

**LAPORAN AKHIR  
(KELOMPOK KERJA PENELITIAN)  
TAHUN 2014**

**Monitoring dan Evaluasi  
Teknologi Perkerasan Lentur**



**KEMENTERIAN PEKERJAAN UMUM  
BADAN PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN  
PUSAT PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN JALAN DAN JEMBATAN**

Jl. A.H. Nasution No. 264 Kotak Pos 2 Ujungberung Telp. (022) 7802251 Fax. 7802726 Bandung 40294 e-mail:pusjatan@pusjatan.pu.go.id



0000021005

(047.31)

2432 . 001 1013 107A

**LAPORAN AKHIR**  
**(KELOMPOK KERJA PENELITIAN)**  
**TAHUN 2014**

**Monitoring dan Evaluasi**  
**Teknologi Perkerasan Lentur**

Teknologi Perkerasan Lentur  
(ATPB, lokal Papua dan Sulawesi)

barc = 0000021005

|                                                                                    |                                    |                      |
|------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------|----------------------|
|  | <b>PERPUSTAKAAN</b>                |                      |
|                                                                                    | PUSLITBANG JALAN & JEMBATAN        |                      |
|                                                                                    | JL. A. H. NASUTION NO. 264 BANDUNG |                      |
|                                                                                    | No.IND. : 2015 / 18154             |                      |
|                                                                                    | UDC                                | : 625.8 (047.31)     |
|                                                                                    | EX                                 | : 1 Perkerasan Jalan |



**KEMENTERIAN PEKERJAAN UMUM**  
**BADAN PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN**  
**PUSAT PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN JALAN DAN JEMBATAN**

Jl.A.H Nasution No.264 P.O BOX 2 Bandung 40294 Indonesia Telp (022) 7802251 Fax (022) 7802726 email: pusjatan@pusjatan.pu.go.id

|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 2 | 4 | 3 | 2 | . | 0 | 0 | 1 | . | 0 | 1 | 3 | . | 1 | 0 | 7 | A |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|

**LAPORAN AKHIR**  
**KELOMPOK KERJA PENELITIAN**

**Monitoring dan Evaluasi**  
**Teknologi Perkerasan Lentur**  
**(ATPB, lokal Papua dan Sulawesi)**

**Balai Bahan dan Perkerasan Jalan**



**KEMENTERIAN PEKERJAAN UMUM**  
**BADAN PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN**  
**PUSAT PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN JALAN DAN JEMBATAN**

Jl. A.H. Nasution No.264 P.O BOX 2 Bandung 40294 Indonesia Telp (022) 7802251 Fax (022) 7802726 email: [pusjalan@pusjalan.pu.go.id](mailto:pusjalan@pusjalan.pu.go.id)

## Lembar Pengesahan

**TIM PENELITI** Ketua : Prof (R) DR.Ir. Moh. Sjahdanulirwan, MSc

**Peneliti**

1. Prof (R) DR.Ir.M.Furqon Affandi, MSc
2. DR.Djoko Widajat, MSc
3. Prof (R) DR.Ir.Anwar Yamin, MSc
4. Dani Hamdani, ST
5. Silvester Fransisko, SST
6. Ilman Faridl, ST
7. Tatan Rustandj, ST

**Pembantu Peneliti :**

1. Adang Suhanda, AMD
2. Triyanto
3. TM Muslihat Saputra
4. Edi Yanto
5. Sugeng Triyatno, SSos
6. Dede Supendi
7. Ae Haerudin

Disusun oleh,

## Ketua Paket Kerja Penelitian 2

Prof (R) DR.Ir.Anwar Yamin, MSc  
NIP. 1967 0616 199703 1 004

## Ketua Paket Kerja Penelitian 1

DR. Djoko Widajat, MSc  
NIP. 1951 0105 197811 1 001

**Memeriksa,**

**Ketua Kelompok Program Penelitian**

Prof (R) DR.Ir. Moh. Sjahdanulirwan, MSc  
NIP. 1950 1010 197901 1 001

**Mengetahui,**

### Pejabat Pembuat Komitmen

Ir. Nyoman Suaryana, M.Sc  
NIP. 1965 01071199803 1 001

## Kata Pengantar

Memperhatikan Road Map perkerasan lentur Pusat Litbang Jalan tahun 2009, maka setiap kegiatan litbang berupa uji gelar, perlu dilakukan penelitian dan pengkajian yang berupa Monitoring dan Evaluasi Teknologi Perkerasan Lentur.

Tulisan ini merupakan hasil penelitian dan pengembangan Pusat Penelitian dan Pengembangan Jalan dan Jembatan (PUSJATAN) tahun anggaran 2014 Kelompok Program Penelitian perkerasan lentur dengan judul litbang monitoring uji gelar bahan khusus (ATPB, lokal Papua dan Sulawesi). Laporan terbagi menjadi 2(dua) judul yaitu Monitoring dan Evaluasi Teknologi Perkerasan Lentur Asphalt Treated Permeable Base (ATPB), serta penggunaan agregat substandar Manado dan Papua.

Teknologi lapis Asphalt Treated Permeable Base dilaksanakan di ruas jalan Subang – Pamanukan Propinsi Jawa Barat di sekitar KM 164+900 (KM 0) Jakarta pada tahun 2012. Lapis perkerasan yang dilaksanakan merupakan lapis tambahan dengan suatu lapisan ATPB ditempatkan di atas perkerasan yang ada, dibawah lapis AC WC, AC BC dan AC Base. Di kiri dan kanan perkerasan di pasang sub drain dengan pipa berlubang. Berdasarkan klasifikasi nilai PSI ruas jalan masih baik dan lendutan perkerasan relatif rendah.

Uji gelar penggunaan bahan sub standar, dilaksanakan pada tahun 2013 dilakukan di dua lokasi, yaitu Manado dan Papua. *Treatment* agregat substandar yang dilakukan di Manado substandarnya di-*treatment* dengan menggunakan teknik penyelimutan semen dan aspal emulsi, sedangkan di Papua menggunakan teknik penurunan tegangan permukaan aspal. Sampai dengan umur 18 bulan, *treatment* yang dilakukan pada agregat substandar Manado, baik dengan CCA ataupun ECA memberikan pengaruh positif pada kinerja, durabilitasnya terhadap air dan sensitifitas campuran beraspal terhadap perubahan temperatur. Dari segi ketahanan terhadap air dan oksidasi, penggunaan AS<sub>S</sub> penurun tegangan permukaan pada aspal yang digunakan sebagai pengikat agregat substandar Papua adalah lebih efektif dibandingkan dengan penggunaan AS<sub>A</sub>.

Isi dari kajian ini diharapkan dapat digunakan sebagai masukan bagi para praktisi bidang material dan perkerasan jalan, peneliti dan para ahli lainnya khususnya yang tertarik dalam konstruksi dan kinerja campuran beraspal panas jenis *Asphalt Treated Permeable Base* dan teknologi penggunaan bahan sub standar.

**LAPORAN AKHIR**

**TAHUN 2014**

**Monitoring dan Evaluasi Teknologi  
Perkerasan Lentur**

**Asphalt Treated Permeable Base  
(ATPB)**



**KEMENTERIAN PEKERJAAN UMUM  
BADAN PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN  
PUSAT PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN JALAN DAN JEMBATAN**

Jl. A.H. Nasution No 264 P.O BOX 2 Bandung 40294 Indonesia Telp (022) 7602251 Fax (022) 7602726 email: [pusjatan@pusjatan.pu.go.id](mailto:pusjatan@pusjatan.pu.go.id)

## Daftar Isi

|                                              | Halaman |
|----------------------------------------------|---------|
| Daftar isi                                   | ii      |
| Daftar Tabel                                 | iv      |
| Daftar Gambar                                | v       |
| <br>                                         |         |
| <b>BAB I PENDAHULUAN</b>                     |         |
| 1.1. Tujuan                                  | 3       |
| 1.2. Sasaran                                 | 3       |
| 1.3. Luaran (Output)                         | 4       |
| 1.4. Manfaat (Outcome)                       | 4       |
| <br>                                         |         |
| <b>BAB II KINERJA PERKERASAN LENTUR</b>      |         |
| 2.1. Ketidak rataan (roughness)              | 5       |
| 2.1.1 Present Seviceability Index (PSI)      | 5       |
| 2.1.2 International Roughness Index (IRI)    | 7       |
| 2.1.3 Kekesatan                              | 8       |
| 2.2. Kerusakan permukaan                     | 7       |
| 2.2.1 Jenis kerusakan                        | 8       |
| 2.2.2 Penyebab kerusakan                     | 8       |
| 2.2.3 Mekanisme kerusakan                    | 10      |
| 2.3. Kekuatan struktur perkerasan            | 10      |
| 2.4. Pemeliharaan dan penilikan jalan        | 10      |
| 2.5. Pavement Condition Index                | 11      |
| <br>                                         |         |
| <b>BAB III MONITORING KONDISI PERKERASAN</b> |         |
| 3.1. Observasi lapangan                      | 14      |
| 3.1.1 Survai kondisi permukaan perkerasan    | 14      |
| 3.1.2 Survai ketidak rataan                  | 15      |
| 3.1.3 Pengujian lendutan (deflection)        | 16      |
| 3.1.4 Pengambilan contoh inti                | 22      |
| 3.2. Pembahasan                              | 22      |

## BAB VI PENUTUP

|                 |    |
|-----------------|----|
| 4.1. Kesimpulan | 28 |
| 4.2. Saran      | 28 |

|                |    |
|----------------|----|
| Daftar Pustaka | 30 |
|----------------|----|

## Daftar Tabel

|            |                                                                                      | Halaman |
|------------|--------------------------------------------------------------------------------------|---------|
| Tabel 1.   | Penggunaan campuran beraspal panas sebagai lapis perkerasan secara umum (NAPA, 2001) | 3       |
| Tabel 2.1. | Kondisi jalan berdasarkan PSI                                                        | 7       |
| Tabel 2.2. | Persyaratan nilai IRI                                                                | 8       |
| Tabel 2.3. | Penentuan kondisi ruas jalan                                                         | 11      |
| Tabel 2.4. | Kelas indeks kondisi perkerasan                                                      | 12      |
| Tabel 3.1. | IRI tahun 2014 dan sebelumnya Mei dan Oktober 2013                                   | 15      |
| Tabel 3.2. | Perbandingan harga satuan ATPB dengan AC base                                        | 25      |
| Tabel 3.3. | Perbandingan sifat ATPB dengan AC base                                               | 25      |
| Tabel 3.4. | Hasil pengujian alur dengan menggunakan WTM                                          | 26      |
| Tabel 3.5. | Hasil pengujian resilient modulus ATPB                                               | 27      |
| Tabel 4.1. | Persyaratan campuran ATPB                                                            | 28      |

## Daftar Gambar

|               |                                                                                                              | Halaman |
|---------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|
| Gambar 1.     | Potongan tebal perkerasan uji gelar                                                                          | 3       |
| Gambar 2.     | Bagan alir penelitian                                                                                        | 13      |
| Gambar 3.1(a) | Profil melintang jalan arah Pagaden                                                                          | 14      |
| Gambar 3.1(b) | Kondisi lapis permukaan                                                                                      | 14      |
| Gambar 4a.    | IRI arah Subang                                                                                              | 16      |
| Gambar 4b.    | IRI arah Pagaden                                                                                             | 16      |
| Gambar 5.     | Pengujian lendutan dengan alat FWD arah ke Subang                                                            | 17      |
| Gambar 6a.    | Lendutan FWD Arah subang (pengujian Mei 2013)                                                                | 17      |
| Gambar 6a'.   | Lendutan FWD Arah Subang (pengujian Oktober 2013)                                                            | 18      |
| Gambar 6b.    | Lendutan FWD Arah Pegaden (pengujian Mei 2013)                                                               | 19      |
| Gambar 6b'.   | Lendutan FWD Arah Pegaden (pengujian Oktober 2013)                                                           | 19      |
| Gambar 6c.    | Lendutan FWD Arah Subang (pengujian Agustus 2014)                                                            | 20      |
| Gambar 6c'.   | Lendutan FWD Arah Pegaden (pengujian Agustus 2014)                                                           | 21      |
| Gambar 7a.    | Temperatur arah Subang (Mei 2013)                                                                            | 21      |
| Gambar 7b.    | Temperatur arah Pegaden (Mei 2013)                                                                           | 22      |
| Gambar 8a.    | Perubahan lendutan sebelum dan sesudah lapis tambahan<br>ATPB, lajur jalan Arah Subang (pengujian jam 10.30  | 23      |
| Gambar 8b.    | Perubahan lendutan sebelum dan sesudah lapis tambahan<br>ATPB, lajur jalan Arah Pegaden (pengujian jam 10.30 | 23      |
| Gambar 9.     | Hubungan jumlah lintasan Vs deformasi pada uji WTM                                                           | 26      |
| Gambar 10.    | Hubungan resilient modulus ATPB dengan variasi temperatur                                                    | 27      |

## **BAB I**

### **PENDAHULUAN**

Konstruksi lapis perkerasan asphalt treated permeable base (ATPB) telah diaplikasikan di beberapa negara sejak tahun 1950 an, merupakan suatu konstruksi lapis pondasi yang dapat ditempatkan dibawah lapis permukaan beraspal maupun lapis beton semen. Lapis ini merupakan bagian dari perkerasan yang berfungsi untuk mendukung beban lalu-lintas dan sebagai bagian yang menyebarkan tegangan yang diterima ke lapis tanah dasar. Lapis ini tahan terhadap deformasi dan dapat meningkatkan mengalirkan air permukaan yang berinfiltrasi dari permukaan ke lapis dibawahnya. Pada penempatan dibawah beton semen, atau lapis beraspal, ATPB ditempatkan diatas lapis campuran beraspal (Tony Lumantung, 2012 IRE seminar). (David Webb et al, 2007).

Berdasarkan kajian J Harvey et al (1995), ATPB telah dilaksanakan sejak tahun 1980 an di beberapa ruas jalan dengan menggunakan metode yang dikembangkan oleh Caltrans (The California Department Transportation). Berdasarkan petunjuk praktis yang dipublikasikan, ATPB ditempatkan dibawah lapis beton semen (slab beton) yang berfungsi sebagai lapis drainase untuk mengalirkan air yang merembes dari sambungan atau retak2 pada lapis slab beton kemudian masuk ke lapis ATPB yang kemudian secara horizontal dialirkan ketepi untuk selanjutnya dibuang melalui drainase tepi dibawah bahu jalan keluar lapis perkerasan. Dibawah lapis ATPB dapat berupa lapis campuran aspal panas dengan gradasi tertutup (dense grade) yang berfungsi melindungi masuknya air ke lapisan tanah dasar. Dalam hal ini lapis ATPB mempunyai fungsi utama sebagai lapis drainase sehingga perkerasan mempunyai daya tahan terhadap pengaruh air yang didukung dengan adanya drainase ujung yang bekerja dengan baik.

Air permukaan yang masuk ke lapisan bawah melalui bagian retak pada perkerasan beraspal atau pada sambungan pada beton semen dapat menyebabkan lemahnya daya dukung lapis perkerasan yang dapat mengganggu kestabilan dan selanjutnya dapat menyebabkan terjadinya kerusakan. Demikian pula bila terjadi rembesan air dari bawah keatas, air tersebut harus segera dikeluarkan.

Ketebalan lapisan ATPB berkisar antara 10 cm atau 12,50 cm atau sekitar 3 kali diameter agregat maksimum campuran ATPB (Tony Lumantung, 2012 IRE seminar) yang dibangun dari gradasi agregat mendekati seragam dengan tipikal kadar aspal rendah sekitar 2% - 3% (David Webb et al, 2007). Hal ini untuk menjamin bahwa pada jangka panjang permeabilitas campuran tetap berfungsi. Namun demikian kadar aspal rendah akan mempunyai efek terhadap daya tahan campuran terhadap pengaruh air karena

minimnya kadar aspal yang membantu bersatunya agregat dalam campuran. Direkomendasikan agar kadar aspal ATPB digunakan minimum 3,0% (untuk agregat yang absorpsinya kecil seperti agregat granit) dan 3,5% untuk agregat absorpsinya tinggi seperti batu kapur. Hal ini untuk menjamin ikatan agregat cukup kuat. (David Webb et all, 2007). (Harvey J. et all, 1999 Harvey J. et all, 1999). Pada daerah kering untuk perencanaan nilai stiffness ATPB  $1 \times 10^6$  kPa (150,000 psi) dan  $5 \times 10^5$  kPa (75,000 psi) (rendaman dan material sensitive terhadap air) sedangkan untuk konvensional aspal beton pada temperatur kering yang sama pada interval 5.5 to  $7 \times 10^6$  kPa (800,000 to 1,000,000 psi).

### **Keuntungan dan kerugian lapis ATPB**

Berdasarkan uraian diatas, keuntungan dan kerugian lapis ATPB dapat dinyatakan sebagai berikut :

- Porous karena gradasi terbuka, sehingga dapat berfungsi sebagai lapis drainase.
- Mempunyai stabilitas yang cukup, sehingga dapat membantu sebagai lapis penyebar beban.
- Menggunakan aspal modifikasi.
- Kadar aspal yang rendah.
- Persyaratan yang perlu dipertimbangkan adalah adanya sub drain ditepi perkerasan yang merupakan kebutuhan utama dari jalan yang perlu diperhatikan. ATPB dapat diletakkan diatas lapis beraspal yang ada yang mempunyai keuntungan bahwa tanah dasar terlindungi dari infiltrasi air dari atas dan air yang merembes dari lapis diatasnya dapat mengalir ke arah horizontal kesamping dan dibuang melalui drainase tepi kemudian keluar dari lapis perkerasan. ,
- Lapis ATPB dapat digunakan pada lalu-lintas sedang dan pada lalu-lintas berat.

