara akurat dan merata ke seluruh lebar jalan.
- 7) Alat pendaur ulang harus mampu mencampur material daur ulang dengan semua bahan aditif untuk menghasilkan keseragaman campuran yang homogen selama berlangsungnya pengoperasian.

b. Alat penabur semen (*cement distributor*)

Alat digunakan sebagai penabur semen di atas permukaan perkerasan yang akan didaur ulang. Apabila tidak terdapat alat ini sebagai alternatif penaburan semen dapat dilakukan secara manual.

c. Alat pembentuk pembukaan tanah (*motor grader*)

Alat ini diperlukan untuk pembentukan atau penyesuaian elevasi awal dan akhir lapis terstabilisasi.



Sumber: Dokumentasi Proyek

## 2.6 Motor Grader

d. Truk tangki air

Alat ini dilengkapi pipa penyambung ke mesin pencampur untuk menambahkan air selama pencampuran basah (*wet mixing*).



**Gambar 2.7 Truk Tangki Air**

e. Alat pemadat

Alat yang mampu memadatkan lapis terstabilisasi sampai mencapai nilai kepadatan yang ditentukan. Pemilihan jenis alat pemadat yang digunakan tergantung kebutuhan, terdiri dari:

- 1) Pemadat roda besi bergerigi (*padfoot vibrating roller*) yang digunakan untuk pemadatan awal dan *heavy smooth drum* untuk pemadatan lanjutan yang dioperasikan pada mode *high amplitude vibration*.



Sumber: Dokumentasi Proyek

**Gambar 2.8 Pad Foot Roller**

2) *Smooth drum*

Memadatkan tanah atau material sedemikian hingga tercapai tingkat kepadatan yang diinginkan. Jenis rodanya biasanya terbuat dari besi seluruhnya atau ditambahkan pemberat berupa air atau pasir, bisa terbuat dari karet (berupa roda ban) dengan bentuk kaki kambing (*sheep foot*). Ada juga yang ditarik dengan alat penarik seperti bulldoszer, atau bisa menggunakan mesin penarik sendiri, yang berukuran kecil bisa menggunakan tangan dengan mengendalikannya ke arah yang akan dipadatkan.



Sumber: Dokumentasi Proyek 2018

**Gambar 2.9 Smooth Drum**

**Tabel 2.1 Berat (Massa) Alat Pematik Getar Minimum Untuk Beberapa Variasi Ketebalan**

<b>Ketebalan padat lapis daur ulang</b>	<b>Massa minimum alat pematik getar (ton)</b>
200 mm – 250 mm	19
>250	24

**Catatan:**

Ketebalan hamparan lapis daur ulang ditambah sekitar 20%-25% tebal padat yang ketepatannya diperiksa dengan melakukan percobaan ketebalan dilapangan.

f. Penyapu mekanis (power broom)

Alat ini digunakan untuk membersihkan permukaan daur ulang sebelum diberi lapis di atasnya (misal lapis peresap) sehingga debu permukaan tersingkirkan secara sempurna.

#### 2.2.4 Bahan-Bahan Penyusun Perkerasan Daur Ulang

Pada umumnya ada 3 jenis bahan yang dapat digunakan pada daur ulang yaitu bahan lama (*reclaimed*), bahan baru (agregat dan aspal keras) dan bahan stabilisasi (semen, aspal, emulasi, foam bitumen), Wirtgen, 2004.

Bahan-bahan pada pekerjaan *Cement Treated Recycling Base* (CTRB) adalah bahan garukan perkerasan jalan lama, agregat baru, semen portland, air. Dari campuran semen dan material pondasi jalan ini setelah dipadatkan akan menghasilkan bahan menyerupai beton (*soil concrete*) dan material tersebut diharapkan akan memberikan stabilisasi yang lebih baik pada pondasi jalan.

a. Bahan Garukan

Bahan garukan yang digunakan dalam pekerjaan *Cement Treated Recycling Base* (CTRB) yaitu pondasi jalan lama yang terdiri dari tanah, agregat dan aspal. Lapisan perkerasan yang telah mengalami kerusakan digaruk dengan *hot milling*, *cold milling* dan *grader*. Lapisan perkerasan yang akan digaruk tergantung dari penyebab kerusakan yang terjadi. Jika kerusakan terjadi pada lapisan

permukaan hingga ke lapisan *base* dan *sub base* maka penggarukan dapat dilakukan hingga ke lapisan bawah tersebut.

b. Agregat Baru

Dengan kegiatan daur ulang lapis perkerasan digunakan agregat baru dengan tujuan untuk menambah ketebalan hamparan (meningkatkan nilai struktur perkerasan) dan memperbaiki gradasi campuran bahan garukan (Puslitbang,2002). Pengertian agregat dalam SNI 03-2847-1992 dijelaskan sebagai material granular seperti pasir, kerikil, batu pecah dan kerak tungku pembakaran besi yang digunakan bersama-sama dengan suatu media pengikat membentuk adukan. Agregat merupakan komponen utama dari lapisan perkerasan jalan yaitu mengandung 90-95% agregat berdasarkan persentase berat dan 75-85% agregat berdasarkan persentase volume. Bila agregat yang akan digunakan tersebut tidak memenuhi syarat maka dapat pula dilakukan perbaikan sifat-sifat fisik agregat yaitu dengan cara antara lain menggabungkan dengan beberapa agregat yang lain atau dilakukan stabilisasi dengan bahan pengikat (semen atau aspal) agar dapat meningkatkan kekuatan campuran agregat.