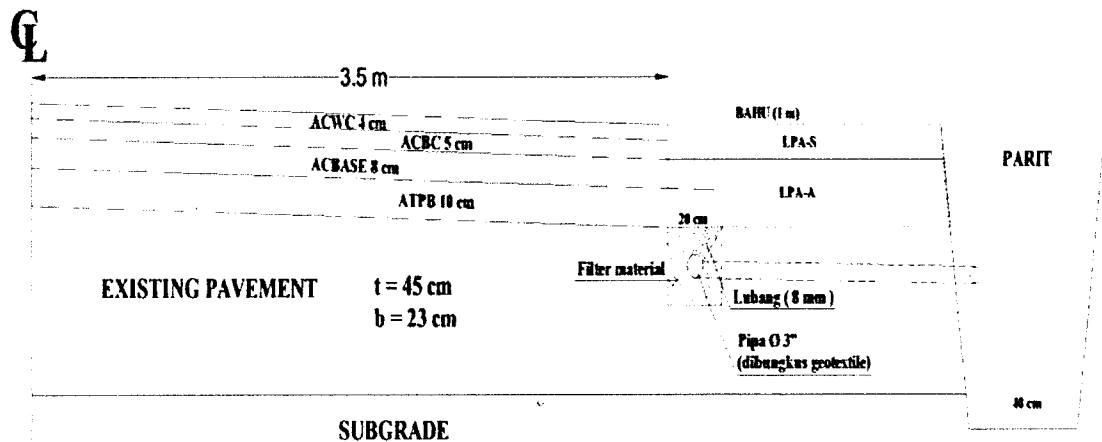
Penggunaan beberapa jenis campuran beraspal panas bergradasi tertutup dan bergradasi terbuka dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Penggunaan campuran beraspal panas sebagai lapis perkerasan secara umum  
(NAPA, 2001)

| Lapis perkerasan | Lalu lintas rendah |     |      |      | Lalu lintas sedang         |     |      |      | Lalu lintas tinggi |     |      |      |
|------------------|--------------------|-----|------|------|----------------------------|-----|------|------|--------------------|-----|------|------|
|                  | <300.000 ESALs     |     |      |      | 300.000 – 10.000.000 ESALs |     |      |      | >10.000.000 ESALs  |     |      |      |
|                  | Dense              | SMA | OGFC | ATPB | Dense                      | SMA | OGFC | ATPB | Dense              | SMA | OGFC | ATPB |
| Permukaan        | VV                 |     |      |      | VV                         | V   | V    |      | VV                 | VV  | VV   |      |
| Antara           | VV                 |     |      |      | VV                         |     |      |      | VV                 | V   |      |      |
| Pondasi          | VV                 |     |      |      | VV                         |     |      | V    | VV                 |     |      | VV   |

Keterangan : VV = cocok, V = agak cocok, kosong = tidak cocok  
SMA = *Stiff Mastic Asphalt*, OGFC = *Open Grade Friction Course*

Tebal lapis perkerasan diatas perkerasan yang ada direncanakan terdiri dari beberapa lapis yaitu dari bawah 10 cm ATPB, 8 cm AC base, ACBC 5 cm dan ACWC 4 cm, dengan pemasangan sub drain pada kedua ujung tepi perkerasan. Potongan melintang tebal perkerasan uji gelar dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Potongan tebal perkerasan uji gelar

### 1.1. Tujuan

Kegiatan ini dimaksudkan untuk mengevaluasi dan menganalisa kembali hasil uji coba dilapangan ATPB. Tujuannya mendapatkan data monitoring guna mengetahui karakteristik material terhampar yang dilihat dari segi perencanaan maupun pelaksanaan, setelah hamparan melayani lalu lintas.

## 1.2. Sasaran

Sasaran dari kegiatan ini adalah mendapatkan data sebagai masukan untuk penyusunan atau penyempurnaan acuan baku teknologi bidang jalan yang telah melalui uji coba yang

berupa pedoman teknis, atau penanganan kerusakan sesuai dengan jenis uji gelar yang dilaksanakan.

### **1.3. Luaran (Output)**

Luaran kegiatan ini berupa :

- Data Monitoring & kajian kinerja uji coba skala penuh sebagai masukan untuk penyusunan konsep SPM R0: Pedoman perencanaan ATPB

### **1.4. Manfaat (Outcome)**

Hasil dari kegiatan ini adalah :

- Tersedianya teknologi ATPB untuk pemeliharaan dan pembangunan jalan

## **BAB II**

### **KINERJA PERKERASAN LENTUR**

Berdasarkan *Highway Research Board*, 1962, kinerja perkerasan lentur didefinisikan sebagai fungsi dari kemampuan perkerasan lentur dalam melayani lalu lintas selama suatu periode tertentu. Kinerja perkerasan selama masa pelayanan dapat diprediksi dengan memperhatikan kondisi fungsional jalan seperti ketidakrataan (*roughness*), kekesatan, kerusakan permukaan perkerasan serta kondisi kekuatan struktur perkerasan. Data kondisi jalan yang diperoleh dapat digunakan untuk membantu dalam penentuan penanganan kegiatan penyelenggaraan jalan seperti menentukan prioritas pemeliharaan, menentukan strategi pemeliharaan dan memprediksi kinerja perkerasan.

#### **2.1. Ketidak rataan**

Ketidak rataan merupakan gambaran profil kerataan memanjang perkerasan yang merupakan ekspresi kenyamanan berkendara. Pengaruh ketidak rataan dapat menimbulkan guncangan akibat profil memanjang yang tidak rata dan bahkan dapat menimbulkan bahaya bagi pengguna jalan.

Nilai ketidak rataan dapat dinyatakan dengan besaran yang berbeda-beda sesuai dengan alat pengukur ketidak rataan yang dikembangkan oleh instansi terkait.

##### **2.1.1 Present Serviceability Index (PSI)**

Present Serviceability Index (PSI) berdasarkan pada konsep hubungan antara opini penilaian pengguna jalan dengan hasil pengukuran ketidak rataan, kerusakan retak, tambalan dan kedalaman alur.

PSI diformulasikan dari penilaian terhadap kelompok ruas perkerasan yang dinilai oleh suatu grup penilai yang menilai dari atas kendaraan dan memberi nilai berdasarkan skala antara 0 sampai 5 yang mengindikasikan nilai sangat jelek – sangat bagus.

Hal ini kemudian dikembangkan pada AASHO Road Test yang mengkorelasikan penilaian secara subyektif berkendara dan penilaian obyektif dengan pengukuran ketidak rataan, kerusakan retak, tambalan dan kedalaman alur.

Untuk perkerasan lentur (*flexible pavement*) bentuk persamaan adalah sebagai berikut :

$$PSI = 5,03 - 1,9 \log(1+SV) - 0,01(C+P)^{0,5} - 1,38 (RD)^2$$

Dimana:

PSI = Present Serviceability Index

SV = slope variance dari alat Slope profilometer

C = Panjang retak (ft) setiap luas 1000 ft<sup>2</sup> (90 m<sup>2</sup>)

P = luas tambalan (ft<sup>2</sup>) per 1000 ft<sup>2</sup>

RD = kedalaman alur (in) dari mistar sepanjang 4 foot

Kemudian persamaan ini dikembangkan dengan variasi penggunaan alat pengukur roughness sehingga konstanta persamaan regresi berubah. Untuk persamaan dengan menggunakan alat Bump Integrator menjadi :

$$PSI = 4,78 - 0,015 (\text{Roughometer}) - 0,004(C+P)^{0,5} - 0,26 (RD)^2$$

(Yoder and Witczak, 1975)

Dimana Roughometer adalah besaran Roughness Index berdasarkan alat Bump Integrator.

Kalibrasi antara Bump Integrator (BI) dengan IRI telah dilakukan pada saat program kerjasama antara TRRL dengan PUSJATAN Bandung sekitar tahun 1990. Persamaan yang terjadi adalah :

$$IRI = 0,0027 BI^{0,944}$$

(Djoko Widajat, Alfin J. Adhitya, Tyrone Toole, 1990)

Dimana, IRI dalam m/km dan BI dalam mm/km.

$$\text{Selanjutnya, } BI = 525,96 IRI^{1,0593} \text{ (mm/km) atau } BI = 33,1568 IRI^{1,0593} \text{ (in/mile)}$$

Persamaan PSI untuk perkerasan lentur pada studi ini menjadi :

$$PSI = 4,78 - 0,015 (33,1568 IRI^{1,0593}) - 0,004(C+P)^{0,5} - 0,26 (RD)^2$$

atau

$$\text{PSI modifikasi} = 4,78 - 0,4974 \text{ IRI}^{1,0593} - 0,004(\text{C}+\text{P})^{0,5} - 0,26 (\text{RD})^2$$

Dimana:

PSI = Present Serviceability Index

IRI = International Roughness Index (m/km)

C = Panjang retak (ft) setiap luas 1000 ft<sup>2</sup> (90 m<sup>2</sup>)

P = luas tambalan (ft<sup>2</sup>) per 1000 ft<sup>2</sup>

RD = kedalaman alur (in) dari mistar sepanjang 4 foot

Berdasarkan nilai PSI, kondisi perkerasan fungsional dapat diklasifikasikan seperti Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Kondisi jalan berdasarkan PSI

| PSI                                                    | Kondisi      |
|--------------------------------------------------------|--------------|
| 4 - 5                                                  | Sangat baik  |
| 3 - 4                                                  | Baik         |
| 2 - 3 (2,5 lalu lintas tinggi, 2,0 lalu lintas rendah) | Cukup        |
| 1 - 2                                                  | Jelek        |
| 0 - 1                                                  | Sangat jelek |

Pada saat perkerasan dibuka struktur perkerasan mempunyai nilai PSI besar yang berarti nilai kerataan masih baik dan kerusakan belum terjadi. Besarnya nilai PSI menurun dengan terjadinya kerusakan akibat beban kendaraan.

### 2.1.2 International Roughness Index (IRI)

Sayer et.al (1986) telah mengembangkan nilai IRI untuk berbagai umur perkerasan dan kecepatan. Untuk kerataan jalan baru nilai IRI < 4 m/km yang dapat ditempuh pada kecepatan 100 km/jam dan untuk jalan lama nilai IRI < 6 m/km dengan kecepatan sekitar 80 km/jam.

Ketentuan nilai IRI ini bervariasi, jika diinginkan level kerataan dan kecepatan yang tinggi maka nilai IRI dipilih yang rendah, sebaliknya jika misalnya keterbatasan biaya maka nilai IRI diperlonggar. Namun demikian hendaknya level mutu layanan dan masa pelayanan perkerasan harus sebagai dasar pertimbangan utama.

Di Indonesia nilai IRI didapat dengan mengukur perbedaan ketinggian permukaan perkerasan diukur dengan alat dipstick (panjang 30 cm). Data yang diperoleh kemudian dihitung dengan menggunakan perangkat lunak *IRI level* (Alvin, 1990).

Persyaratan ketidak rataan perkerasan dapat dilihat pada Tabel 2.2

Tabel 2.2. Persyaratan nilai IRI

| No | Metode                                                                                  | IRI                | Katagori permukaan perkerasan  |
|----|-----------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|--------------------------------|
| 1  | Interurban Road Management System (IRMS), SK77 dan Urban Road maintenance System (URMS) | $\leq 6$ m/km      | Baik                           |
|    |                                                                                         | $6 - \leq 12$ m/km | Perlu lapis perata             |
|    |                                                                                         | $> 12$ m/km        | Perlu direhabilitasi (overlay) |
| 2  | Jalan Tol (PT Jasa Marga)                                                               | $< 4$ m/km         |                                |

### 2.1.3 Kekesatan

Berdasarkan hasil pemeriksaan kekesatan dengan Mu meter pada beberapa ruas jalan selama ini, batas kekesatan permukaan jalan yang cukup aman adalah 0,33, atau bila diukur dengan pendulum (TRRL) nilai BPT minimum adalah 56 dan kedalaman tekstur 0,65 mm.

## 2.2. Kerusakan permukaan

### 2.2.1 Jenis kerusakan

#### i.) Kerusakan struktural

Kerusakan ini merupakan kerusakan struktur jalan sebagian atau seluruhnya yang disebabkan utamanya oleh beban kendaraan pada perkerasan, sehingga perlu ada perbaikan atau perkuatan struktur perkerasan yang dapat berupa perbaikan lapis struktur perkerasan atau pemberian lapis permukaan tambahan.

#### ii.) Kerusakan fungsional

Kerusakan ini merupakan kerusakan permukaan jalan yang dapat berhubungan dengan struktur jalan atau tidak yang dapat mengganggu kenyamanan dan keamanan pengguna jalan. Kondisi struktural pada kerusakan ini masih dapat menahan beban kendaraan yang bekerja.

### 2.2.2 Penyebab kerusakan

#### i.) Faktor lalu lintas

Beban kendaraan merupakan faktor utama penyebab kerusakan. Faktor ini berhubungan seperti dengan beban kendaraan, distribusi beban kendaraan pada lajur jalan dan pengulangan beban lalu lintas. Berdasarkan AASHTO faktor daya rusak kendaraan (Damage Factor) dinyatakan dengan beban standar sebesar 8,16 ton,

sehingga untuk berbagai jenis kendaraan yang mempunyai variasi berat kendaraan, faktor daya rusak ini dikorelasikan terhadap beban standar dan dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut :

$$DF = (P/8,16)^4, \text{ untuk sumbu tunggal}$$

$$DF = 0,086(P/8,16)^4, \text{ untuk sumbu ganda}$$

Dimana :

P = Beban sumbu

DF = Damage Factor

Berdasarkan AASHTO 1993 yang juga di adaptasi pada perencanaan tebal perkerasan Kementerian Pekerjaan Umum, No 12/SE/M/2013, faktor yang menyatakan tingkat kerusakan yang ditimbulkan oleh suatu lintasan beban kendaraan dinyatakan dengan Load Equivalent Factor atau faktor ekuivalen beban sumbu kendaraan (LEF). Faktor ini dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut :

$$LEF = W_{t18} / W_x$$

Keterangan :

LEF merupakan angka yang menyatakan perbandingan tingkat kerusakan yang ditimbulkan oleh suatu lintasan beban sumbu kendaraan terhadap tingkat kerusakan yang ditimbulkan oleh satu lintasan beban sumbu standar.

$W_{t18}$  merupakan angka 18-kip (80 kN) beban sumbu tunggal untuk waktu t

$W_x$  merupakan angka beban sumbu x pada akhir waktu t

## ii.) Faktor non lalu lintas

Faktor non lalu lintas yang dapat menimbulkan kerusakan adalah bahan perkerasan, pelaksanaan pekerjaan dan lingkungan (cuaca). Terjadinya kerusakan dapat disebabkan oleh :

- Kekuatan tanah dasar dan material perkerasan
- Pemadatan tanah dasar dan lapis perkerasan
- Faktor pengembangan dan penyusutan tanah dasar
- Kedalaman muka air tanah
- Curah hujan
- Variasi temperatur sepanjang tahun

### **2.2.3 Mekanisme kerusakan**

Akibat beban kendaraan pada setiap lapisan perkerasan akan terjadi regangan dan tegangan. Pengulangan beban kendaraan akan mengakibatkan kelelahan (fatigue) yang berupa retak pada lapis permukaan perkerasan serta deformasi pada seluruh lapisan. Cuaca menimbulkan lapis perkerasan menjadi rapuh sehingga makin memungkinkan akan terjadinya retak dan disintegrasi. Bila retak sudah mulai terjadi, luas dan keparahan retak akan berkembang cepat hingga akhirnya akan timbul lubang.

Selain hal tersebut retak memungkinkan air masuk kedalam perkerasan sehingga mempercepat deformasi dan memungkinkan terjadinya penurunan kekuatan geser serta perubahan volume. Deformasi kumulatif pada jejak roda dapat membentuk alur permukaan, sedangkan perbedaan deformasi akan mengakibatkan ketidak rataan bentuk permukaan. Besarnya ketidakrataan permukaan ini merupakan hasil dari rangkaian mekanisme kerusakan dan gabungan antara pengaruh berbagai gejala kerusakan yang dapat menunjukkan gambaran kondisi perkerasan.

### **2.3. Kekuatan struktur perkerasan**

Evaluasi kekuatan struktur dapat dilakukan dengan memperkirakan umur sisa perkerasan atau menghitung ketebalan lapis tambahan apabila diperlukan.

Dikenal beberapa metode yang digunakan untuk mengevaluasi kekuatan struktur perkerasan seperti :

- Metode Binamarga 01/MN/B/1983 dengan pengukuran lendutan balik dengan alat Benkelman Beam.
- Metode AASHTO 1993 dengan memperhatikan daya dukung tanah dasar dan layer coefficient setiap lapisan.
- Methode Ausroads 2010 dengan memperhatikan daya dukung tanah dasar dan penilaian terhadap material perkerasan.
- Pedoman perancangan tebal perkerasan lentur Kementerian Pekerjaan Umum 12/SE/M/2013 yang mengakomodasi nilai modulus elastisitas dan stabilitas Marshall campuran beton aspal dengan aspal kelas penetrasi atau aspal modifikasi.

### **2.4. Pemeliharaan dan penilikan jalan**

Dalam program pemeliharaan jalan diatur berdasarkan Peraturan Menteri Pekerjaan Umum nomor : 13 /prt/m/2011, tentang tata cara pemeliharaan dan penilikan jalan.

Pemeliharaan jalan dan Penilikan didefinisikan sebagai berikut :

- Pemeliharaan jalan adalah kegiatan penanganan jalan, berupa pencegahan, perawatan dan perbaikan yang diperlukan untuk mempertahankan kondisi jalan agar

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

- Penilikan jalan adalah kegiatan pelaksanaan, pengamatan, pemanfaatan jalan dan kondisi jalan setiap hari dan laporan pengamatan serta usulan tindakan terhadap hasil pengamatan disampaikan kepada penyelenggara jalan atau instansi yang ditunjuk.

Penentuan kondisi suatu ruas jalan Baik (B), Sedang (S), Rusak Ringan (RR) dan Rusak Berat (RB), didasarkan atas nilai RCI (Road Condition Index) atau IRI Vs volume lalu lintas (LHRT). Tabel penentuan kondisi ruas jalan dapat dilihat pada Tabel 2.3.

Tabel 2.3 Penentuan kondisi ruas jalan.

| RCI  |       |       | IRI |       |     | LHR tahunan (SMP/hari) |         |         |          |           |           |            |         |
|------|-------|-------|-----|-------|-----|------------------------|---------|---------|----------|-----------|-----------|------------|---------|
|      |       |       |     |       |     | 0-100                  | 100-300 | 300-500 | 500-1000 | 1000-2000 | 2000-3000 | 3000-12000 | > 12000 |
| 7,26 | ≤RCI< | 10,00 | 0   | ≤IRI< | 3,5 | B                      | B       | B       | B        | B         | B         | B          | B       |
| 6,93 | ≤RCI< | 7,20  | 3,5 | ≤IRI< | 4   | B                      | B       | B       | B        | B         | B         | B          | S       |
| 5,74 | ≤RCI< | 6,87  | 4   | ≤IRI< | 6   | B                      | B       | B       | B        | B         | B         | S          | S       |
| 4,76 | ≤RCI< | 5,69  | 6   | ≤IRI< | 8   | B                      | B       | B       | B        | S         | S         | S          | RR      |
| 3,94 | ≤RCI< | 4,71  | 8   | ≤IRI< | 10  | B                      | B       | S       | S        | S         | S         | RR         | RB      |
| 3,27 | ≤RCI< | 3,91  | 10  | ≤IRI< | 12  | S                      | S       | S       | S        | RR        | RR        | RB         | RB      |
| 2,24 | ≤RCI< | 3,24  | 12  | ≤IRI< | 16  | S                      | RR      | RR      | RR       | RB        | RB        | RB         | RB      |
| 1,54 | ≤RCI< | 2,22  | 16  | ≤IRI< | 20  | RR                     | RR      | RB      | RB       | RB        | RB        | RB         | RB      |
| 0,95 | ≤RCI< | 1,53  | 20  | ≤IRI< | 25  | RR                     | RB      | RB      | RB       | RB        | RB        | RB         | RB      |
|      | ≤RCI< | 0,94  |     | ≤IRI< | 25  | RB                     | RB      | RB      | RB       | RB        | RB        | RB         | RB      |

Kondisi ruas jalan diukur berdasarkan IRI atau RCI dan jumlah lalu-lintas pada saat pengukuran, sedangkan kuantitas kerusakan tidak diukur.

## 2.5. Pavement Condition Index (PCI)

PCI merupakan suatu nilai numerik kondisi perkerasan yang mempunyai rentang antara 0 sampai 100 dimana nilai 0 menunjukkan kondisi paling jelek, sedangkan nilai 100

menunjukkan kondisi paling baik. Kelas indeks kondisi perkerasan dapat dilihat pada Tabel 2.4.

Tabel 2.4 Kelas indeks kondisi perkerasan

| Nilai skala PCI | Kelas        |
|-----------------|--------------|
| 85 – 100        | Sangat baik  |
| 70 – 85         | Baik         |
| 55 – 70         | Sedang       |
| 40 – 55         | Jelek        |
| 25 – 40         | Parah        |
| 10 – 25         | Sangat parah |
| 0 – 10          | Hancur       |

Penilaian kondisi permukaan dilakukan secara visual dengan membagi-bagi ruas jalan menjadi beberapa bagian (sampel) kemudian mencatat semua jenis kerusakan yang terdapat pada ruas yang dinilai. Jumlah unit sampel yang dinilai dapat bervariasi yaitu seluruh unit sepanjang seksi atau memilih sejumlah unit sampel yang memberikan tingkat kepercayaan 95%, atau suatu jumlah yang lebih kecil lagi. Metode pengujian selengkapny terdapat pada ASTM D 6433-09 (Standar Practice for road and parking lots pavement condition index surveys) atau Standar Survei indeks kondisi perkerasan jalan raya dan tempat parkir (PUSJATAN, 2013).

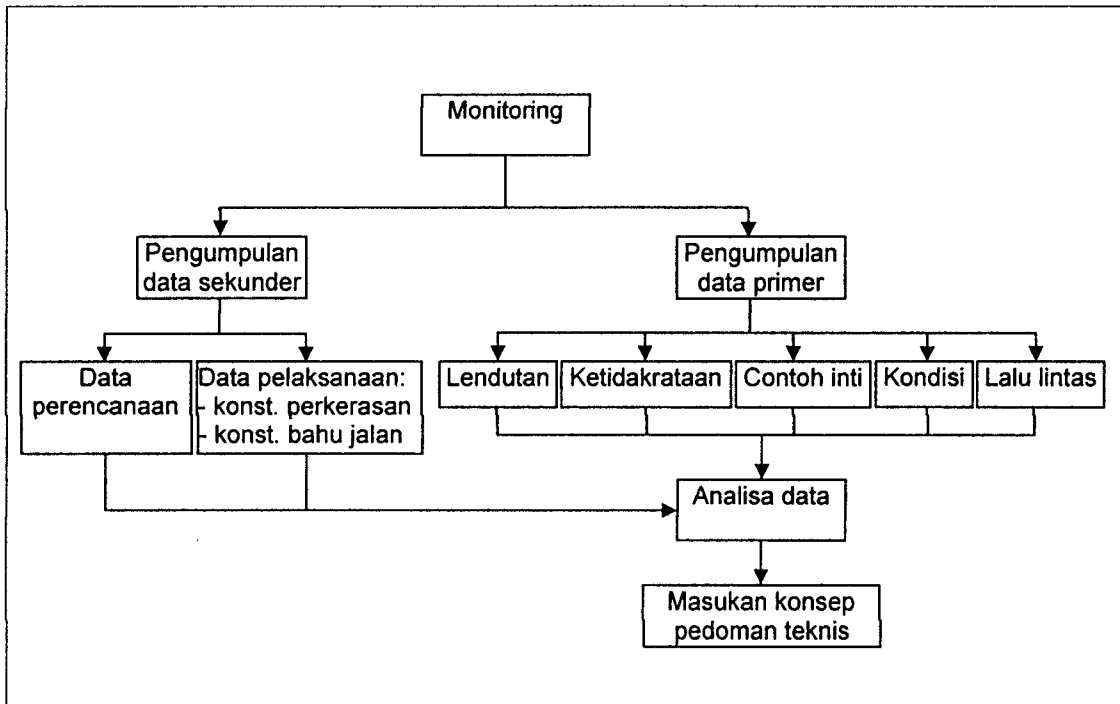
## **HIPOTESIS**

Masa pelayanan konstruksi perkerasan jalan beraspal dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti volume dan berat kendaraan, cuaca, mutu material, kekuatan tanah dasar, badan jalan, drainase dan kualitas dari konstruksi perkerasan tersebut. Pemeliharaan secara teratur dapat memperpanjang usia perkerasan.

## **METODOLOGI PENELITIAN**

Metode yang digunakan untuk mendapatkan data adalah dengan mengadakan pengumpulan data laboratorium dan lapangan, pada pelaksanaan pekerjaan yang telah dilakukan. Bagan alir penelitian dapat dilihat pada Gambar 2.

Penyelidikan lapangan untuk tahap ini meliputi penilaian kondisi visual, ketidakrataan dengan alat NAASRA Roughometer dan pengukuran lendutan dengan Falling Weight Deflectometer (FWD). Pengambilan contoh aspal dengan core drill/blok, serta volume dan beban lalu lintas ulangan akan dilaksanakan pada obeservasi selanjutnya.



Gambar 2. Bagan alir penelitian

## BAB III

### MONITORING KONDISI PERKERASAN

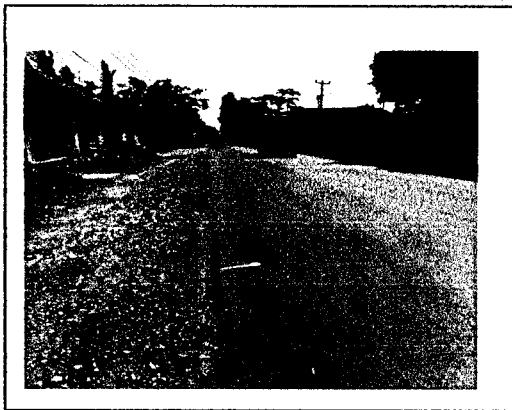
#### 3.1. Observasi lapangan

Sejak tahun 2013 telah dilakukan kegiatan monitoring pada ruas jalan perkerasan dengan lapis fondasi ATPB yang dibangun pada tahun 2012, yang dimaksudkan untuk mengetahui kinerja perkerasan tersebut selama masa pelayanan. Penilaian kinerja fungsional meliputi survai kondisi permukaan perkerasan secara visual, survai kerataan permukaan, sedangkan penilaian kinerja struktural meliputi pengukuran lendutan perkerasan dan pengambilan contoh inti (*core drill*) lapis ATPB.

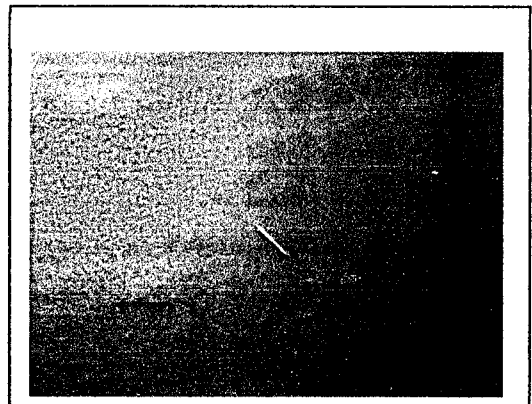
##### 3.1.1. Survai kondisi permukaan perkerasan

Survai penilaian kondisi visual (*pavement condition survey*), dilaksanakan setiap interval @ 10 meter meliputi pengukuran dan penilaian jenis kerusakan yang digolongkan menjadi 4 golongan yaitu retak, deformasi (alur, keriting, ambles, sungkur), cacat permukaan dan cacat tepi perkerasan.

Pengukuran kedalaman alur (*rutting*) dengan alat mistar (*straight-edge*) setiap interval @ 10 meter.



Gbr. 3.1(a) Profil melintang jalan arah Pagaden



Gbr. 3.1(b) Kondisi lapis permukaan

Alur (rutting) terjadi umumnya pada jejak roda kendaraan sebelah kiri dan atau kanan. Hasil pengukuran kedalaman alur pada setiap interval @ 10 meter Sta 164+862 – Sta 164+962 arah Subang pada tahun 2014 (Desember 2014) masih sekitar 3 mm tetapi pada arah Pegaden umumnya sekitar 3 – 8 mm, ada kenaikan kedalaman alur dibandingkan dengan pengukuran pada tahun sebelumnya yaitu 2 – 3 mm (observasi bulan Mei dan Oktober 2013). Kedalaman alur arah ke Pegaden lebih besar dibandingkan arah Pamanukan. Pada arah Pegaden secara visual permukaan beraspal terlihat mengkilat, selimut aspal naik ke permukaan. Diperkirakan hal ini hanya terjadi di permukaan yang diakibatkan homogenitas campuran yang timbul pada saat pencampuran di AMP.

Bahu jalan sedikit lepas2 karena erosi hujan dan drainase (*edge drain*) berfungsi. Pengamatan *edge drain* dilakukan setelah turun hujan, terlihat bahwa air mengalir melalui pipa drainase yang dipasang di tepi perkerasan ke saluran samping bahu jalan. Pada program pemeliharaan data kondisi perkerasan digunakan untuk menentukan jenis dan prioritas penanganan perkerasan. Jenis kerusakan alur yang dalam dapat berkorelasi dengan penyebab kerusakan seperti lemahnya kekuatan fondasi jalan.

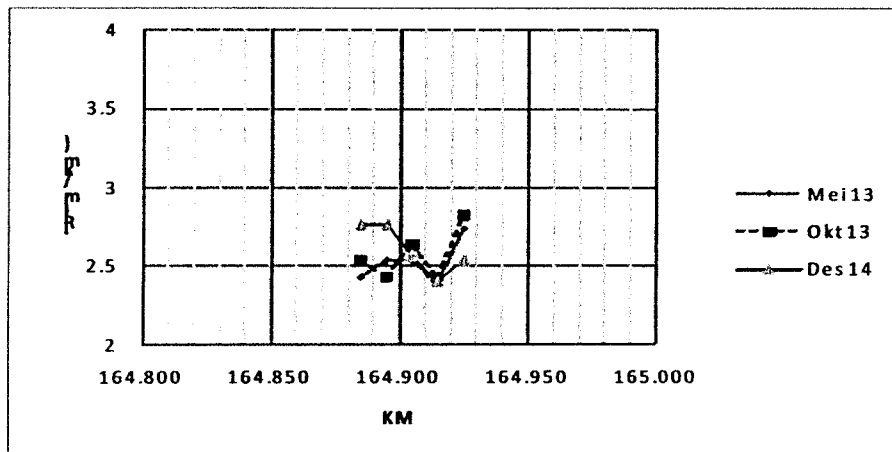
### 3.1.2. Survei ketidak rataan

Survei dilaksanakan dengan alat Naasra-meter, dimaksudkan untuk menilai kondisi ketidak rataan permukaan jalan secara cepat setiap kilometer jalan dari suatu titik referensi atau setiap panjang jalan yang lebih pendek sesuai dengan keperluan observasi. Data survei setiap panjang jalan yang diukur dalam counts/km kemudian di masukkan dalam persamaan kalibrasi yang diperoleh dengan alat dipstick atau lainnya seperti Merlin. Perangkat lunak perhitungan IRI dari alat dipstick adalah IRI level (Alvin, 1990).

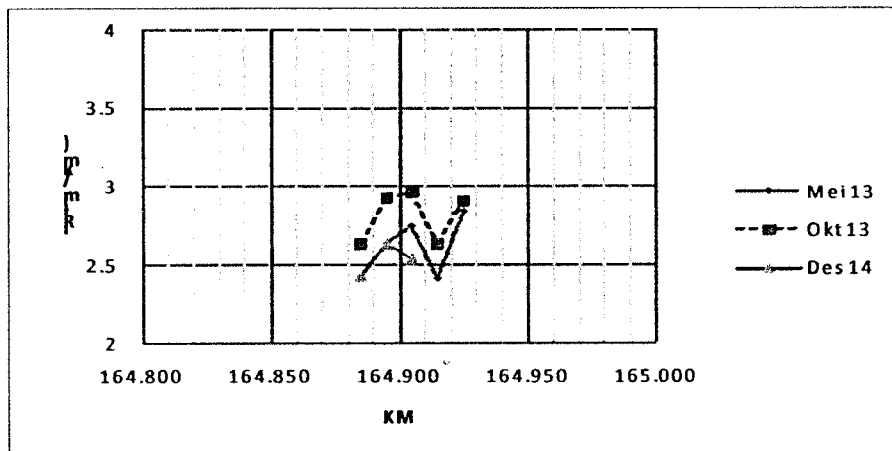
Hasil pengujian kerataan berupa nilai IRI (International Roughness Index) setiap pengukuran disampaikan pada Tabel 3.1 dan Gambar 4a dan 4b.

Tabel 3.1. IRI tahun 2014 dan sebelumnya Mei dan Oktober 2013

| STA     | IRI arah ke SUBANG |              |               | IRI arah ke PAGADEN |              |               |
|---------|--------------------|--------------|---------------|---------------------|--------------|---------------|
|         | Mei 2013           | Oktober 2013 | Desember 2014 | Mei 2013            | Oktober 2013 | Desember 2014 |
| 164.885 | 2.43               | 2.53         | 2,76          | 2.43                | 2.63         | 2.43          |
| 164.895 | 2.53               | 2.43         | 2.76          | 2.63                | 2.92         | 2.63          |
| 164.905 | 2.53               | 2.63         | 2.56          | 2.74                | 2.95         | 2.53          |
| 164.915 | 2.39               | 2.43         | 2.40          | 2.42                | 2.63         | -             |
| 164.925 | 2.73               | 2.82         | 2.53          | 2.83                | 2.90         | -             |



Gambar 4a. IRI arah Subang



Gambar 4b. IRI arah Pagaden

Dari hasil pengukuran kerataan pada tahun 2013 dan 2014 dengan alat NASRAA, nilai IRI setelah uji gelar umumnya antara 2 m/km – 3 m/km relatif kerataan masih baik.

Berdasarkan survei kondisi permukaan dan nilai IRI, besarnya  $PSI_{\text{modifikasi}}$  rata rata tahun 2014 untuk arah Pagaden adalah 3.19 dan arah Subang 3.32 atau kondisi digolongkan baik (kriteria Tabel 2.2).

### 3.1.3. Pengujian lendutan (deflection)

Pengukuran lendutan menggunakan alat Falling Weight Deflectometer dengan memberikan beban pelat dinamik (impuls) pada permukaan perkerasan.

Beban pelat lingkaran diletakkan pada permukaan perkerasan yang akan diuji, kemudian beban pulsa diaplikasikan terhadap pelat melalui beban yang dijatuhkan terhadap system

pegas dari pelat. Energi yang diterima maupun dilepaskan oleh sistem perkerasan akibat beban jatuh atau nilai lendutan yang terjadi dapat diukur oleh 7 buah geophone yang diletakkan pada jarak tertentu sebagai dasar penentuan modulus tiap lapis perkerasan. Alat sejenis, telah dikembangkan di Pusat Penelitian dan Pengembangan Jalan dengan nama Alat Pengukur Kekuatan Jalan (APKJ) dan Alat Pengukur Kekuatan Jalan Portabel (APKJP). APKJP khususnya diperuntukkan untuk mengukur lendutan pada perkerasan dengan volume lalu lintas rendah, beraspal maupun jalan tidak beraspal (Siegfred, 2014)

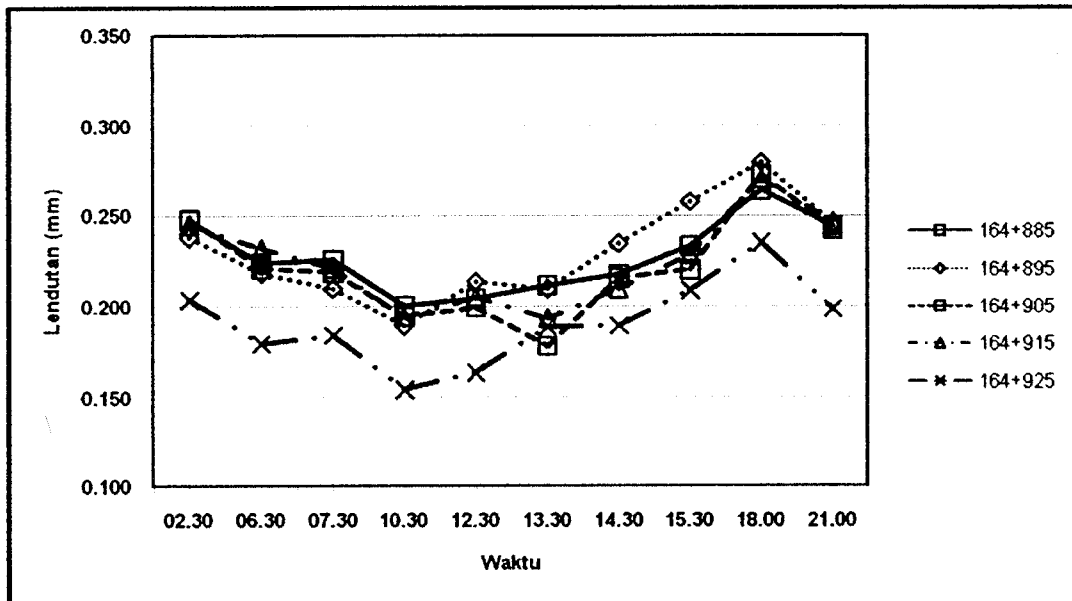
Pengujian lendutan dengan FWD dilaksanakan dengan interval @ 10 meter zig-zag.

Pengujian dilakukan pada titik2 yang sama pada jam 02.30, 06.30, 07.30, 10.30, 12.20, 13.30, 14.30, 15.30, 18.00, 21.00.



Gambar 5. Pengujian lendutan dengan alat FWD arah ke Subang

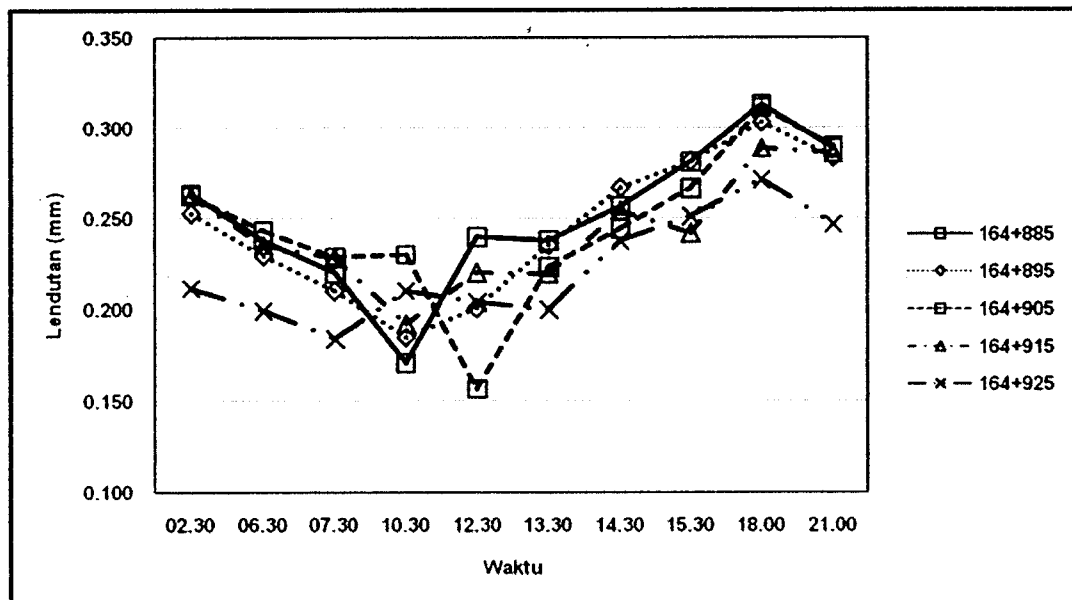
Hasil pengujian lendutan seperti disampaikan pada grafik lendutan pada Gambar 6a, 6a', 6b, 6b', 6c dan 6c'.