Agregat yang digunakan pada konstruksi perkerasan jalan dapat dikelompokkan berdasarkan:

- 1) Aspal, dibedakan berdasarkan batuan beku, batuan endapan, batuan malihan.

- 2) Proses pengolahan, dibedakan atas agregat alam, agregat pecah, agregat daur ulang, agregat buatan.
- 3) Berdasarkan penggunaannya di lapangan, dibedakan atas gradasinya.
- 4) Berdasarkan ukuran butiran.

**Tabel 2.2 Jenis Agregat Berdasarkan Ukurannya**

No	Jenis Agregat	The Asphalt Institute dan Depkimprasswill	Bina Marga
1.	Agregat Kasar	> No. 8 (2,36 mm)	> No.4 (4,75 mm)
2.	Agregat Halus	< No.8 (2,36 mm)	< No.4 (4,75 mm)
3.	Filler	Lolos No.30 (0,60 mm)	75% lolos No.200 (0,075 mm)

Sumber: Sukirman (1999)

Sifat-sifat agregat yang mempengaruhi campuran agregat yang perlu diperhatikan antara lain:

1. Berat Jenis

Berat jenis dari agregat sangatlah penting guna menentukan isi pori suatu campuran. Hal ini sangatlah penting di dalam proses pemadatan campuran agregat di lapangan.

## 2. Kekerasan Agregat

Sifat ini dibutuhkan untuk menghindari terjadinya kerusakan agregat akibat lalu lintas sehingga akan mengakibatkan kehilangan kestabilan.

## 3. Gradasi Agregat

Susunan gradasi agregat akan sangat menentukan dalam kekuatan, kestabilan dan kedapannya suatu campuran agregat.

Agregat dengan gradasi menerus mempunyai stabilitas campuran yang tinggi yang diakibatkan dari interlocking butiran agregat. Sedangkan agregat yang bergradasi senjang atau terbuka tidaklah demikian, prosentase agregat halus dalam suatu campuran agregat juga dapat berpengaruh dalam stabilitas campuran.

## 4. Durabilitas

Agregat yang digunakan dalam konstruksi jalan ini harus tahan/awet terhadap pengaruh cuaca.

## 5. Bentuk Butir dan Teksur Permukaan

Makin banyak prosentase pecah agregat, semakin tinggi pula kekuatan campuran agregat tersebut. Sedangkan penggunaan agregat yang pipih dan panjang akan menimbulkan segregasi selama proses pencampuran dan cenderung mempunyai kekuatan yang rendah. Teksur permukaan penting untuk pengikatan antara agregat dengan aspal. Permukaan agregat

yang halus memang mudah dilabur dengan aspal, namun sulit untuk mempertahankan film aspal tetap melekat.

#### 6. Kebersihan Agregat

Kebersihan agregat akan mempengaruhi kekuatan campuran agregat tersebut. Semakin tinggi indeks plastisitasnya maka semakin menurun pula kekuatan agregat tersebut.

#### 7. Kadar Air

Kadar air sangat berpengaruh dalam proses pemadatan agar didapatkan kepadatan lapangan yang diizinkan.

Gradasi campuran bahan garukan atau kombinasi bahan garukan dan agregat baru sesuai dengan gradasi seperti ditunjukkan pada Tabel 2.3.

**Tabel 2.3 Gradasi Campuran Bahan Garukan**

Ukuran Saringan (ASTM)	Presentase Yang Lolos Saringan	
	Lapis Pondasi (CTRB)	Lapis Pondasi Bawah (CTRSB)
2" ( 50,0 mm)		
1 1/2 " (37,5 mm)	100	88-89
1" (25,0 mm)	79-85	70-85
3/8" (9,50 mm)	44-58	30-65
No.4 (4,75 mm)	29-44	25-55
No.10 (2,0 mm)	17-30	15-40
No.40 (0,425 mm)	7-17	8-20

No.200 (0,075 mm)	2-8	2-8
-------------------	-----	-----

Sumber: Pedoman Teknis-08-2005-B, dalam Muda,H

c. Semen Portland

Menurut SII 0013-1981, definisi Portland adalah semen hidrolis yang dihasilkan dengan cara menghaluskan klinker yang terutama yang terdiri dari silikat kalsium yang bersifat hidrolis bersama bahan-bahan yang biasa digunakan yaitu gypsum. Fungsi utama semen dalam proses daur ulang adalah untuk meningkatkan kekuatan (strength). Hidrasi dari semen merupakan factor penting dalam perubahan sifat teknis material. Perubahan ini terwujud dari adanya pembentukan sementasi material selama proses hidrasi.

d. Air

Air merupakan salah satu bahan yang digunakan dalam daur ulang campuran dingin (*cold recycling*). Air digunakan untuk bereaksi dengan semen Portland, menjadi bahan pelumas antara butir-butir agregat agar dapat mudah dikerjakan (diaduk, dituang, dipadatkan).

Air yang diperlukan tergantung pada faktor-faktor dibawah ini:

- 1) Ukuran agregat maksimum, diameter membesar kebutuhan air menurun.
- 2) Bentuk butir, bentuk bulat kebutuhan air menurun (batu pecah perlu lebih banyak air).
- 3) Gradasi agregat, gradasi baik kebutuhan air menurun untuk kelacakan yang sama.

- 4) Kotoran dalam agregat, makin banyak split, tanah liat, lumpur, kebutuhan air akan meningkat.
- 5) Jumlah agregat halus dibandingkan agregat kasar. Agregat halus lebih sedikit kebutuhan air menurun.