Gambar 6a. Lendutan FWD Arah Subang (pengujian Mei 2013)

Gambar 6a menunjukkan perilaku dan besar lendutan untuk 5 titik pengujian arah Subang yang dilaksanakan pada interval waktu selama 18,5 jam dari jam 02.30 hingga jam 21 yang dilaksanakan pada bulan Mei 2013, sedangkan Gambar 6a' merupakan perilaku dan besar lendutan untuk 5 titik pengujian arah Subang pengujian bulan Oktober 2013.

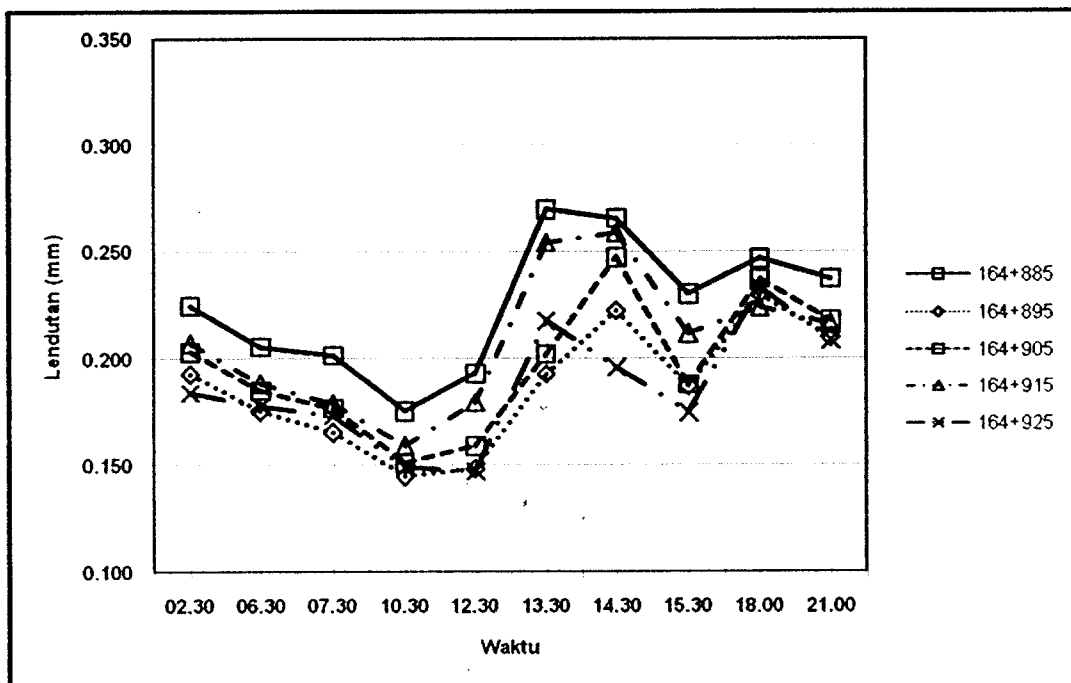
Lendutan rendah terjadi sekitar jam 10 - jam 12.30, kemudian lendutan cenderung naik hingga mencapai puncaknya pada sekitar jam 18.00, selanjutnya menurun hingga jam 21.00 dan diperkirakan tidak banyak berubah hingga jam 02.30 keesokan harinya. Perilaku lendutan ini serupa untuk lendutan arah Subang pada pengujian bulan Oktober.



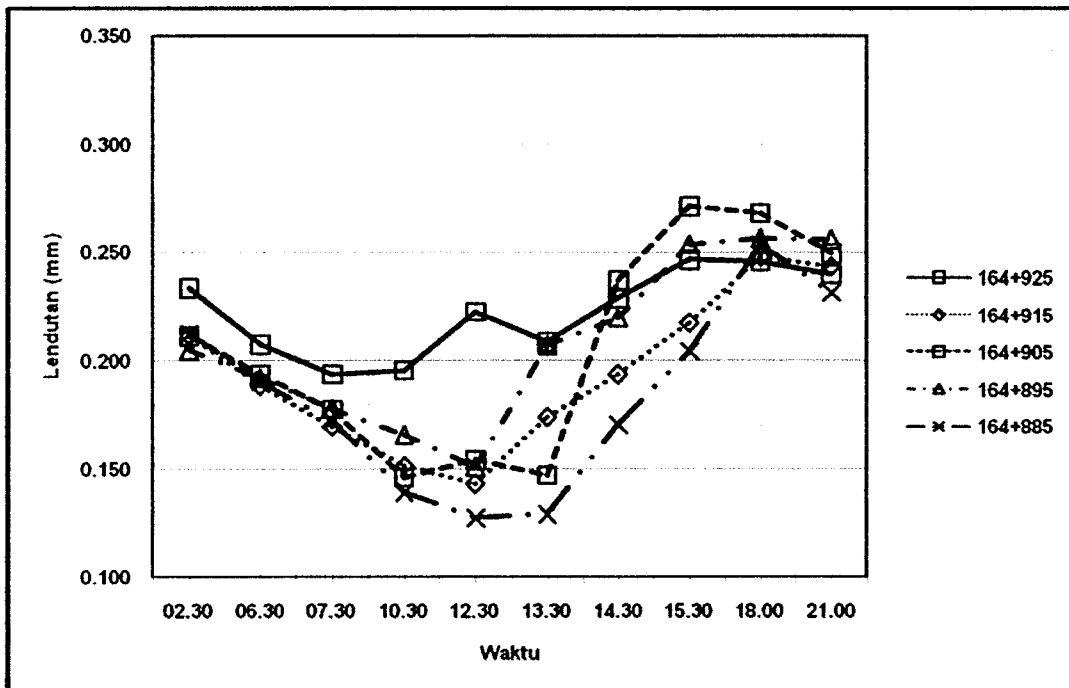
Gambar 6a'. Lendutan FWD Arah Subang (pengujian Oktober 2013)

Gambar 6b menunjukkan perilaku dan besar lendutan untuk 5 titik pengujian arah Pegaden yang dilaksanakan pada interval waktu selama 18,5 jam dari jam 02.30 hingga jam 21 yang dilaksanakan pada bulan Mei 2013, sedangkan Gambar 6b' merupakan perilaku dan besar lendutan untuk 5 titik pengujian arah Pagaden.

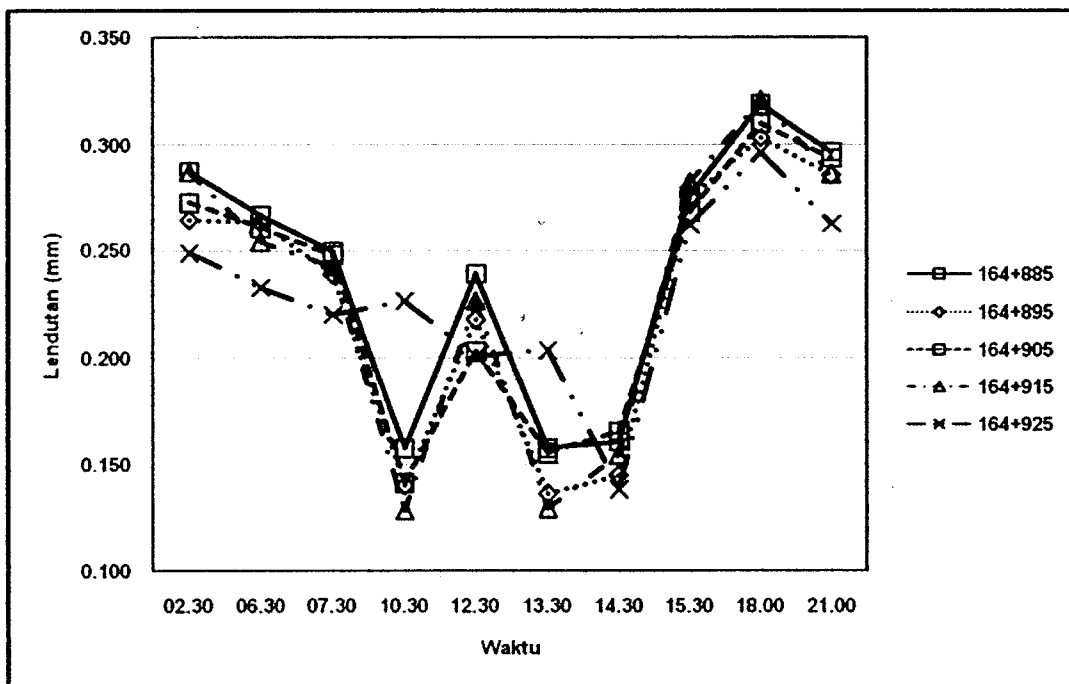
Lendutan rendah terjadi sekitar jam 10 - jam 12.30, tidak seperti halnya lendutan arah Subang, lendutan cenderung naik hingga mencapai puncaknya pada sekitar jam 13.30, selanjutnya menurun hingga jam 21,00 dan diperkirakan tidak banyak berubah hingga jam 02.30 keesokan harinya. Perilaku lendutan ini berbeda untuk lendutan arah Pegaden pada pengujian bulan Oktober 2013. Perilaku lendutan arah ini serupa dengan lendutan arah Subang pengujian bulan Mei maupun Oktober 2013.



Gambar 6b. Lendutan FWD Arah Pegaden (pengujian Mei 2013)



Gambar 6b'. Lendutan FWD Arah Pegaden (pengujian Oktober 2013)

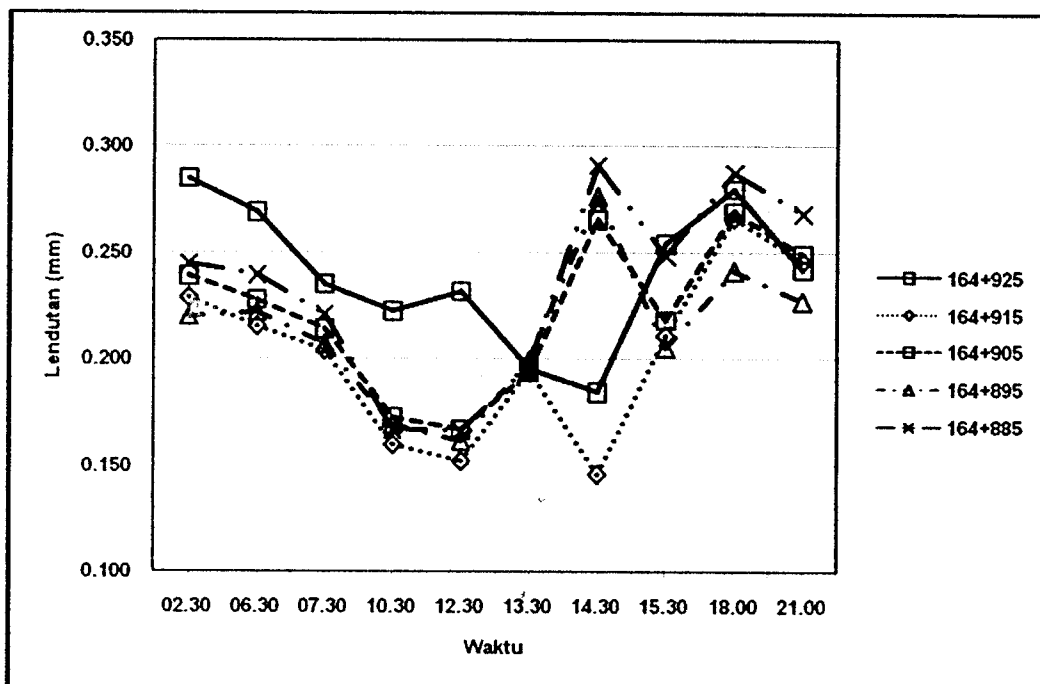


Gambar 6c. Lendutan FWD Arah Subang (pengujian Agustus 2014)

Gambar 6c menunjukkan perilaku dan besar lendutan untuk 5 titik pengujian arah Subang yang dilaksanakan pada interval waktu selama 18,5 jam dari jam 02.30 hingga

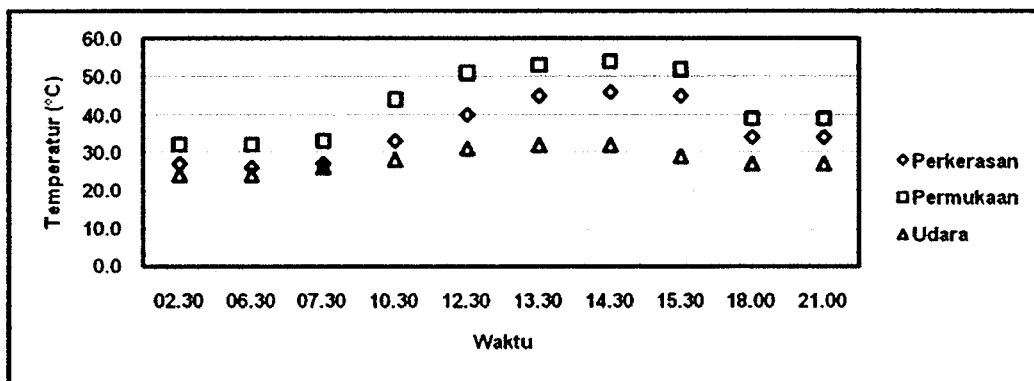
jam 21 yang dilaksanakan pada bulan Agustus 2014, sedangkan Gambar 6c' merupakan perilaku dan besar lendutan untuk 5 titik pengujian arah Pegaden pada pengujian bulan yang sama.

Gambar 6c' menunjukkan lendutan rendah terjadi sekitar jam 10.30, kemudian lendutan cenderung naik pada jam 12.30 sebelum turun lagi pada jam 13.30 dan naik lagi hingga mencapai puncaknya pada sekitar jam 18.00, selanjutnya menurun hingga jam 21.00 dan diperkirakan tidak banyak berubah hingga jam 02.30 keesokan harinya. Perilaku lendutan yang hampir serupa ditunjukkan pada Gambar 6c' untuk lendutan arah Pegaden kecuali pada pengujian jam 12.30 yang cenderung turun sebelum naik lagi.

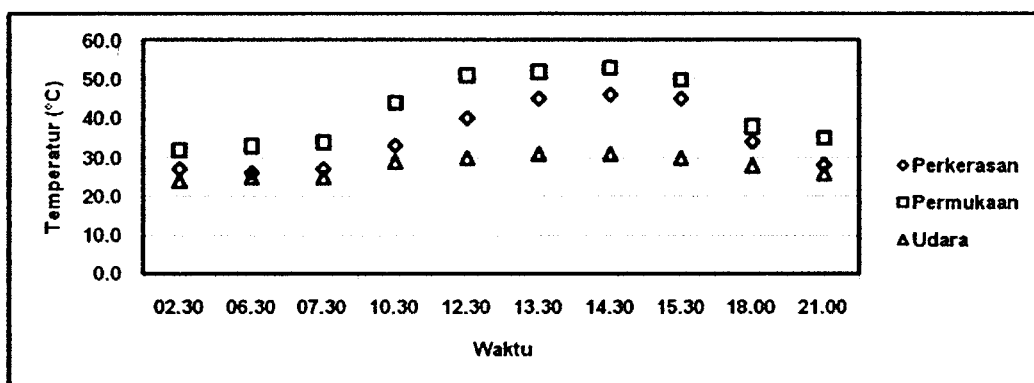


Gambar 6c'. Lendutan FWD Arah Pegaden (pengujian Agustus 2014)

Gambar 7a dan 7b menunjukkan temperatur udara, permukaan dan perkerasan pada saat dilaksanakan pengujian pada arah Subang maupun Pegaden. Temperatur cenderung lebih tinggi pada jam 10.30 hingga jam 18.00 dibandingkan jam sebelum atau sesudahnya.



Gambar 7a. Temperatur arah Subang (Mei 2013)



Gambar 7b. Temperatur arah Pegaden (Mei 2013)

Memperhatikan gambar-gambar lendutan yang terjadi, dapat dinyatakan bahwa temperatur perkerasan pada saat pengujian mempengaruhi besarnya lendutan yang terjadi. Perubahan temperatur yang terjadi semasa pelayanan juga akan mempengaruhi penuaan lapisan aspal.

### 3.1.4 Pengambilan contoh inti

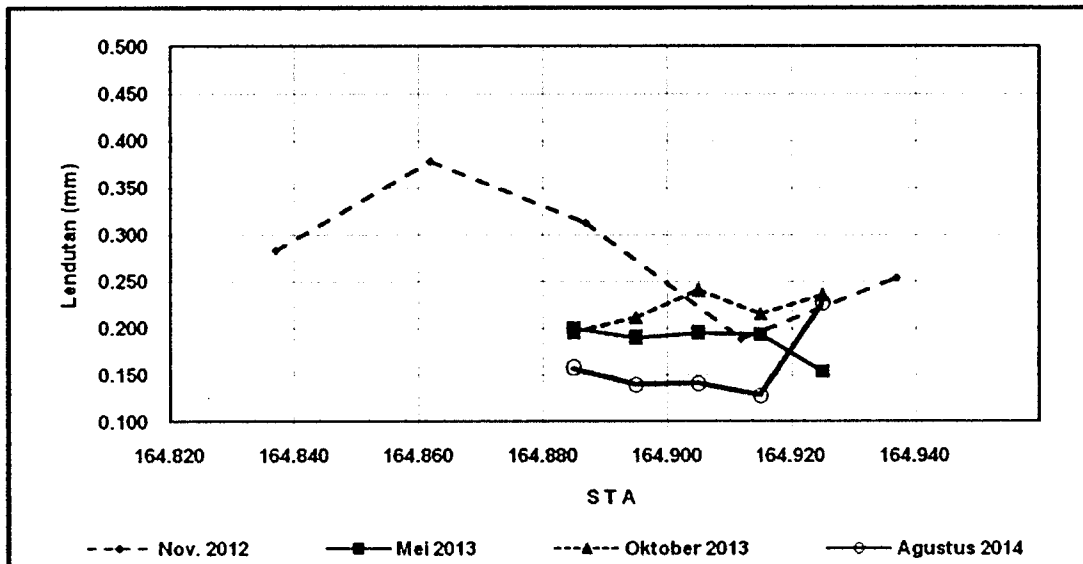
Pengambilan contoh inti untuk pengujian nilai VIM dilakukan pada lokasi trial ATPB sebelum uji gelar yang sering dilewati oleh kendaraan truk pengangkut bahan dan campuran beton aspal dari dan ke Asphalt Mixing Plant. Nilai VIM setelah hamparan berusia sekitar 2 tahun adalah 12%. Nilai tersebut sama dengan nilai VIM rencana pada waktu uji gelar.

### 3.2. Pembahasan

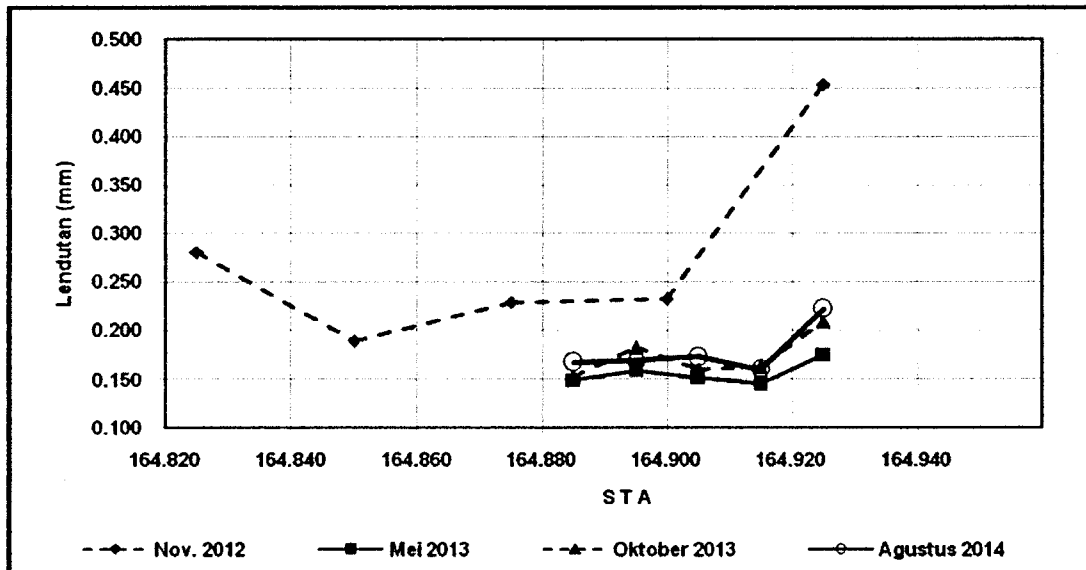
- Hasil pengukuran kedalaman alur (rutting) Sta 164+862 – Sta 164+962 arah Subang masih sekitar 3 mm namun arah Pegaden umumnya sekitar 3 – 8 mm. Pada arah Pegaden ini secara visual permukaan beraspal terlihat mengkilat, selimut aspal naik ke

permukaan. Diperkirakan masalah tersebut hanya terjadi dipermukaan dan dapat dinyatakan bahwa perkerasan setelah berumur sekitar 2 tahun belum terjadi deformasi pada lapisan ATPB.

- Kerataan permukaan perkerasan yang digambarkan dengan nilai IRI < 3 km/m yang menyatakan kerataan masih baik.
- Besar lendutan yang terjadi relatif kecil. Tidak terjadi perubahan nilai lendutan yang besar antara pengukuran pada musim kemarau dan musim penghujan. Secara teoritis umur sisa pelayanan perkerasan > 10 tahun. Lendutan pada lokasi percobaan dapat dilihat pada Gambar 8a dan 8b.



Gambar 8a. Perubahan lendutan sebelum dan sesudah lapis tambahan ATPB, lajur jalan Arah Subang (pengujian jam 10.30).



Gambar 8b. Perubahan lendutan sebelum dan sesudah lapis tambahan ATPB, lajur jalan Arah Pegaden (pengujian jam 10.30)

#### Drainase tepi (edge drain)

Sumber air yang harus dikeluarkan yang masuk ke dalam lapis ATPB utamanya berasal dari infiltrasi air ke perkerasan.

Aliran air yang masuk ke perkerasan dapat dihitung dengan metode infiltrasi retak atau infiltrasi rasio (FHWA, 1990) seperti persamaan berikut ini :

$$Q_i = L_c \left[ \frac{N_c}{W} + \frac{W_c}{W C_s} \right] + k_p$$

Keterangan :

$Q_i$  = infiltrasi air ke dalam perkerasan (m<sup>3</sup>/hari/m<sup>2</sup>)

$L_c$  = laju infiltrasi retak (m<sup>3</sup>/hari/m)

$N_c$  = jumlah retak longitudinal

$W_c$  = panjang sambungan melintang atau memanjang retakan yang berkontribusi terhadap infiltrasi (m)

$W$  = lebar lapis permeable

$C_s$  = spasi sambungan melintang atau spasi retakan yang berkontribusi terhadap infiltrasi (m)

$k_p$  = permeabilitas perkerasan (m/hari)

Berdasarkan FHWA :

$$L_c = 0,223 \text{ m}^3/\text{hari}/\text{m}$$

Untuk perkerasan baru,  $N_c = N+1$ ,  $N$  adalah jumlah lajur jalan,

Untuk perkerasan kaku baru, Cs = sambungan melintang

Untuk perkerasan lentur baru, Cs = 40 feet = 12 m

Besarnya infiltrasi air ke perkerasan dihitung dengan rumus:

$$Q_i = C.R.F$$

Keterangan :

Qi = infiltrasi air ke perkerasan (m3/hari/m2)

C = rasio infiltrasi,

Untuk perkerasan kaku C = 0,5 sampai 0,67

Untuk perkerasan beton aspal C = 0,3 sampai 0,5

R = curah hujan (mm/jam), disarankan menggunakan durasi 1 jam dengan frekuensi 2 tahun.

F = faktor konversi = 0,24 untuk curah hujan dengan satuan mm/jam

#### Analisa harga satuan

Analisa harga satuan didasarkan pada Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No. 11/PRT/M/2013 tentang pedoman analisis harga satuan pekerjaan bidang pekerjaan umum, dalam pembuatan HPS (Harga Perkiraan Sendiri) atau Engineering/Ownre's Estimate (EE/OE) untuk campuran ATPB. Dalam pedoman tersebut telah dimasukkan koefisien bahan yang dapat dipilih dalam suatu rentang, faktor efisiensi alat, waktu kerja alat berat, serta bahan bakar untuk memanaskan aspal di Unit Pencampur Aspal.

Besarnya harga satuan ATPB dalam kajian ini hanya sebagai ilustrasi jika dibandingkan dengan campuran AC base dan tidak mewakili kondisi untuk seluruh Indonesia. Perbedaan perhitungan harga satuan ATPB dan AC base terutama pada penggunaan bahan seperti kadar aspal, agregat kasar dan agregat halus. Pada perhitungan ini kadar aspal optimum hasil perencanaan campuran untuk ATPB sebesar 4,0% dan AC base 5%, menggunakan aspal jenis pen 60 dan pada VIM min 12%. Besarnya harga satuan sudah termasuk overhead dan profit 10 %. Resume besarnya harga satuan pekerjaan dapat dilihat pada Tabel 3.2. Harga satuan ATPB per ton campuran terhampar 92,80 % lebih murah dibandingkan AC base.

Tabel 3.2. Perbandingan harga satuan ATPB dengan AC base

| No. | Komponen                              | ATPB (Rp.) | AC base (Rp.) |
|-----|---------------------------------------|------------|---------------|
| A.  | Jumlah harga tenaga                   | 1.081,41   | 1.081,41      |
| B.  | Jumlah harga bahan                    | 413.378,03 | 477.121,48    |
| C.  | Jumlah harga peralatan                | 395.092,16 | 394.202,18    |
| D.  | Jumlah harga tenaga, bahan, peralatan | 809.551,60 | 872.405,08    |

|    |                                |            |              |
|----|--------------------------------|------------|--------------|
|    | (A+B+C)                        |            |              |
| E. | Overhead & profit 10% x D      | 121.432,74 | 130.860,76   |
| F. | Harga satuan pekerjaan (D + E) | 930.984,34 | 1.003.265,84 |

Harga satuan pada Tabel 3.2 tidak termasuk pekerjaan drainase tepi (*edge drain*) yang diperlukan pada konstruksi ATPB maupun pekerjaan drainase untuk AC base.

### Sifat campuran

Tipikal perbandingan sifat campuran ATPB dan AC base dapat dilihat pada Tabel 3.3.

Tabel 3.3. Perbandingan sifat ATPB dengan AC base

| No. | Parameter                             | ATPB    | AC base |
|-----|---------------------------------------|---------|---------|
| 1   | Gradasi agregat                       | terbuka | menerus |
| 2   | Ukuran maksimum agregat, inci         | 1 ½     | 1 ½     |
| 3   | Kadar aspal, %                        | 4       | 5       |
| 4   | VIM, %                                | 12      | 4,6     |
| 5   | Stabilitas Marshall (diameter 6"), kg | 1500    | 1937    |
| 6   | Resilient Modulus UMATA, MPa          | 1745    | 2941    |
| 7   | Wheel Tracking (WTR)                  | **      | ***     |
| 8   | Koefisien relative *)                 | 0,26    | 0,32    |

Catatan :

\*) koefisien relative didasarkan pada nilai resilient modulus UMATA dengan data yang terbatas dan gambar hubungan structural coefficient (a<sub>2</sub>) dengan modulus AASHTO (1993).

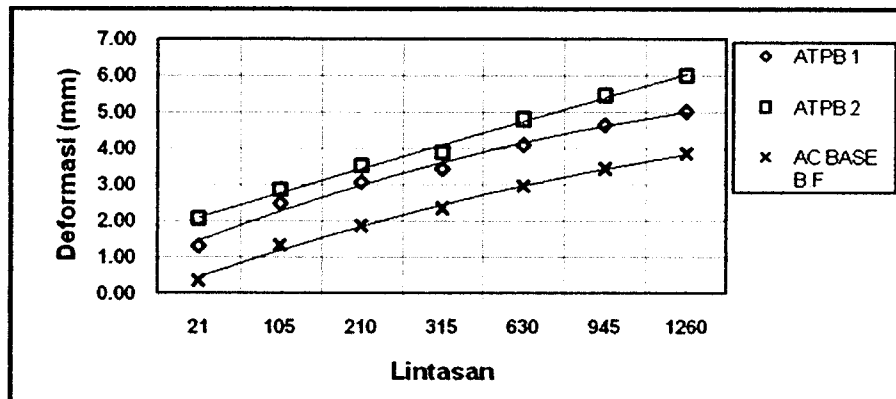
### Alur (rutting)

Penilaian terhadap Indikasi terjadinya alur diuji dengan Wheel Tracking Machine dan untuk agregat lebih besar 1 inci, ketebalan benda uji dibuat 10 cm (biasanya 5 cm untuk agregat < 1 inci). Cetakan yang ada pada alat WTM saat ini dimodifikasi dengan cetakan tebal 10 cm dengan dimensi panjang dan lebar sama dengan yang ukuran 5 cm. Hasil pengujian alur ditunjukkan pada Tabel 3.4.

Tabel 3.4. Hasil pengujian alur dengan menggunakan WTM

| Lintasan       | 21   | 105  | 210  | 315  | 630 | 945  | 1260 |
|----------------|------|------|------|------|-----|------|------|
| Deformasi (mm) | 1.31 | 2.48 | 3.07 | 3.44 | 4.1 | 4.65 | 5.02 |

Dengan memperhatikan hasil pengujian pada Tabel 3.4 didapat nilai stabilitas dinamis ATPB sebesar 1730 lintasan/mm.



Gambar 9. Hubungan jumlah lintasan Vs deformasi pada uji WTM

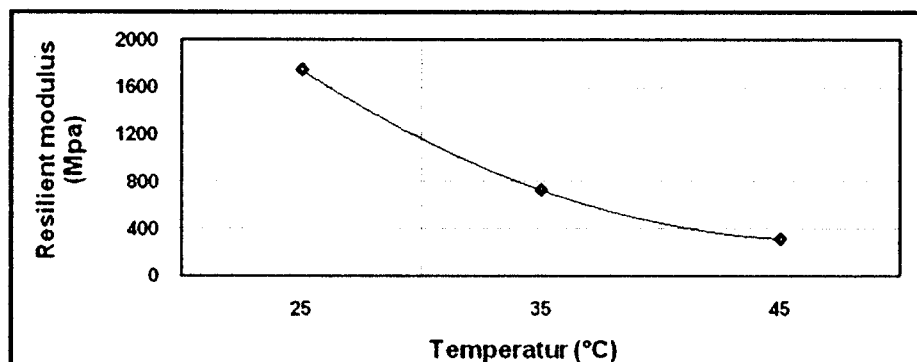
Gambar 9 memperlihatkan hubungan antara jumlah lintasan dengan deformasi alat WTR. Deformasi campuran ATPB umumnya lebih besar dibandingkan AC base. Diperkirakan karena ketebalan benda uji yang digunakan cukup tebal yaitu 10 cm maka deformasi awal akan cepat terjadi sebelum campuran mencapai tingkat kepadatan yang tetap.

#### Kekakuan campuran beraspal (Resilient modulus)

Pengujian kekakuan campuran beraspal dilakukan dengan menggunakan alat UMMATA terhadap benda uji diameter 6 inci dan 2x75 tumbukan pada variasi temperatur, ditunjukkan pada Tabel 3.5. Hubungan resilient modulus dengan variasi temperatur ditunjukkan pada Gambar 10.

Tabel 3.5. Hasil pengujian resilient modulus ATPB

| Temperatur (°C)         |           | 25     | 35    | 45  |
|-------------------------|-----------|--------|-------|-----|
| Resilient modulus (Mpa) | 1         | 1751   | 722   | 309 |
|                         | 2         | 1738   | 741   | 321 |
|                         | Rata-rata | 1744.5 | 731.5 | 315 |



Gambar 10. Hubungan resilient modulus ATPB dengan variasi temperatur

Gambar 10 menunjukkan hubungan antara besarnya Resilient modulus dengan temperatur pengujian. Nilai resilient modulus pada temperatur 25°C sekitar 1745 MPa, nilai ini menurun dengan makin naiknya temperatur.

## **BAB VI**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **4.1. Kesimpulan**

##### **Kinerja perkerasan setelah pelaksanaan**

Pada usia sekitar 2 tahun, kedalaman alur permukaan perkerasan dengan fondasi ATPB arah Subang sekitar 3 mm dan arah Pegaden 3 – 8 mm, permukaan aspal perkerasan terlihat mengkilat dan lendutan relatif kecil antara 0,15 mm – 0.20 mm. PSI modifikasi rata rata tahun 2014 untuk arah Pegaden adalah 3.19 dan arah Subang 3.36 atau kondisi digolongkan baik.

Tidak terjadi deformasi pada konstruksi ini, lendutan perkerasan relatif kecil, secara teoritis umur sisa pelayanan perkerasan > 10 tahun. sehingga diprediksi campuran ATPB cukup kuat dan berfungsi untuk diaplikasikan sebagai lapis fondasi pada jalan ini.

Nilai VIM campuran ATPB selama masa pelayanan masih 12% sesuai rencana awal pelaksanaan uji gelar.

Harga satuan campuran ATPB per ton terhampar lebih rendah 92,80% dibandingkan dengan campuran AC Base.

Koefisien relative ATPB sekitar 0,26 lebih rendah dibandingkan dengan AC Base 0,32 (tipikal).

#### **4.2. Saran**

##### **Persyaratan campuran**

Perancangan campuran ATPB agar ditentukan berdasarkan persyaratan campuran yang telah didiskusikan hingga tingkat Pantap (Panitia Penetapan) seperti pada Tabel 4.

Tabel 4.1. Persyaratan campuran ATPB

| Sifat-sifat campuran                                   | Standar                        | Persyaratan <sup>2)</sup> |
|--------------------------------------------------------|--------------------------------|---------------------------|
| Jumlah tumbukan per bidang                             |                                | 75                        |
| Kadar aspal, %                                         |                                | 3,1 – 4,7                 |
| Rongga dalam campuran (VIM), %                         | AASHTO M 323-12                | Min. 12                   |
| Stabilitas Marshall, kg                                | ASTM D 5581-07a                | Min. 1200                 |
| Pelelehan, mm                                          | ASTM D 5581-07a                | 3 – 5                     |
| <i>Tensile Strength Ratio</i> (TSR) , %                | AASHTO T 283-07 <sup>(1)</sup> | Min. 70                   |
| Pengaliran aspal ( <i>Draindown</i> ), %               | AASHTO T 305-99                | < 0,3                     |
| Rasio VCA <sub>MIX</sub> dengan VCA <sub>DRC</sub> (%) | AASHTO R 46-08                 | < 1                       |
| Permeabilitas, m/hari (opsional)                       | SNI 2435 : 2008                | Min. 95                   |

Catatan :

- (1) Untuk mendapatkan *Tensile Strength Ratio* (TSR) sesuai prosedur AASHTO T 283-07 tetapi tanpa pengondisian ( $-18 \pm 3$ )°C , diuji pada VIM rencana.
- (2) Persyaratan campuran berdasarkan untuk ukuran agregat maksimum dari 25,4 mm (1 inci) sampai dengan 38 mm (1,5 inci). Pengujian parameter Marshall menggunakan silinder diameter 6 inci.

Saran penggunaan ATPB : Pertemuan alignment vertical cekung, peninggian, long life pavement

## Daftar Pustaka

1. Djoko Widajat ( 2006). **Laporan Perencanaan, Pengawasan Kajian Teknis Perkerasan Caruban Ngawi**. PUSJATAN, Badan Litbang Pekerjaan Umum . Bandung.
2. .Departemen Pekerjaan Umum dan Japan International cooperation Agency (unknown). **Teknik evaluasi kinerja perkerasan lentur**. Departemen Pekerjaan Umum, Badan Penelitian dan Pengembangan, Pusat penelitian dan Pengembangan Prasarana Transportasi.
3. Read. J and Whiteoak D. (2003). **The Shell Bitumen Handbook**.Fourth edition, Whiteoak,D,Shell bitumen UK,Chersey,1990. ISBN: 0 7277 3220 X.
4. **Pavement Design Guide to the Structure of Pavement**, AUSTROADS, Sydney Australia, 1997.
5. Djoko Widajat ( 2012). **Laporan *Open graded friction course* dan *asphalt treated permeable base***, PUSJATAN, Badan Litbang Pekerjaan Umum . Bandung..
6. Kementerian Pekerjaan Umum (2014). **Perencanaan teknis dan pelaksanaan drainase bawah permukaan yang menggunakan geotekstil**. Badan Penelitian dan Pengembangan, Pusat penelitian dan Pengembangan Prasarana Transportasi



**LAPORAN AKHIR  
TAHUN 2014**

**Monitoring dan Evaluasi Teknologi  
Perkerasan Lentur**

**Penggunaan agregat Sub standar  
Manado dan Papua**



**KEMENTERIAN PEKERJAAN UMUM  
BADAN PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN  
PUSAT PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN JALAN DAN JEMBATAN**

Jl. A.H. Nasution No 264 P.O. BOX 2 Bandung 40294 Indonesia Telp (022) 7802251 Fax (022) 7802726 email: [pusjatan@pusjatan.pu.go.id](mailto:pusjatan@pusjatan.pu.go.id)

## Daftar Isi

|                                                                                      | Halaman |
|--------------------------------------------------------------------------------------|---------|
| Daftar isi                                                                           | ii      |
| Daftar Tabel                                                                         | iii     |
| Daftar Gambar                                                                        | iv      |
| Daftar Lampiran                                                                      | v       |
| <br>BAB I PENDAHULUAN                                                                |         |
| 1.1. Tujuan                                                                          | 1       |
| 1.2. Lingkup studi                                                                   | 1       |
| <br>BAB II UJI COBA PENGGUNAAN AGREGAT MANADO DAN PAPUA                              |         |
| 2.1. Uji Coba Penanganan Agregat Substandar Dengan Teknik <i>Precoated</i> di Manado | 2       |
| 2.2. Uji Coba Penanganan Agregat Substandar Dengan Teknik <i>Precoated</i> di Papua  | 4       |
| <br>BAB III EVALUASI KINERJA HASIL UJI GELAR PENGGUNAAN AGREGAT SUBSTANDAR           |         |
| 3.1. Evaluasi Kinerja Hasil Uji Gelar Penggunaan Agregat Substandar di Manado        | 7       |
| 3.2. Evaluasi Kinerja Hasil Uji Gelar Penggunaan Agregat Substandar di Papua         | 13      |
| <br>BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN                                                      |         |
| 4.1. Kesimpulan                                                                      | 17      |
| 4.3. Saran                                                                           | 17      |