### **2.2.5 Karakteristik Daur Ulang Bahan Garukan Perkerasan dengan Semen**

Material yang didaur ulang dengan semen ini umumnya dimanfaatkan dari material yang sudah ada di perkerasan lama dan digunakan sebagai lapis pondasi atas / *Cement Treated Recycling Base* (CTRB) atau lapis pondasi bawah / *Cement Treated Recycling Sub Base* (CTRSB).

Adapun karakteristik daur ulang bahan garukan perkerasan dengan semen adalah :

a. Kekuatan (*strength*)

Kuat tekan dan kuat tarik dicapai suatu bahan yang di stabilisasi dengan semen adalah sebagian besar ditentukan oleh jumlah dari semen yang ditambahkan, tipe bahan dan densitas bahan yang dicampur. Penentuan prosentase dari semen ditentukan berdasarkan berat dan volume.

Homogenitas campuran sangat dibutuhkan untuk mencapai kekuatan maksimum. Waktu pencampuran yang dibutuhkan adalah dari saat air ditambahkan terhadap material bahan garukan dan semen hingga campuran terlihat homogen.

**Tabel 2.4 Keuntungan dan Kerugian Stabilisasi dengan Semen**

No	Keuntungan	Kerugian
1	Ketersediaan. Semen dapat diperoleh di seluruh dunia, dalam partai besar.	Pecahnya penyusutan adalah tak terelakkan. Bagaimanapun, itu dapat dikurangi.
2	Harga. Sehubungan dengan aspal, semen relatif murah.	Kekakuan, Peningkatan di dalam perkerasan fleksibel.
3	Aplikasi. Semen dapat disebar dengan tangan.	Memerlukan perlindungan dan perawatan sesuai dari awal lalu lintas yang berat, slow-moving sarana.
4	Penerimaan. Semen adalah terkenal kontruksi industri. Spesifikasi dan Metode Test Baku pada umumnya tersedia.	

Sumber: Wirtgen,2004 dalam Muda, H

Kekuatan secara umum meningkat di suatu hubungan yang linier dengan isi semen, hanya untuk tipe bahan dan semen yang berbeda. Kuat Tekan (*Unconfined Compressive Strength Test*) secara normal digunakan untuk mengevaluasi material yang disemen. Nilai UCS umumnya ditentukan dari specimen yang

disiapkan yang sudah rawat untuk 7 hari pada suatu temperatur 22°C dan suatu kelembaban diatas 95%. (Wirtgen,2004).

**Tabel 2.5 Kriteria Kekuatan Campuran Daur Ulang Perkerasan dengan Semen**

Peruntukan	Kuat Tekan Bebas pada Umur 7 hari (kg/cm <sup>2</sup> )	
	UCS (d=70 mm, t=140 mm)	Kuat Tekan Beton Silinder (d=150 mm, t=300 mm)
Lapis Pondasi Atas (CTRB)	Min 30	Min 35
Lapis Pondasi Bawah (CTRSB)	Min 20	Min 25

Sumber: Poernomo, 2007 dalam Muda, H

Untuk mendapatkan besar tegangan hancur dari benda uji tersebut dilakukan dengan perhitungan:

$$F_c = \frac{P}{A} \quad (2.1)$$

Keterangan:  $F_c$  = Nilai Unconfined Compressive Strength (kPa)

$P$  = Beban maksimum (KP)

$A$  = Luas Permukaan Benda Uji Tertekan (mm<sup>2</sup>)

b. Kepadatan

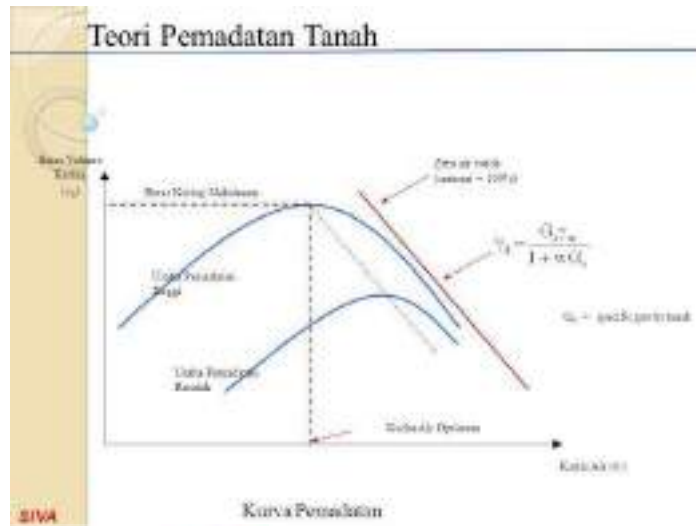
Densitas memainkan suatu peran yang utama di dalam menentukan kekuatan ultimat, sedang suhu secara langsung mempengaruhi tingkat kekuatan, yang lebih tinggi suhu lebih cepat tingkat keuntungan dari kekuatan. Maka adalah penting

mempercepat operasi penempatan dan pemadatan setelah pendaurlang untuk mencapai kepadatan maksimum seperti juga perolehan kekuatan-kekuatan yang diantisipasi dari bahan yang dicampur. Kepadatan bahan akan sangat mempengaruhi kekuatan dari bahan yang di stabiisasi. Umumnya kepadatan dinyatakan dalam berat isi kering ( $\gamma_d$ ).

Faktor- factor yang mempengaruhi hasil pemadatan :

a) Kadar air optimum

agar tanah atau campuran dapat dipadatkan maka pemadatan harus dilakukan pada kondisi kadar air optimumnya. Pada kondisi ini tanah akan mudah dikerjakan dengan daya pemadat tertentu, butir-butir agregat menjadi serapat mungkin dan udara akan keluar dari rongga-rongganya. Kadar air optimum diperoleh berdasarkan nilai kepadatan maksimum yang dicapai dengan pengujian kepadatan ringan (SNI 03-1742-1989), yang disebut dengan proctor standar atau pengujian kepadatan berat (SNI 03-1742-1989).



**Gambar 2.10 Kepadatan Kering Maksimum dan Kadar Air Optimum**

b) Jenis Bahan

Pada energi pemadatan yang sama tanah dengan jenis yang berbeda akan menghasilkan kepadatan maksimum dan kadar air optimum yang berbeda.

c) Energi Pemadatan

Daya pemadatan yang diberikan dapat mempengaruhi tingkat kepadatan dan kadar air optimum yang dihasilkan.

d) *Curing* (Perawatan)

Setelah dipadatkan, diperlukan *curing* yang cukup sehingga proses hidrasi dapat berjalan dengan baik dan selama proses hidrasi dihindarkan dari penguapan kandungan air dan pembebanan.

c. Potensi Terjadinya Retak

Retak-retak bersifat tak bisa terelakkan ketika suatu bahan diperlakukan dengan semen. Ketika semen bercampur dengan air terjadi reaksi kimia proses ini disebut hidrasi yang menghasilkan kalsium silikat dan kalsium hidrosida. Retak dengan dua pertimbangan yang sangat berbeda. Pertama adalah suatu fungsi reaksi kimia berlangsung ketika hidrat-hidrat semen bercampur dengan air dan kemudian bereaksi. Beban lalu lintas adalah penyebab utama yang kedua. Pengaturan jarak retak, lebar retak dan derajat tingkat keretakan sebagian besar dipengaruhi oleh (Wirtgen,2004) :

a) Isi Semen

Meningkat isi semen oleh karena itu meningkatkan derajat tingkat keretakan dan adalah salah satu dari pertimbangan dasar untuk meminimalkan penambahan semen untuk mencapai persyaratan-persyaratan desain.

b) Tipe dari bahan yang menjadi stabilised.

c) Kandungan uap air pepadatan. Derajat tingkat keretakan adalah suatu fungsi jumlah dari uap air yang hilang ketika bahan mengering. Membatasi kandungan air (yaitu menurunkan air, semen) pada waktu pepadatan kurang dari 75% kandungan uap air kejenuhan dapat mengurangi derajat tingkat keretakan.

#### d) Tingkat Pengerinan

Ketika semen dicampur bahan menyusut, Derajat tingkat keretakan adalah sebagian besar ditentukan oleh tingkat perkembangan kekuatan sehubungan dengan tingkat pengurangan retak kerutan adalah bersifat lebih luas ada di permukaan disbanding pada dasarnya (pengerinan dimulai di permukaan).

### 2.3 Kajian Terhadap Penelitian Terdahulu

Girsang (2017), dalam Tugas Akhir yang berjudul “Kajian Teknis *Cement Treated Recycling Base (CTRB)* Pada Proyek Rehabilitasi Jalan Bukit Liti – Bawan – Kuala Kurun, membuat beberapa kesimpulan yaitu:

1. Berdasarkan hasil pengujian daya dukung agregat, diperoleh proporsi campuran Lapis Pondasi CTRB yang maksimal yaitu proporsi campuran (75% Batu Pecah dan Abu Batu:20% Sirtu:10% Tanah) dan material eksisting/material lama yaitu 60%, dengan kebutuhan semen 7% dan air 7%
2. Hasil pengujian Kuat Tekan Bebas /UCS, diketahui bahwa material CTRB dengan proporsi (70% Batu Pecah dan abu batu:20% Sirtu:10% Tanah) dengan kebutuhan semen 7% dan air 7% telah memenuhi spesifikasi umum CTRB dengan nilai minimum 30 kg,cm<sup>2</sup>, sedangkan berdasarkan hasil pengujian *sand cone* di lapangan juga memenuhi persyaratan kepadatan (spesifikasi) dengan nilai minimum 100%.

## **BAB III**

### **METODE PENELITIAN**

#### **3.1 Umum**

Penelitian ini menggunakan metode uji di laboratorium, yaitu untuk mengetahui apakah memenuhi syarat Bina Marga spesifikasi khusus dan umum CTRB atau tidak dari perkerasan lama sebagai bahan campuran metode daur ulang (recycling). Pembuatan dan pengujian terhadap sampel akan dilakukan di UPTD Balai Pengujian Mutu.

#### **3.1 Pengambilan Sampel**

Sampel yang digunakan berasal dari Kabupaten Pulang Pisau. Bereng Bengkel – Pilang – Pulang Pisau. Pada proyek Preservasi Jalan dan Pemeliharaan Rutin Bereng Bengkel – Pilang – Pulang Pisau.

#### **3.2 Teknik Pengumpulan Data**

Dalam penelitian ini, data-data yang diperlukan dibagi menjadi dua jenis, yaitu data primer dan sekunder. Pengumpulan data pada penelitian ini dilakukan dengan cara survei dan dari literatur. Data primer adalah data yang diambil dengan melakukan pengamatan langsung di lapangan atau pada obyek penelitian. Sedangkan data sekunder adalah data yang diperoleh dari penelitian yang telah dilakukan sebelumnya, atau data lainnya yang diperlukan dalam mendukung yang berhubungan dalam penelitian ini.