## Daftar Tabel

|           | Halaman                                                                                                                                                           |
|-----------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Tabel 1.  | Sifat Agregat Manado 2                                                                                                                                            |
| Tabel 2.  | Sifat Aspal yang Digunakan 3                                                                                                                                      |
| Tabel 3   | Sifat Campuran AC – WC Agregat Substandar Manado pada KAO-nya 8                                                                                                   |
| Tabel 4.. | Sifat fisik Agregat Biak – Papua 5                                                                                                                                |
| Tabel 5.  | Sifat Aspal Pen 60 yang Digunakan di Segmen Percobaan di Papua 5                                                                                                  |
| Tabel 6.  | Sifat Campuran yang Digunakan di Segmen Percobaan di Papua pada KAO (6%) 6                                                                                        |
| Tabel 7.  | Jenis dan Kuantitas Kerusakan Segmen Percobaan di Manado, Umur 18 Bulan 8                                                                                         |
| Tabel 8   | Sifat Campuran AC-WC Menggunakan Agregat Substandar Manado, Umur 18 Bulan 9                                                                                       |
| Tabel 9   | Rasio Penurunan Modulus Kekakuan Campuran Percobaan di Manado Umur 18 Bulan 10                                                                                    |
| Tabel 10  | Penurunan Nilai Penetrasi Aspal Akibat Penuaan Jangka Panjang Campuran Beraspal yang Menggunakan <i>Treated</i> dan <i>Untreated</i> Agregat Substandar Manado 11 |
| Tabel 11  | Hasil Analisa Tegangan dan Regangan Struktur Perkerasan Segmen Jalan Percobaan di Manado Menggunakan Program Kenlayer 12                                          |
| Tabel 12  | Jenis dan Kuantitas Kerusakan Segmen percobaan HRS-WC Menggunakan Agregat Substandar Papua, Umur 20 Bulan 13                                                      |
| Tabel 13. | Sifat Campuran HRS-WC Menggunakan Agregat Substandar Papua, Umur 20 Bulan 14                                                                                      |
| Tabel 14  | Sensitifitas Perubahan Modulus Kekakuan Campuran Percobaan di Papua Akibat Perubahan Temperatur 15                                                                |

## Daftar Gambar

|           |                                                                                                                                                                | Halaman |
|-----------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|
| Gambar 1. | Perubahan Modulus Campuran Beraspal dari Agregat Substandar Manado Akibat Penuaan Jangka Panjang                                                               | 3       |
| Gambar 2. | Penurunan Nilai Penetrasi Aspal Akibat Penuaan Jangka Panjang Campuran Beraspal yang Menggunakan <i>Treated</i> dan <i>Untreated</i> Agregat Substandar Manado | 12      |
| Gambar 3. | Ilustrasi Struktur Perkerasan Segmen Jalan Percobaan di Manado                                                                                                 | 12      |
| Gambar 4. | Perubahan Modulus Campuran Beraspal dari Agregat Substandar Papua Akibat Perubahan Temperatur                                                                  | 15      |
| Gambar 5. | Penurunan Nilai Penetrasi Aspal Akibat Penuaan Jangka Panjang Campuran Beraspal Agregat Substandar Papua Akibat Bahan Tambah pada Aspal                        | 16      |

## Daftar Lampiran

|                   |                                                                                                                | Halaman |
|-------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|
| <b>LAMPIRAN-1</b> | <b>DOKUMENTASI KEGIATAN SURVEY LAPANGAN<br/>MONITORING PENGGUNAAN AGREGAT SUBSTANDAR DI<br/>SULAWESI UTARA</b> | 18      |
| Gambar L-1.1      | Lokasi Uji Coba Penggunaan Agregat Substandar di Sulawesi Utara                                                | 18      |
| Gambar L-1.2      | Lokasi Segmen Uji Coba CCA                                                                                     | 18      |
| Gambar L-1.3      | Lokasi Segmen Uji Coba ECA                                                                                     | 19      |
| Gambar L-1.4      | Lokasi Segmen Kontrol                                                                                          | 19      |
| Gambar L-1.5      | Tekstur Permukaan Lapis Beraspal dengan CCA                                                                    | 20      |
| Gambar L-1.6      | Tekstur Permukaan Lapis Beraspal dengan ECA                                                                    | 20      |
| Gambar L-1.7      | Tekstur Permukaan Lapis Beraspal Kontrol                                                                       | 21      |
| Gambar L-1.8      | Pengambilan Benda Uji Inti pada Segmen Uji Coba CCA                                                            | 21      |
| Gambar L-1.9      | Pengambilan Benda Uji Inti pada Segmen Uji Coba ECA                                                            | 22      |
| Gambar L-1.10     | Penyiapan Campuran Beraspal untuk Penutupan Lubang                                                             | 22      |
| Gambar L-1.11     | Penutupan Lubang Bekas Pengambilan Benda Uji Inti                                                              |         |
| <b>LAMPIRAN-2</b> | <b>POSISI PENGAMBILAN SAMPEL</b>                                                                               | 24      |
| <b>LAMPIRAN-3</b> | <b>DOKUMENTASI KEGIATAN SURVEY LAPANGAN<br/>MONITORING PENGGUNAAN AGREGAT SUBSTANDAR<br/>DI PAPUA</b>          | 25      |
| Gambar L-3.1      | Lokasi Segmen Uji Coba Menggunakan <i>Anti-Stripping</i>                                                       | 25      |
| Gambar L-3.2      | Lokasi Segmen Uji Menggunakan 0.1% Surfaktan                                                                   | 25      |
| Gambar L-3.3      | Lokasi Segmen Uji Coba 0.15% Surfaktan                                                                         | 26      |
| Gambar L-3.4      | Contoh Uji Hasil Core Drill Pada Segmen dengan 0.15% Surfaktan                                                 | 26      |

# BAB I

## PENDAHULUAN

Sebagai kelanjutan penelitian penggunaan agregat substandar di laboratorium, pada tahun 2013 dilakukan percobaan skala terbatas penggunaan agregat substandar pada skala lapangan. Percobaan ini bertujuan untuk mengetahui kinerja penggunaan agregat substandar sebagai bahan untuk campuran beraspal. Pada segmen jalan percobaan dihampar campuran beraspal yang menggunakan agregat substandar yang terlebih dahulu di-*treatment* dan yang tidak di-*treatment* atau yang tidak dan yang menggunakan bahan tambah pada aspalnya. Subsegmen dimana campuran beraspalnya menggunakan agregat substandar yang tidak di-*treatment* digunakan sebagai control untuk melihat pengaruh dari *treatment* yang diberikan terhadap kinerja lapis beraspalnya.

Percobaan skala terbatas ini dilakukan di dua lokasi, yaitu Manado dan Papua. *Treatment* agregat substandar yang dilakukan di Manado Berbeda dengan yang dilakukan di Papua. Hal ini disebabkan karena adanya perbedaan sifat dari agregat substandar yang digunakan. Di Manado, agregat substandarnya di-*treatment* dengan menggunakan teknik penyelimutan semen dan aspal emulsi, sedangkan di Papua menggunakan teknik penurunan tegangan permukaan aspal.

### 1.1. Tujuan

Tujuan dari studi ini untuk melihat sejauh mana keefektifan intervensi, *treatment* ataupun penggunaan anti *stripping* yang dilakukan pada agregat substandar dari Manado dan Papua yang digunakan sebagai bahan untuk campuran beraspal pada segmen percobaan akibat kondisi lingkungan dan lalu lintas.

### 1.2. Lingkup Studi

Pada studi ini, evaluasi kinerja lapisan beraspal yang menggunakan agregat substandar dari Manado dan Papua dilakukan dengan melihat kondisi permukaan jalan masing-masing segmen percobaan, mengkuantifikasi besarnya kerusakan yang telah terjadi dan menguji sifat bahan setelah melayani lalu lintas selama lebih kurang 12 (Manado) dan 20 bulan (Papua).

## BAB II

### UJI COBA PENGGUNAAN AGREGAT SUBSTANDAR MANADO DAN PAPUA

#### 2.1. Uji Coba Penanganan Agregat Substandar Dengan Teknik *Precoated* di Manado

Uji coba skala kecil campuran beraspal yang menggunakan agregat substandar yang telah diintervensi sifatnya dengan menggunakan semen sebagai *precoated* agregat (*Cement Coated Aggregate*) telah dilakukan pada ruas jalan Kema Rumbia, Kabupaten Minahasa, Propinsi Sulawesi Utara. Panjang ruas segmen percobaan adalah 118,5 m yang terletak pada STA 1+108,8 sampai STA 1+227,5 dengan STA 0+000 terletak di km 183+500 dari Manado.

Agregat yang digunakan pada percobaan ini berasal dari *quarry* Kakaskasen-1 dengan sifat-sifat sebagaimana diberikan pada Tabel 1. Agregat dapat dikategorikan sebagai agregat substandar karena memiliki sifat yang tidak memenuhi Spesifikasi Umum Bina Marga 2011 yang digunakan sebagai acuan dalam percobaan ini. Agar dapat digunakan, agregat ini harus yang di-*treatment* (*precoated*), dalam hal ini *treatment* dilakukan dengan menggunakan semen dan aspal emulsi bermuatan positif (CSS). Pada percobaan ini, banyaknya semen dan aspal emulsi yang digunakan adalah 2% terhadap berat agregat. Proses *precoated* agregat baik dengan semen ataupun dengan aspal emulsi dilakukan di luar *coldbin* dengan menggunakan beton mollen. Agregat yang sudah di-*coated* selanjutnya di *curing* selama 24 jam Baru setelah itu agregat tersebut dimasukkan ke dalam cold bin dan siap untuk digunakan.

Tabel 1. Sifat Agregat Manado

| No | Sifat Agregat                          | Nilai |
|----|----------------------------------------|-------|
| 1  | Abrasi                                 | 29    |
| 2  | Berat Jenis                            |       |
|    | - Berat Jenis ( <i>Bulk</i> )          | 2,376 |
|    | - Berat Jenis Kering Permukaan (SSD)   | 2,408 |
|    | - Berat Jenis Semu ( <i>Apparent</i> ) | 2,455 |
| 3  | Penyerapan ( <i>Absorption</i> )       | 1,35  |
| 4  | Sand Equivalent                        | 78    |
| 5  | Kelekatan                              | 95    |

Dalam percobaan ini, jenis campuran beraspal yang digunakan adalah AC-WC. Campuran beraspal dibuat menggunakan agregat dari Kakaskasen-1 dan aspal Pen 60 dengan sifat-sifat sebagaimana diberikan pada Tabel 2 . Sifat campuran pada kadar aspal tersebut yang diambil dari hasil produksi AMP adalah seperti yang diberikan pada Tabel 3.

Segmen percobaan tersebut di atas dibagi menjadi dua subsegmen, yaitu 40,5 m (STA 1+108,8 – STA 1+149,3) digunakan untuk penghamparan AC – WC yang agregatnya di-*precoated* dengan semen (CCA) dan 78,5 m (STA 149,3 – STA 1+227,5) untuk AC – WC yang agregatnya di-*precoated* aspal emulsi kationik (ECA). Sebagai kontrol, campuran AC – WC yang agregatnya digunakan secara langsung dengan tanpa melalui proses *treatment* tetapi dengan menggunakan 0,2% Anti *Stripping* berbasis *Amine* (AS<sub>A</sub>) juga telah dihampar pada segmen sebelum dan sesudah segmen uji coba ini. Untuk masing-masing campuran, penghamparan hanya dilakukan pada setengah badan jalan, yaitu pada jalur arah Rumbia. Campuran beraspal yang digunakan dalam uji coba ini diproduksi dan dipadatkan di lapangan masing-masing dilakukan pada temperatur 150°C.

Tabel 2. Sifat Aspal yang Digunakan

| No                                                                          | Jenis Pengujian                     | Metode Pengujian | Spesifikasi <sup>1)</sup> | Hasil Uji |
|-----------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------|------------------|---------------------------|-----------|
| 1                                                                           | Penetrasi, 25°C (dmm)               | SNI 06-2456-1991 | 60 – 70                   | 65        |
| 2                                                                           | Viskositas 135°C (cSt)              | AASHTO T201-03   | ≥ 300                     | 490.8     |
| 3                                                                           | Titik Lembek; °C                    | SNI 06-2434-1991 | ≥ 48                      | 49.7      |
| 4                                                                           | Indeks Penetrasi                    | -                | ≥ -1,0                    | -0.7      |
| 5                                                                           | Daktilitas pada 25°C, (cm)          | SNI-06-2432-1991 | ≥ 100                     | > 140     |
| 6                                                                           | Titik Nyala (°C)                    | SNI-06-2433-1991 | ≥ 232                     | 324       |
| 7                                                                           | Kelarutan dlm Trichloroethylene (%) | AASHTO T44-03    | ≥ 99                      | 99.8      |
| 8                                                                           | Berat Jenis                         | SNI-06-2441-1991 | ≥ 1,0                     | 1.038     |
| Pengujian Residu hasil TFOT(SNI-06-2440-1991) atau RTFOT (SNI-03-6835-2002) |                                     |                  |                           |           |
| 9                                                                           | Berat yang Hilang (%)               | SNI 06-2441-1991 | ≤ 0.8                     | 0.022     |
| 10                                                                          | Penetrasi pada 25°C (%)             | SNI 06-2456-1991 | ≥ 54                      | 55        |
| 11                                                                          | Indeks Penetrasi                    | -                | ≥ -1,0                    | -0.7      |
| 12                                                                          | Daktilitas pada 25°C (cm)           | SNI 06-2432-1991 | ≥100                      | > 140     |

Catatan: 1) Spesifikasi Umum Bina Marga 2011, Kementerian Pekerjaan Umum

Tabel 3. Sifat Campuran AC – WC Agregat Substandar Manado pada KAO-nya

| Parameter       | Nilai                        |       |       | Spesifikasi | Satuan |
|-----------------|------------------------------|-------|-------|-------------|--------|
|                 | Campuran dibuat dari agregat |       |       |             |        |
|                 | AS <sub>A</sub>              | CCA   | ECA   |             |        |
| KAO             | 6.20                         | 6,40  | 6,3   | -           | %      |
| Kepadatan       | 2.170                        | 1,2   | 2,096 | -           | t/m3   |
| VFB             | 64                           | 88    | 72,38 | > 63        | %      |
| VIM-Marshall    | 6,3                          | 3,33  | 4,73  | 3-5         | %      |
| VMA             | 17.55                        | 16,95 | 16,85 | > 14        | %      |
| VIM-PRD         | 2.2                          | 2,4   | 3,4   | > 3         | %      |
| Stabilitas      | 640                          | 973   | 887,9 | > 800       | kg     |
| Kelelehan       | 3,26                         | 3,4   | 3,3   | > 3         | mm     |
| Perbandingan    | 196,3                        | 286   | 270   | > 250       | kg/mm  |
| Stabilitas sisa | 93                           | 97    | 96    | > 90        | %      |

Catatan:

AS<sub>A</sub>: Anti Stripping berbasis Amine

## 2.2. Uji Coba Penanganan Agregat Substandar Dengan Teknik *Precoated* di Papua

Uji coba skala terbatas campuran beraspal dilakukan di kabupaten Maybarat Provinsi Papua Barat, yaitu pada ruas jalan Ayamaru/Ayawasi – Kebar, mulai dari STA 11+095 sampai STA 11+000 (STA 0+000 berada pada KM 229 dari Sorong) sepanjang 95 meter arah Ayamaru. Agregat yang digunakan berupa karbonat agregat dari quarry Sorong memiliki sifat sebagaimana diberikan pada Tabel 4. Agregat ini dapat dikategorikan sebagai substandar agregat karena ada sifatnya yang tidak memenuhi persyaratan Spesifikasi yang digunakan. Pada uji coba ini, *pretreatment* untuk meningkatkan kelekatan agregat terhadap aspal dengan cara *precoated* semen tidak dapat dilakukan di lapangan karena keterbatasan alat. Oleh sebab itu, penanganan dilakukan dengan cara menurunkan tegangan permukaan aspal dengan menggunakan Anti Stripping berbasis Surfaktan (AS<sub>S</sub>).

Jenis campuran beraspal yang digunakan HRS-WC setebal 3,5 cm. Campuran ini dihampar di atas lapis pondasi tanah-semen (*soil cement*) setebal 15 cm. Tebal padat lapisan beraspal direncanakan sebesar 3,5 cm. Aspal yang digunakan untuk pembuatan HRS-WC adalah aspal Pen 60 dengan sifat-sifat seperti yang diberikan pada Tabel 5. Sedangkan bahan aditif yang digunakan sebagai modifier aspal adalah AS<sub>S</sub> dengan dosis pemakaian sebesar 0,1% dan 0,15% dan Anti Stripping berbasis Amine (AS<sub>A</sub>) dengan dosis pemakaian sebesar 0,2%. Kadar aspal optimum campuran beraspal yang digunakan adalah sebesar 6%. Sifat campuran beraspal untuk masing-masing campuran tersebut pada kadar aspal optimumnya adalah sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 6.

Tabel 4. Sifat fisik Agregat Biak – Papua

| No | Sifat Agregat                          | Nilai |
|----|----------------------------------------|-------|
| 1  | Abrasi (%)                             | 26,2  |
| 2  | Berat Jenis                            |       |
|    | - Berat Jenis ( <i>Bulk</i> )          | 2,368 |
|    | - Berat Jenis Kering Permukaan (SSD)   | 2,450 |
|    | - Berat Jenis Semu ( <i>Apparent</i> ) | 2,58  |
| 3  | Penyerapan ( <i>Absorption</i> )       | 3,500 |
| 4  | Sand Equivalent (%)                    | 60    |
| 5  | Kelekatan                              | 95    |

Tabel 5. Sifat Aspal Pen 60 yang Digunakan di Segmen Percobaan di Papua

| No  | Jenis Pengujian                                 | Metode Pengujian | Hasil Pengujian | Spesifikasi <sup>*)</sup> | Satuan |
|-----|-------------------------------------------------|------------------|-----------------|---------------------------|--------|
| 1.  | Penetrasi pada 25 °C, 100 g, 5 dtk              | SNI 06-2456-1991 | 67              | 60 - 70                   | dmm    |
| 2.  | Viskositas pada 135 °C                          | SNI 06-6441-2000 | -               | ≥ 300                     | cSt    |
| 3.  | Titik lembek                                    | SNI 06-2434-1991 | 49,6            | ≥ 48                      | °C     |
| 4.  | Daktilitas pada 25 oC, 5 cm/menit               | SNI 06-2432-1991 | > 140           | ≥ 100                     | cm     |
| 5.  | Titik nyala ( COC )                             | SNI 06-2433-1991 | 324             | ≥ 232                     | °C     |
| 6.  | Kelarutan dalam C <sub>2</sub> HCl <sub>3</sub> | SNI 06-2438-1991 | 99,88           | ≥ 99                      | %      |
| 7.  | Berat jenis                                     | SNI 06-2441-1991 | 1,036           | ≥ 1,0                     | -      |
| 8.  | Kehilangan berat ( TFOT )                       | SNI 06-2440-1991 | 0,052           | ≤ 0,8                     | %      |
| 9.  | Penetrasi setelah TFOT                          | SNI 06-2456-1991 | 84,3            | ≥ 54                      | %      |
| 10. | Titik lembek setelah TFOT                       | SNI 06-2434-1991 | 51,5            | -                         | °C     |
| 11. | Daktilitas setelah TFOT                         | SNI 06-2432-1991 | > 140           | ≥ 100                     | cm     |

\*) Spesifikasi Umum Dokumen Pelelangan Nasional APBN TA 2010 (Revisi-2)

Pada ruas uji coba ini, campuran beraspal yang mengandung 0,10% dan 0,15% AS<sub>s</sub> masing-masing dihampar dan dipadatkan pada STA 11+095 - STA 11+077 dan STA 11+077 - STA 11+056 dan arah Ayamaru. Sedangkan campuran beraspal yang mengandung 0,20% AS<sub>A</sub> dihampar dan dipadatkan pada STA 11+095 – STA 11+000.