Dalam menganalisa pelaksanaan pekerjaan CTRB ini data primer yang diperoleh adalah mengamati proses pengambilan benda uji dari produksi di

lapangan sampai dengan pengujian sampel benda uji di laboratorium. Sedangkan untuk data sekunder yang diperlukan adalah data-data JMF yang telah dibuat oleh *quality control* proyek dan *spesification* yang dipakai sebagai parameter pelaksanaan pekerjaan.

### 3.4 Analisa Data

Analisa data dilakukan untuk mengolah data-data yang telah diperoleh dari UPTD Balai Pengujian Mutu Dinas Pekerjaan Umum Provinsi Kalimantan Tengah. Dari data primer akan didapatkan dari hasil pengujian sampel, seperti pengujian UCS, gradasi, dan kadar airnya. Pengujian UCS digunakan untuk menguji benda uji pada kadar air keseimbangan yang diasumsi sebagai kadar air yang mewakili kondisi perkerasan. Dan pengujian ini akan dilakukan di Laboratorium.

### 3.5 Bahan dan Peralatan Penelitian

#### 1. Bahan Penelitian

Bahan-bahan yang digunakan adalah :

##### a. *Reclaimed Asphalt Pavement (RAP)*

Untuk penelitian ini Reclaimed Asphalt Pavement di peroleh dari pengerukan ruas jalan Bereng Bengkel – Pilang – Pulang Pisau.

##### b. Semen

Semen yang digunakan adalah Semen Portland Gresik OPC (*Ordinary Portland Cement*) jenis I.

c. Air

Air yang digunakan adalah air bersih yang layak dikonsumsi sebagai air minum.

2. Peralatan Penelitian

Penelitian ini menggunakan peralatan yang ada di UPTD Balai Pengujian Mutu. Peralatan yang digunakan pada penelitian ini adalah :

a. Alat Pemeriksaan Gradasi Agregat



**Gambar 3.1 Ayakan yang dipakai untuk Penelitian**



**Gambar 3.2 Neraca Triple Beam yang Dipakai pada Penelitian ini**

- b. Alat Pembuat Benda Uji
- 1) Satu set ayakan beserta sieve shaker
  - 2) Oven dengan pengatur suhu dan thermometer
  - 3) Neraca *triple beam*
  - 4) Satu set alat pencampur (sendok dan baskom)
  - 5) Alat penumbuk manual dengan diameter 5 cm
  - 6) Pisau perata, Gelas ukur
  - 7) Cetakan benda uji kuat tekan bebas/Unconfined Compressive Strength (UCS)
  - 8) Alat uji kuat tekan bebas/Unconfined Compressive Strength (UCS)

### 3.6 Benda Uji

Adapun benda uji yang akan dibuat dalam penelitian ini adalah :

1. Pengujian kuat tekan bebas *Unconfined Compressive Strength test* (UCS) menggunakan silinder dengan umur perawatan 7 hari dan 14 hari masing – masing sebanyak 3 silinder.
2. Pengujian Gradasi, yaitu pemeriksaan untuk menentukan pembagian butir (gradasi) agregat halus dan agregat kasar dengan menggunakan saringan.

3. Pengujian berat jenis basah dan berat jenis kering.

### **3.7 Pelaksanaan**

#### **3.7.1 Pencampuran dan Penghamparan**

##### **a. Pekerjaan Persiapan**

Semua pekerjaan persiapan harus telah selesai sebelum pekerjaan daur ulang dimulai agar alat pendaur ulang tidak mengalami hambatan sewaktu beroperasi. Menghentikan alat pendaur ulang tidak saja mengakibatkan proses daur ulang menjadi semakin lama, tapi juga akan menyebabkan diskontinuitas pada hamparan material daur ulang yang dihasilkan. Sehingga akan menghasilkan segmen permukaan jalan yang lemah dari segi kekuatan. Hal ini sebisa mungkin harus dapat dihindari.

##### **b. Penyiapan Permukaan Jalan**

- 1) Permukaan penyiapan jalan seperti ketinggian, kemiringan, jalur dan ukuran-ukurannya harus dilakukan menurut ketentuan yang disyaratkan pada gambar rencana.
- 2) Permukaan jalan adalah permukaan jalan yang sudah disiapkan untuk pekerjaan CTRB atau CTRSB dengan kedalaman sesuai yang ditunjukkan pada gambar rencana.
- 3) Permukaan jalan yang ada harus dibersihkan dari material yang tidak diinginkan.
- 4) Profil permukaan jalan yang tidak baik harus dikoreksi sebelum proses daur ulang. Hal ini dilakukan untuk memastikan agar ketebalan lapisan yang dihasilkan menjadi

seragam (baik dari potongan memanjang maupun melintang setelah permukaan akhir yang diperlukan telah diratakan oleh grader).

Koreksi bentuk permukaan jalan dapat dilakukan dengan cara sebagai berikut :

- a) Mendatangkan material baru dan menghamparkannya pada permukaan jalan eksisting untuk mendapatkan bentuk permukaan yang diperlukan.
- b) Membuang/menggali material pada jalan eksisting, hal ini dilakukan hanya jika jalan memiliki lapisan yang cukup tebal
- c) Dengan melakukan penggarukan awal (*pre-pulverising*)

**c. Tahap Pencampuran dan Penghamparan di Tempat (*Mix in Place*)**

- 1) Lapis perkerasan lama yang didaur ulang digaruk dan dihancurkan dengan menggunakan alat pendaur ulang sampai diameter butir yang sesuai untuk peruntukannya.
- 2) Bahan garukan yang telah siap ditentukan kadar airnya.
- 3) Kemudian semen disebar merata dengan alat Cement Distributor atau secara manual diatas permukaan dengan takaran (*rate*) yang telah ditentukan dari rancangan campuran laboratorium dan *preliminary field trial* untuk menghasilkan kadar semen.

- 4) Selanjutnya, mesin pengaduk secara mekanis mengaduk secara merata semen dan material daur ulang dengan menambah air (menggunakan tangki air) sampai menyamai batas kadar air yang ditentukan oleh prosedur rancangan campuran laboratorium dan berdasarkan *preliminary field trials*. Tebal lapis perkerasan yang diaduk harus ditentukan sedemikian rupa sehingga setelah dipadatkan mencapai tebal yang ditentukan dalam toleransi yang ditentukan.

**d. Pembentukan Badan Jalan dan Pematatan**

- 1) Setelah pencampuran dan penghamparan campuran selesai, segera dilakukan pematatan awal dengan *padfoot roller* dengan jumlah lintasan sesuai dengan Rancangan Campuran Kerja. Kemudian lakukan peralatan dengan alat perata (*grader*) untuk mendapatkan kerataan, ketebalan yang merata, kemiringan permukaan yang sesuai. Setelah itu lakukan pematatan kembali menggunakan pemadat getar hingga mencapai kepadatan yang diinginkan sesuai dengan jumlah lintasan yang diperlukan.
- 2) Pematatan CTRB dan CTRSB harus telah dimulai dilaksanakan paling lambat 60 menit semenjak pencampuran material dengan air.
- 3) Campuran yang telah dihapar tidak boleh dibiarkan tanpa dipadatkan lebih dari 30 menit.

- 4) Kepadatan CTRB dan CTRSB setelah pemadatan harus mencapai kepadatan kering paling sedikit 100% maksimum kepadatan kering sebagai ditentukan pada SNI 03-6886-2002.
- 5) Test kepadatan lapangan CTRB dan CTRSB dilakukan berdasarkan SNI 03-2828-2002 atau AASHTO T 191, T 205 atau cara lain yang disetujui oleh Direksi Pekerjaan.
- 6) Kadar air pada waktu pemadatan minimal sama dengan kadar air optimum dan maksimal sama dengan kadar air optimum +2%.
- 7) Pemadatan harus lebih telah selesai dalam waktu 120 menit semenjak semen dicampur dengan air.

Pada tiap-tiap hari akhir kerja, sambungan pelaksanaan kearah melintang harus dibentuk dengan penutup atau dengan memotong sampai pada bagian material yang padat untuk membuat permukaan melintang benar-benar tegak. Perlindungan terhadap sambungan pelaksanaan harus diselenggarakan sedemikian sehingga pada waktu penghamparan, pembentukan, pemadatan material tidak akan merusak pekerjaan yang sudah dilaksanakan lebih dahulu. Perlu diperhatikan khusus terhadap kepadatan material yaitu pada bagian yang berdekatan langsung dengan seluruh sambungan pelaksanaan.

### 3.7.2 Perawatan

Segera setelah pemadatan terakhir permukaan harus ditutup dengan menggunakan salah satu cara dari berikut ini :

- a) Lembaran plastik atau terpal untuk menjaga penguapan air dalam campuran.
- b) Penyemprotan dengan Biominous Emuisi CSS-1 dengan batasan pemakaian antara 0,35 - 0,50 liter per meter persegi.
- c) Metode lain yang bertujuan melindungi CTRB dan CTRSB adalah dengan karung goni yang dibasahi air selama masa perawatan (curing).
- d) Lembaran membran untuk menjaga agar penguapan air tidak terlalu cepat.

### 3.7.3 Pengendalian Mutu

#### a. Pengendalian Mutu Campuran

Pengambilan contoh material daur ulang harus dilakukan untuk pengujian dan menentukan rancangan campuran dari setiap jenis atau komposisi material daur ulang yang berbeda disetiap bagian pekerjaan.

Percobaan campuran dan pemeriksaan kekuatan KTB untuk menetapkan perbandingan komposisi harus dilakukan pada saat pekerjaan persiapan, perawatan dan penanganan contoh-contoh uji.

#### b. Pengendalian Kadar Air untuk Operasi Pencampuran

Pengambilan contoh dan pengujian untuk pengendalian kadar air selama pencampuran dan penghamparan dilakukan pada jarak

maksimal 100 meter disepanjang proyek. Pemeriksaan kadar air lapangan dilakukan sebelum dan setelah proses daur ulang. Pada setiap lokasi kuantitas pengambilan dan pengujian contoh meliputi :

- 1) Sebuah contoh setelah pengadukan semen dengan material daur ulang (untuk penentuan jumlah air yang perlu ditambahkan untuk mencapai kadar air yang ditentukan untuk pemadatan).
- 2) Satu atau lebih contoh setelah pengadukan penambahan air ke dalam campuran semen dengan material daur ulang (untuk memeriksa bahwa kadar yang ditentukan untuk pemadatan sudah dicapai).
- 3) Pengendalian Pemadatan
  - a) Pengambilan contoh harus dilaksanakan segera mungkin, untuk mengurangi keterlambatan dimulainya penggilasan. Contoh yang diambil harus segera dimasukkan dalam kantong plastik yang kedap atau tempat penyimpanan lainnya dan ditutup rapat untuk dibawa ke laboratorium dimana contoh ini akan digunakan untuk pembuatan benda uji untuk pengujian kepadatan kering maksimum dan pengujian Kuat Tekan Bebas.
  - b) Kecuali ada ketentuan lain, dua benda uji harus disiapkan untuk menentukan kepadatan kering

maksimum (menggunakan pemadatan SNI 1743:2008) dan empat benda uji harus disiapkan (SNI 03-6887-2002).