Tabel 6. Sifat Campuran yang Digunakan di Segmen Percobaan di Papua pada KAO (6%)

| No | Kriteria campuran                          | Jenis campuran (HRS Base) |                 |       |
|----|--------------------------------------------|---------------------------|-----------------|-------|
|    |                                            | AS <sub>A</sub>           | AS <sub>S</sub> |       |
|    |                                            | 0,2%                      | 0,1%            | 0,15% |
| 1  | Kepadatan (ton/m <sup>3</sup> )            | 2,338                     | 2,369           | 2,360 |
| 2  | Berat jenis maksimum (ton/m <sup>3</sup> ) | 2,465                     | 2,465           | 2,465 |
| 3  | Rongga diantara agregat (%)                | 17,08                     | 15,98           | 16,30 |
| 4  | Rongga dalam campuran (%)                  | 5,12                      | 3,86            | 4,23  |
| 5  | Rongga terisi aspal (%)                    | 70,14                     | 75,89           | 74,14 |
| 6  | Stabilitas (kg)                            | 702,4                     | 761,1           | 822,5 |
| 7  | Kelelehan (mm)                             | 5,25                      | 4,28            | 4,57  |
| 8  | Marshall Quitient (kg/mm)                  | 133,7                     | 179,4           | 184,9 |
| 9  | Stabilitas sisa (%)                        | 84,0                      | 87,5            | 88,7  |

### BAB III

## EVALUASI KINERJA HASIL UJI GELAR PENGGUNAAN AGREGAT SUBSTANDAR

### 3.1. Evaluasi Kinerja Hasil Uji Gelar Penggunaan Agregat Substandar di Manado

Untuk mengetahui kinerja agregat substandar hasil penghamparan di Manado sebagaimana disebutkan sebelumnya, dilakukan evaluasi kinerja lapisan dan durabilitas campuran. Evaluasi ini dilakukan setelah lapisan beraspal tersebut melayani lalu lintas selama 12 dan 18 bulan. Evaluasi yang dilakukan adalah pengukuran kuantitas kerusakan yang telah terjadi pada segmen percobaan penggunaan agregat substandar baik yang *di-treatment* dengan menggunakan semen (*Cement Coated Aggregate*, CCA), aspal emulsi (*Emulsion Coated Aggregate*, ECA) dan yang tanpa ditangani terlebih dahulu. Evaluasi mencakup pengukuran luas retak, lubang, alur, deformasi dan pelepasan butir. Kondisi permukaan perkerasan jalan saat ini (umur 18 bulan) sebagaimana ditunjukkan pada gambar dalam Lampiran-1. Selanjutnya dilakukan pengambilan benda uji inti pada masing-masing segmen percobaan tersebut. Koordinat titik pengambilan ditentukan secara acak untuk masing-masing segmen (Lampiran-2). Benda uji inti ini nantinya akan diuji modulus dan durabilitasnya terhadap air. Benda uji yang sudah diuji selanjutnya diekstraksi untuk diuji tingkat penuaan aspalnya. Hasil evaluasi ini sebagaimana diberikan pada Tabel 7 dan Tabel 8 serta Gambar 1 dan Gambar 2.

Dari evaluasi visual terhadap jenis dan kuantitas kerusakan yang terjadi di lapangan sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 7, dapat dilihat bahwa kinerja lapis beraspal yang dibuat menggunakan agregat substandar yang *di-treatment* terlebih dahulu baik dengan CCA ataupun ECA lebih *superior* dari pada lapis beraspal yang dibuat menggunakan agregat substandar yang *di-treatment* dengan  $AS_A$  (kontrol). Pada umur pelayanan 18 bulan, campuran beraspal kontrol sudah mengalami kerusakan berupa lubang dengan luas total sebesar 1%, keretakan sebesar 2% dan pelepasan butir sebesar 3%. Sedangkan pada permukaan lapis beraspal dengan CCA dan ECA pada umur yang sama belum terdapat kerusakan jenis apapun. Hal ini menunjukkan *treatment* CCA ataupun ECA memberikan pengaruh yang positif pada kinerja lapis beraspal dan hasil yang lebih dari pada yang *di-treatment* dengan  $AS_A$ .

Tabel 7. Jenis dan Kuantitas Kerusakan Segmen Percobaan di Manado, Umur 18 Bulan

| Parameter            | Segmen pada Ruas Percobaan |             |             | Satuan |
|----------------------|----------------------------|-------------|-------------|--------|
|                      | Kontrol                    | CCA         | ECA         |        |
| Lubang               | 1                          | 0           | 0           | %      |
| Retak                | 2                          | 0           | 0           | %      |
| Alur                 | 0                          | 0           | 0           | %      |
| Pelepasan Butir      | 3                          | 0           | 0           | %      |
| Luas Permukaan Basah | 50                         | 10          | 0           | %      |
| Ikatan Interface     | Sangat baik                | Sangat baik | Sangat baik |        |

Catatan: Kontrol: AC-WC mengandung 0,2% AS<sub>A</sub>

Walaupun pada umur pelayanan 12 bulan campuran beraspal yang agregatnya di-*treatment* dengan semen (CCA) ataupun dengan aspal emulsi (ECA) sama-sama belum menunjukkan kerusakan, namun di permukaan lapisan beraspal CCA terdapat spot-spot permukaan yang basah setelah permukaan sekitarnya telah kering dari air hujan yang jatuh di atasnya, sedangkan di lapisan beraspal ECA hal ini tidak terjadi. Kondisi ini menunjukkan bahwa lapisan beraspal dengan *treatment* ECA memiliki permukaan yang lebih kedap dari lapisan beraspal dengan *treatment* CCA walaupun kedua campuran ini memiliki kadar aspal optimum yang sama (5,9%). Penggunaan aspal emulsi mungkin dapat membantu workabilitas lapisan beraspal dengan *treatment* ECA sehingga lapisan beraspal yang dihasilkan lebih homogen. Namun demikian, bila dibandingkan dengan lapisan beraspal kontrol yang memiliki luas total spot-spot basah sebesar 50%, maka dapat dikatakan lapisan beraspal dengan *treatment* CCA masih memiliki homogenitas permukaan yang lebih baik dengan luas total spot-spot yang basah yang lebih kecil (10%). Penggunaan AS<sub>A</sub> sebanyak 0,2% pada aspal untuk campuran beraspal kontrol terbukti kurang mampu menaikan kinerja lapisan tersebut. Dengan menggunakan agregat substandar yang sama, *treatment* dengan semen ataupun aspal emulsi lebih efektif dan memberikan hasil yang lebih baik.

Pada Tabel 8 dapat kita lihat bahwa bila pengujian Marshall pada benda uji ini diperbolehkan untuk melihat ketahanan campuran beraspal di lapangan, maka dapat dikatakan bahwa *treatment* yang dilakukan dapat menghasilkan lapisan beraspal yang memiliki durabilitas terhadap air yang lebih baik yang ditunjukkan oleh lebih tingginya nilai stabilitas Marshall sisa dari campuran dengan agregat yang di-*treatment* dibandingkan dengan yang di-*treatment* dengan AS<sub>A</sub> (kontrol). Walaupun campuran yang di-*treatment* dengan CCA ataupun ECA memiliki kadar aspal sedikit lebih kecil dan rongga udara sedikit lebih besar dari campuran kontrol, campuran beraspal yang dihasilkan masih

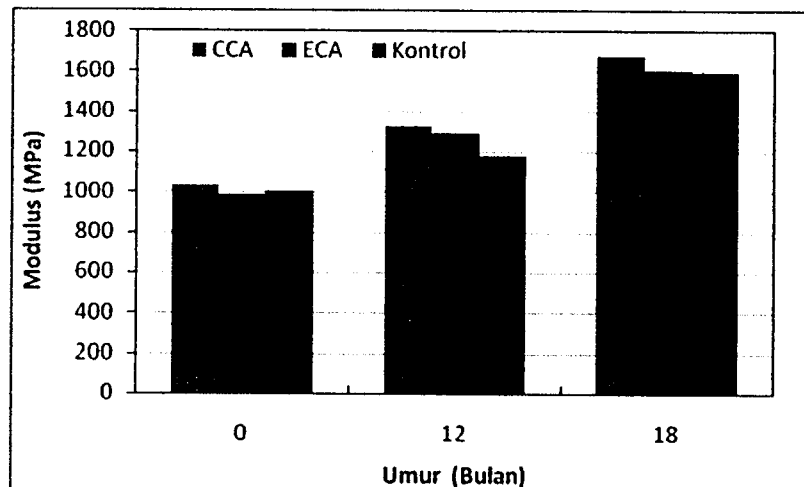
memberikan durabilitas terhadap air yang lebih baik dibandingkan dengan campuran kontrol. Hal ini menunjukkan bahwa *treatment* dengan CCA ataupun ECA memberikan pengaruh positif pada durabilitas campuran yang dibuat dengan menggunakan agregat substandar dari pada *treatment* dengan AS<sub>A</sub>. Namun demikian, dalam hal ini, *treatment* dengan ECA adalah lebih baik dari pada CCA.

Tabel 8. Sifat Campuran AC-WC Menggunakan Agregat Substandar Manado, Umur 18 Bulan

| Parameter            | Nilai                        |       |       | Satuan |
|----------------------|------------------------------|-------|-------|--------|
|                      | Campuran dibuat dari agregat |       |       |        |
|                      | Kontrol                      | CCA   | ECA   |        |
| KAO                  | 6,0                          | 5,9   | 5,9   | %      |
| Kepadatan            | 2,040                        | 2,035 | 2,030 | t/m3   |
| Berat Jenis Maksimum | 2,300                        | 2,310 | 2,290 | %      |
| VIM-Marshall         | 11,55                        | 11,85 | 11,70 | %      |
| Stabilitas sisa      | 85,5                         | 90,2  | 97,7  | %      |
| Modulus Resilient    |                              |       |       |        |
| - Temperatur 25 °C   | 1579                         | 1474  | 1589  | MPa    |
| - Temperatur 37,5 oC | 678                          | 642   | 692   |        |
| - Temperatur 50 oC   | 312                          | 335   | 373   |        |

Catatan: Kontrol: AC-WC mengandung 0,2% AS<sub>A</sub>

Kekakuan campuran beraspal (modulus) merupakan sifat campuran beraspal yang dapat digunakan untuk melihat ketahanan campuran terhadap kerusakan berupa alur dan deformasi plastis. Semakin kaku campuran beraspal, semakin tinggi ketahanannya terhadap kerusakan tersebut. Sebagai campuran yang menggunakan bahan pengikat yang bersifat viskoelastis (aspal), sifat kekakuan campuran beraspal sangat ditentukan oleh perubahan sifat aspal akibat temperatur. Sensitifitas perubahan sifat kekakuan campuran terhadap perubahan temperatur dapat dilihat dari perubahan nilai modulusnya. Pada Gambar 1 ditunjukkan perubahan nilai modulus dari waktu ke waktu, sedangkan pada Tabel 9 ditunjukkan sensitifitas perubahan nilai modulus akibat perubahan temperatur pada campuran yang dibuat dari aspal yang sama tetapi menggunakan agregat substandar baik yang di-*treatment* dengan semen atau aspal emulsi dan yang di-*treatment* AS<sub>A</sub>.



Gambar 1. Perubahan Modulus Campuran Beraspal dari Agregat Substandar Manado Akibat Penuaan Jangka Panjang

Tabel 9. Rasio Penurunan Modulus Kekakuan Campuran Percobaan di Manado Umur 18 Bulan

| Jenis <i>Treatment</i> Pada Campuran Beraspal | Rasio Modulus Kekakuan Terhadap Temperatur 25 °C |       |       |
|-----------------------------------------------|--------------------------------------------------|-------|-------|
|                                               | Temperatur (°C)                                  |       |       |
|                                               | 25                                               | 35    | 45    |
| CCA                                           | 1                                                | 0.443 | 0.260 |
| ECA                                           | 1                                                | 0.437 | 0.242 |
| Kontrol                                       | 1                                                | 0.435 | 0.235 |

Dari Gambar 1 dapat dilihat bahwa akibat *treatment* yang dilakukan, terjadi perubahan modulus campuran beraspal. Penggunaan agregat substandar yang di-*treatment* dengan semen menghasilkan campuran beraspal dengan modulus yang lebih tinggi dari pada yang *treatment* AS<sub>A</sub>. Kenderungan ini terus terjadi sejalan dengan waktu. Hal ini mungkin disebabkan pengerasan semen yang terus berlanjut. Sedangkan agregat substandar yang di-*treatment* dengan aspal emulsi menghasilkan campuran beraspal dengan kadar aspal yang lebih kecil tetapi dengan modulus yang lebih rendah. Penuaan aspal yang terjadi menyebabkan modulus campuran beraspal yang di-*treatment* dengan CCA ataupun ECA menjadi lebih besar dari pada campuran beraspal yang di-*treatment* AS<sub>A</sub>. Pada Tabel 6 dapat dilihat bahwa campuran beraspal yang agregatnya di-*treatment* dengan CCA ataupun ECA memiliki rasio modulus pada temperatur 35 °C dan 45 °C terhadap modulusnya pada temperatur 25 °C lebih besar dari campuran beraspal yang agregatnya di-*treatment* dengan AS<sub>A</sub>. Hal ini menunjukkan bahwa selain menghasilkan campuran beraspal dengan nilai modulus yang lebih tinggi, *treatment* dengan CCA

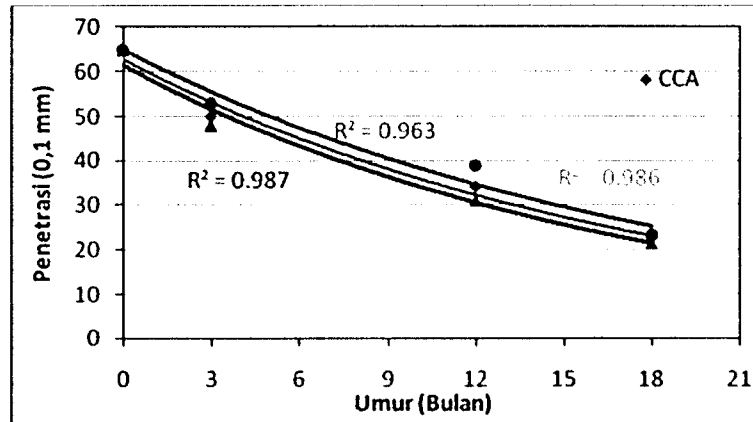
ataupun ECA pada agregat substandar untuk campuran beraspal ini juga dapat menyebabkan turunnya sensitifitas campuran beraspal tersebut terhadap perubahan temperatur.

Dari segi bahan, *treatment* agregat substandar dengan semen ataupun aspal emulsi sedikit merubah sifat rheologi aspal akibat penuaan. Akibat *treatment* ini, penuaan aspal yang dilihat dari sudut pandang penurunan nilai penetrasi aspal dapat diperlambat (lihat Tabel 10). Namun demikian, perlambatan ini tidak mengubah kecenderungan (*trend*) dari kecepatan penuaan yang terjadi (Gambar 2). Bila secara *rule of thumb*, nilai penetrasi 20 adalah nilai penetrasi akhir dimana aspal dianggap habis masa pelayanannya, maka umur aspal yang digunakan pada campuran beraspal yang menggunakan agregat substandar ini, baik yang di-*treatment* dengan semen (CCA) ataupun aspal emulsi (ECA) dan yang di-*treatment* dengan  $AS_A$  (kontrol) diprediksi masing-masing sekitar 22,8 bulan, 23,5 bulan dan 22,3 bulan. Hal ini kembali menunjukkan bahwa *treatment* dengan CCA ataupun ECA memberikan pengaruh yang positif pada kinerja lapis beraspal. *Treatment* dengan CCA ataupun ECA memberikan umur aspal yang lebih panjang. *Treatment* menggunakan aspal emulsi memberikan umur aspal yang lebih panjang dari pada dengan semen.

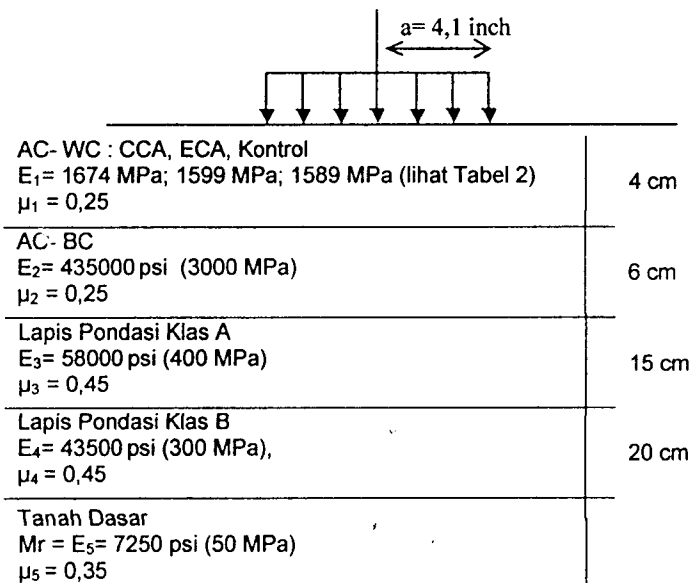
Tabel 10. Penurunan Nilai Penetrasi Aspal Akibat Penuaan Jangka Panjang Campuran Beraspal yang Menggunakan *Treated* dan *Untreated* Agregat Substandar Manado

| Umur Lapis Beraspal<br>(Bulan) | Rata-rata Nilai Penetrasi Aspal |      |         |
|--------------------------------|---------------------------------|------|---------|
|                                | CCA                             | ECA  | Kontrol |
| 0                              | 65                              | 65   | 65      |
| 3                              | 50                              | 53   | 48      |
| 12                             | 34                              | 39   | 31      |
| 18                             | 22.5                            | 23.5 | 21.5    |

Dari evaluasi struktural dengan program KENLAYERS yang dilakukan pada dimensional ruas percobaan sebagaimana diilustrasikan pada Gambar 3 dan menggunakan lalu lintas rencana sebanyak 5 juta ESA, diketahui bahwa umur sisa dan kriteria keruntuhan dari masing-masing segmen percobaan yaitu sebagaimana diberikan pada Tabel 11. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa *treatment* dengan CCA dan ECA yang dilakukan dapat memperpanjang umur pelayanan lapis beraspal. *Treatment* yang dilakukan dengan menggunakan semen tidak menghasilkan campuran beraspal yang terlalu kaku karena kriteria keruntuhan yang terjadi pada campuran beraspal yang agregat di-*treatment* dengan CCA, ECA ataupun dengan  $AS_A$  adalah sama.