- c) Segera setelah pemadatan setiap lapisan selesai dilaksanakan, pengujian kepadatan lapangan (SNI 03-2828-1992) harus dilaksanakan. Hasil kepadatan dan kadar air pengujian konus pasir (sand-cone) harus dibandingkan dengan nilai rata-rata dari kepadatan kering maksimum dan kadar air optimum yang diukur dari dua benda uji.

- d) Pengukuran ketebalan hamparan padat

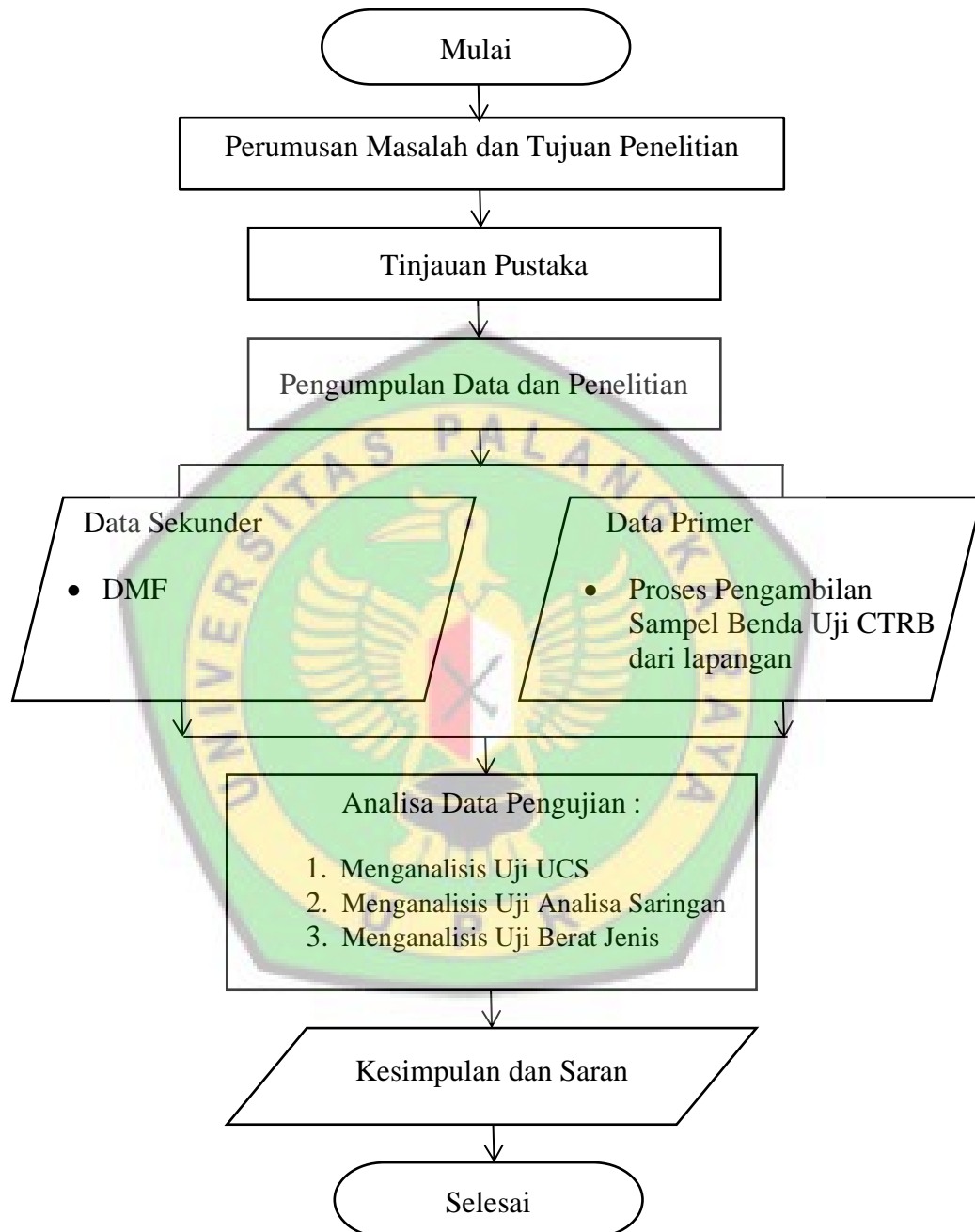
Ketebalan hamparan dapat diukur dengan menggali dan mengukur secara manual pada titik pengujian konus pasir setelah pemadatan selesai, atau ketebalan dapat diukur dari hasil pengambilan contoh inti (core drill) setelah hamparan minimum berusia 14 hari.

(sumber: Departemen Pekerjaan Umum 2008

*Spesifikasi Khusus* Divisi VI B  
CTR/08/01, Jakarta: Badan Pekerjaan  
Umum)

### 3.6 Bagan Alir Penelitian

Guna mempermudah pemahaman mengenai proses alur penelitian, dapat dilihat pada gambar 3.3 Bagan Alir Penelitian.



**Gambar 3.3 Bagan Alir Penelitian**

## **BAB V**

### **PENUTUP**

#### **5.1 Kesimpulan**

Berdasarkan hasil Kajian Teknis *Cement Treated Recycling Base* (CTRB), perencanaan dan pengujian di laboratorium diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Hasil dari pemeriksaan analisa saringan, nilai kuat tekan bebas (UCS) dengan proporsi campuran yang ditentukan, semuanya memenuhi spesifikasi Lapis Pondasi CTRB.
2. Hasil pengujian daya dukung agregat, diperoleh untuk campuran Lapis Pondasi CTRB yang digunakan yaitu proporsi campuran tambahan agregat baru 25% (60% Batu Pecah:40% Abu Batu) dan material eksisting/material lama yaitu 75%, dengan kebutuhan semen 6,35% dan Air 6,77%.
3. Hasil penelitian di lapangan, proses pelaksanaan CTRB dimulai dari:
  - a. Penghamparan material tambahan ke lapangan dan diratakan dengan motor grader
  - b. Penghamparan semen sebagai bahan pengikat campuran material untuk CTRB
  - c. Proses milling (*recycle*) yaitu proses pengadukan material tambahan dengan material lama
  - d. Pemadatan awal dengan getaran menggunakan alat *Padfoot Roller*

- e. Perataan ketebalan dan kemiringan menggunakan *Motor Grader*
  - f. Pemadatan akhir menggunakan *Smoothdrum*
4. Hasil pengujian Kuat Tekan Bebas (UCS), diketahui bahwa material CTRB dengan proporsi (60% Batu Pecah:40% Abu Batu) dengan kebutuhan semen 6,35% dan air 6,77% telah memenuhi spesifikasi umum CTRB dengan nilai minimum  $30 \text{ kg/cm}^2$ .
  5. Berdasarkan hasil perhitungan perbandingan biaya bahan antara *Cement Treated Recycling Base* (CTR) dengan perkerasan baru Non-CTR dalam  $1 \text{ m}^3$  pekerjaan didapatkan hasil bahwa nilai pekerjaan CTR lebih ekonomis 43,94% dibandingkan dengan pekerjaan Non-CTR.

## 5.2 Saran

Berdasarkan kesimpulan yang diperoleh dalam penelitian ini, dapat disampaikan beberapa saran sebagai berikut:

1. Sebelum melakukan kegiatan penelitian, perlu dibuat rincian apa saja yang akan diuji untuk CTR, agar data yang diperlukan lengkap.
2. Pada pemeriksaan bahan dan pemeriksaan benda uji sebaiknya berpedoman pada prosedur-prosedur yang ditentukan dan diperlukan ketelitian yang baik dalam pemeriksaan bahan, perhitungan dan perencanaan yang akan berpengaruh pada hasil akhir yang akan dicapai nantinya.

3. Pada saat melakukan proses milling atau pencampuran di lapangan, harus lebih diperhatikan baik dari masalah kadar air, kedalaman, dan kemiringan agar mendapat hasil yang lebih maksimal.
4. Pada saat proses penghamparan semen di lapangan biasanya digunakan alat penabur semen ataupun motor grader untuk meratakan, sebaiknya dibantu dengan cara manual, agar semen tidak banyak yang terbang ke bahu jalan, sehingga nantinya dapat mengurangi kualitas seperti yang telah ditentukan.



## DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. W. (2000), *Modul Pengujian Bahan Perkerasan*, Laboratorium Teknik Transportasi Jurusan Teknik Sipil Universitas Gajah Mada, Jogjakarta.
- Bowles Joseph. E, (1981), *Sifat-sifat Fisik dan Geoteknis Tanah*.  
Departemen Pekerjaan Umum 2008, *Spesifikasi Khusus Divisi VI B CTR/08/01*,  
Badan Pekerjaan Umum, Jakarta.
- Departemen Pekerjaan Umum 2010, *Pedoman Teknis Pelaksanaan Daur Ulang Perkerasan Jalan Dengan Semen Dicapur di tempat (inplace)*.  
*Dinas Pekerjaan Umum Spesifikasi 2018 Revisi III dalam Surat Perjanjian (Kontrak) Nomor : 620/BM-KTRK/VII/2016/769,16 Agustus 2016*,  
Peningkatan/Pembangunan Jalan Provinsi Kalimantan Tengah, Jalan Bukit Liti – Bawan – Kuala Kurun.
- Girsang, C 2017, *Kajian Teknis Cement Treated Recycling Base (CTRB) Pada Proyek Rehabilitasi Jalan Bukit Liti – Bawan – Kuala Kurun*, Tugas Akhir Jurusan/Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Palangka Raya, Palangka Raya.
- Gunawan. T & S. Margaret Diktat , *Teori Soal dan Penyelesaian MEKANIKA TANAH*
- Muda, H. *Tinjauan Kuat Tekan Bebas dan Drying Shrinkage Cement Treated Recycling Base (CTRB) pada Rehabilitasi Jalan Boyolali – Kartosuro*, 2009  
Magister Teknik Sipil, Program Pasca Sarjana Universitas Sebelas Maret Surakarta, Surakarta.
- Pengujian Bahan Perkerasan*, Modul 2000, Laboratorium Teknik Transportasi Jurusan Teknik Sipil Universitas Gajah Mada, Jogjakarta
- Sukirman, S. (2003), *Beton Aspal Campuran Panas*, Granit, Jakarta.
- Suprpto (2004), *Fungsi Lapis Perkerasan*, Jakarta