Gambar 2. Penurunan Nilai Penetrasi Aspal Akibat Penuaan Jangka Panjang Campuran Beraspal yang Menggunakan *Treated* dan *Untreated* Agregat Substandar Manado



Gambar 3. Ilustrasi Struktur Perkerasan Segmen Jalan Percobaan di Manado

Tabel 11. Hasil Analisa Tegangan dan Regangan Struktur Perkerasan Segmen Jalan Percobaan di Manado Menggunakan Program Kenlayer

| Parameter        | Struktur Perkerasan     |                         |                         |
|------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
|                  | CCA                     | ECA                     | Kontrol                 |
| Umur             | 2,53 $10^6$ ESA         | 2,13 $10^6$ ESA         | 2,03 $10^6$ ESA         |
| Model Keruntuhan | <i>Fatigue cracking</i> | <i>Fatigue cracking</i> | <i>Fatigue cracking</i> |

### 3.2. Evaluasi Kinerja Hasil Uji Gelar Penggunaan Agregat Substandar di Papua

Seperti halnya yang dilakukan untuk mengetahui kinerja agregat substandar hasil penghampar di Manado, evaluasi kinerja lapisan dan durabilitas campuran beraspal juga dilakukan untuk lapisan beraspal yang menggunakan agregat substandar yang dihampar di Papua. Evaluasi ini dilakukan setelah lapisan beraspal tersebut melayani lalu lintas selama 20 bulan. Evaluasi yang dilakukan adalah pengukuran kuantitas kerusakan yang telah terjadi pada segmen percobaan penggunaan agregat substandar yang diikat dengan menggunakan aspal yang menggunakan bahan tambah berupa anti-stripping baik yang berbasis amine (AS<sub>A</sub>) ataupun, surfaktan (AS<sub>S</sub>) ataupun yang tidak menggunakan bahan tambah apapun pada aspalnya. Evaluasi mencakup pengukuran luas retak, lubang, alur, deformasi dan pelepasan butir. Kondisi permukaan perkerasan jalan saat ini (umur 20) sebagaimana ditunjukkan pada gambar dalam Lampiran-3. Pengambilan benda uji inti pada masing-masing segmen percobaan tersebut dilakukan untuk pengujian di laboratorium berupa uji modulus dan durabilitasnya terhadap air. Benda uji yang sudah diuji selanjutnya akan diekstraksi untuk diuji tingkat penuaan aspalnya. Hasil evaluasi ini sebagaimana diberikan pada Tabel 12 dan Tabel 13 serta Gambar 4 dan Gambar 5.

Tabel 12. Jenis dan Kuantitas Kerusakan Segmen percobaan HRS-WC Menggunakan Agregat Substandar Papua, Umur 20 Bulan

| Parameter        | Segmen pada Ruas Percobaan |                      |                      |                       | Satuan |
|------------------|----------------------------|----------------------|----------------------|-----------------------|--------|
|                  | Kontrol                    | 0,2% AS <sub>A</sub> | 0,1% AS <sub>S</sub> | 0,15% AS <sub>S</sub> |        |
| Lubang           | 0                          | 0                    | 0                    | 0                     | %      |
| Retak            | 0                          | 0                    | 0                    | 0                     | %      |
| Alur             | 0                          | 0                    | 0                    | 0                     | %      |
| Pelepasan Butir  | 5                          | 0                    | 0                    | 0                     | %      |
| Ikatan Interface | Sangat baik                | Sangat baik          | Sangat baik          | Sangat baik           |        |

Catatan :

AS<sub>A</sub> = Anti *Stripping* berbasis Amine

AS<sub>S</sub> = Anti *Stripping* berbasis Surfaktan

Tabel 13. Sifat Campuran HRS-WC Menggunakan Agregat Substandar Papua, Umur 20 Bulan

| Parameter            | Nilai               |                      |                      |                       | Satuan           |
|----------------------|---------------------|----------------------|----------------------|-----------------------|------------------|
|                      | Campuran Mengandung |                      |                      |                       |                  |
|                      | Kontrol             | 0,2% AS <sub>A</sub> | 0,1% AS <sub>S</sub> | 0,15% AS <sub>S</sub> |                  |
| Kadar Aspal          | 5,9                 | 5,8                  | 5,9                  | 5,6                   | %                |
| Kepadatan            | 2,443               | 2,472                | 2,475                | 2,476                 | t/m <sup>3</sup> |
| Berat Jenis Maksimum | 2,532               | 2,532                | 2,545                | 2,567                 | t/m <sup>3</sup> |
| VIM-Marshall         | 6,7                 | 6,2                  | 6,0                  | 5,7                   | %                |
| Stabilitas sisa      | 85,5                | 90,2                 | 97,7                 | 98,4                  | %                |
| Modulus Resilient    |                     |                      |                      |                       |                  |
| - Temperatur 25 °C   | 1456                | 1348                 | 1332                 | 1298                  | MPa              |
| - Temperatur 37,5 °C | 685                 | 642                  | 632                  | 632                   |                  |
| - Temperatur 50 °C   | 279                 | 235                  | 231                  | 227                   |                  |

Catatan:

AS<sub>A</sub> = Anti *Stripping* berbasis Amine

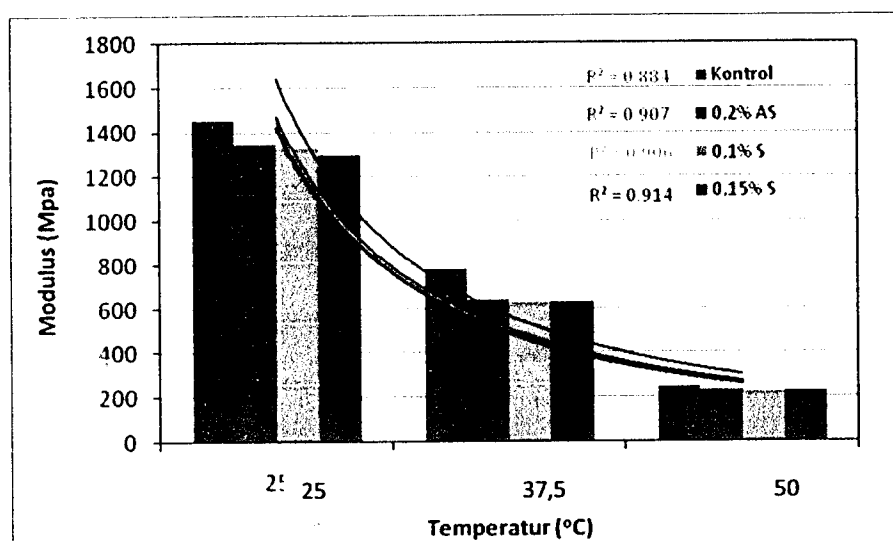
AS<sub>S</sub> = Anti *Stripping* berbasis Surfaktan

Dari evaluasi visual di lapangan terhadap jenis dan kuantitas kerusakan yang terjadi sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 12, dapat dilihat bahwa kinerja lapis beraspal yang menggunakan AS<sub>A</sub> maupun AS<sub>S</sub> adalah relatif lebih baik dari pada lapisan yang campuran beraspalnya tidak menggunakan bahan tambah (kontrol). Walaupun pada umur 20 bulan kondisi permukaan lapis beraspal masih dalam kondisi sangat baik, yang ditunjukkan dengan tidak adanya lubang, alur dan retak, namun pada lapis beraspal kontrol telah terjadi pelepasan butir sebesar lebih kurang 5% dari luas permukaan lapisan beraspalnya.

Dari Tabel 13 dapat dilihat bahwa dengan kadar aspal yang relatif sama, campuran beraspal yang menggunakan bahan tambah, baik AS<sub>A</sub> maupun AS<sub>S</sub> memiliki rongga udara (VIM) yang lebih kecil dari pada campuran kontrol yang tidak menggunakan bahan tambah. Hal ini merupakan indikasi bahwa penggunaan bahan tambah pada aspal dapat menurunkan viskositas aspal sehingga aspal dapat dengan mudah menyelimuti agregat, mengisi rongga antar agregat dan mengikat agregat tersebut. Selain itu, dapat juga menaikkan ketahanan campuran beraspal terhadap air yang ditunjukkan dengan lebih tingginya nilai stabilitas Marshall sisanya. Dalam hal ini, penggunaan AS<sub>S</sub> lebih efektif dibandingkan dengan penggunaan AS<sub>A</sub>. Dengan demikian dapat dikatakan bahwa penggunaan AS<sub>S</sub> sebagai penurun tegangan permukaan memberikan pengaruh positif terhadap ketahanan campuran beraspal terhadap pengaruh air. Namun demikian,

penggunaan  $AS_A$  maupun  $AS_S$  dapat memberikan pengaruh negatif karena akan menurunkan modulus kekakuan campuran beraspalnya.

Pada Gambar 4 dapat dilihat bahwa pada semua variasi temperatur pengujian, modulus kekakuan campuran beraspal yang menggunakan  $AS_A$  maupun  $AS_S$  selalu lebih rendah dari campuran beraspal yang tidak menggunakan kedua bahan tersebut. Dari gambar ini dapat dilihat juga bahwa pengaruh  $AS_A$  maupun  $AS_S$  pada modulus kekakuan campuran beraspal adalah relatif sama. Namun demikian, penggunaan  $AS_A$  maupun  $AS_S$  pada campuran beraspal relatif tidak membuat campuran tersebut menjadi lebih sensitif terhadap perubahan temperatur (lihat Tabel 14).



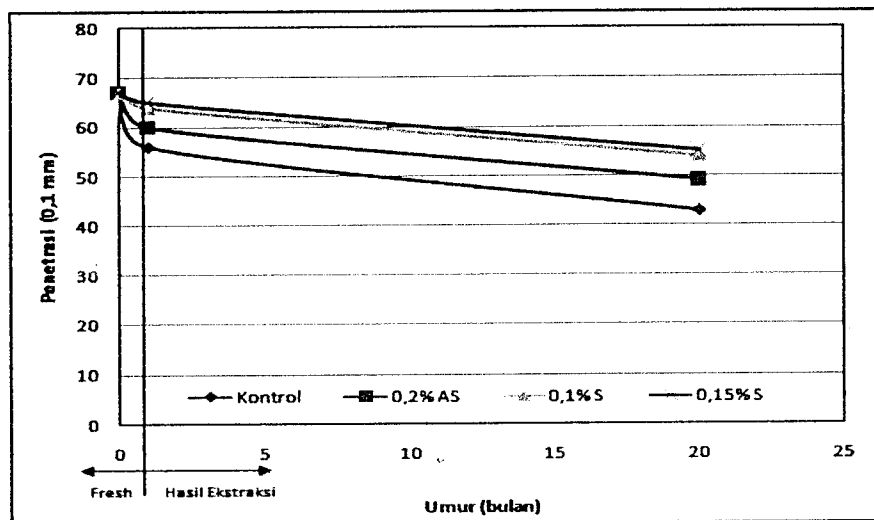
Gambar 4. Perubahan Modulus Campuran Beraspal dari Agregat Substandar Papua Akibat Perubahan Temperatur

Tabel 14. Sensitifitas Perubahan Modulus Kekakuan Campuran Percobaan di Papua Akibat Perubahan Temperatur

| Jenis Bahan Tambah Pada Campuran Beraspal | Rasio Modulus Kekakuan |       |       |
|-------------------------------------------|------------------------|-------|-------|
|                                           | Temperatur (°C)        |       |       |
|                                           | 25                     | 37,5  | 50    |
| Kontrol                                   | 1                      | 0,470 | 0,192 |
| 0,2% AS                                   | 1                      | 0,476 | 0,174 |
| 0,1% S                                    | 1                      | 0,474 | 0,173 |
| 0,15% S                                   | 1                      | 0,487 | 0,175 |

Dari segi bahan, penambahan  $AS_A$  maupun  $AS_S$  pada aspal dapat memperlambat penuaan aspal. Pada Gambar 5 dapat dilihat bahwa akibat proses pembuatan campuran

beraspal di AMP, aspal akan mengalami penuaan yang ditunjukkan dengan naiknya tingkat kekerasan aspal (turunnya nilai penetrasi aspal). Penurunan nilai penetrasi aspal yang tidak menggunakan bahan tambah dari nilai penetrasi awalnya adalah lebih besar dari yang terjadi pada aspal yang menggunakan bahan tambah baik berupa  $AS_A$  maupun  $AS_S$ . Namun untuk hal ini, penggunaan  $AS_S$  lebih efektif dari pada  $AS_A$  dan semakin banyak tinggi dosis  $AS_S$  digunakan semakin kecil kehilangan nilai penetrasi yang dihasilkannya. Kecenderungan yang sama masih terjadi pada aspal yang berumur 20 bulan. Hampir sejajarnya garis penurunan nilai penetrasi aspal mengandung  $AS_A$  maupun  $AS_S$  terhadap garis penurunan nilai penetrasi aspal yang tidak mengandung bahan tambah dapat mengindikasikan bahwa sampai dengan umur 20 bulan pengaruh  $AS_A$  maupun  $AS_S$  masih ada.



Gambar 5. Penurunan Nilai Penetrasi Aspal Akibat Penuaan Jangka Panjang Campuran Beraspal Agregat Substandar Papua Akibat Bahan Tambah pada Aspal

## BAB IV

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 4.1. Kesimpulan

Beberapa kesimpulan yang didapat dari evaluasi ini antara lain adalah

- *Treatment* agregat substandar Manado dengan semen ataupun aspal emulsi lebih efektif dan menghasilkan campuran beraspal dengan kinerja yang lebih baik dari pada dengan  $AS_A$ .
- Sampai dengan umur 18 bulan, *treatment* yang dilakukan pada agregat substandar Manado, baik dengan CCA ataupun ECA memberikan pengaruh positif pada kinerja, durabilitasnya terhadap air dan sensitifitas campuran beraspal terhadap perubahan temperatur.
- Dari segi ketahanan terhadap air dan oksidasi, penggunaan  $AS_S$  penurun tegangan permukaan pada aspal yang digunakan sebagai pengikat agregat substandar Papua adalah lebih efektif dibandingkan dengan penggunaan  $AS_A$ .
- Pengaruh penggunaan  $AS_S$  penurun tegangan permukaan dan  $AS_A$  pada modulus kekakuan campuran beraspal adalah relatif sama
- Penggunaan  $AS_A$  maupun  $AS_S$  pada campuran beraspal relatif tidak membuat campuran tersebut menjadi lebih sensitif terhadap perubahan temperatur.
- Sampai dengan umur 20 bulan,  $AS_A$  maupun  $AS_S$  masih memberikan pengaruh pada kinerja lapis beraspal.

#### 4.2. Saran

Evaluasi ini seyogyanya dapat diteruskan untuk melihat sampai sejauh mana (berapa lama)  $AS_A$  maupun  $AS_S$  masih memberikan pengaruh pada kinerja lapisan beraspal di lapangan.

## LAMPIRAN-1

### DOKUMENTASI KEGIATAN SURVEY LAPANGAN MONITORING PENGGUNAAN AGREGAT SUBSTANDAR DI SULAWESI UTARA



Gambar L-1.1

Lokasi Uji Coba Penggunaan Agregat Substandar di Sulawesi Utara



Gambar L-1.2

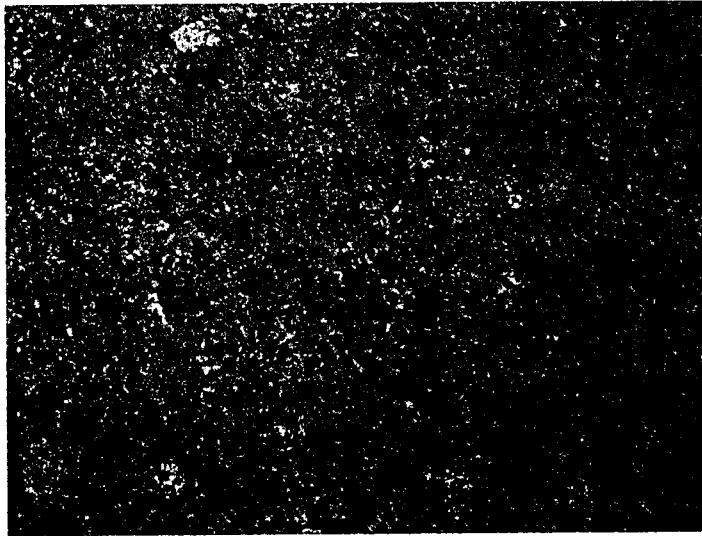
Lokasi Segmen Uji Coba CCA



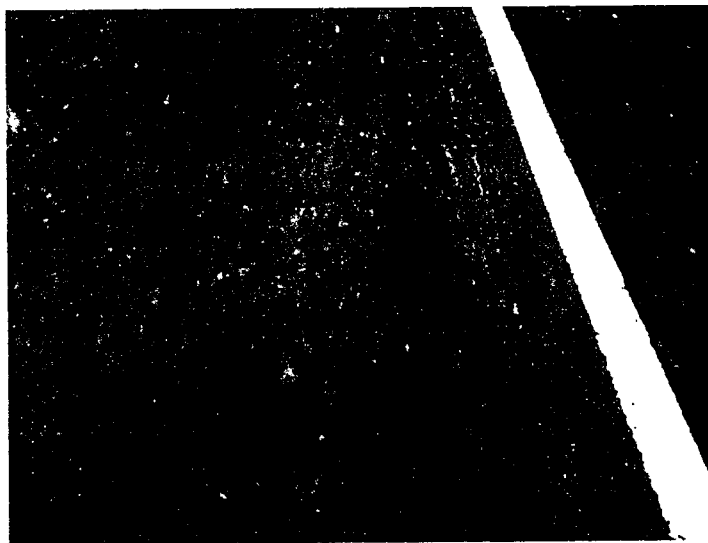
Gambar L-1.3.  
Lokasi Segmen Uji Coba ECA



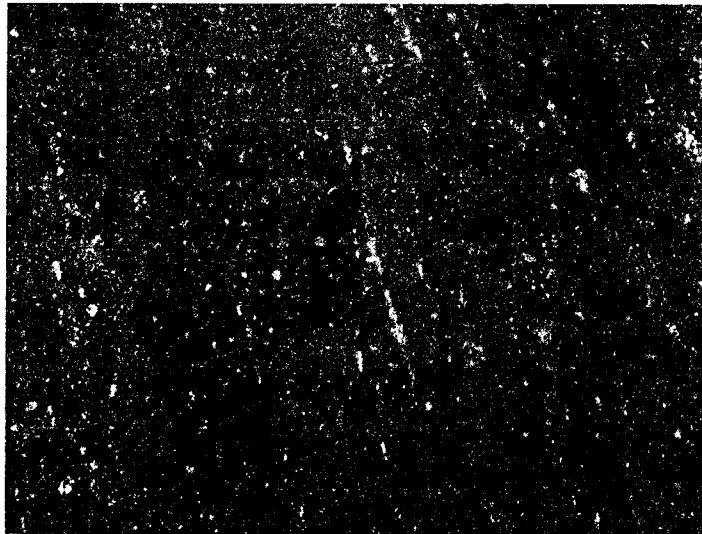
Gambar L-1.4  
Lokasi Segmen Kontrol



Gambar L-1.5  
Tekstur Permukaan Lapis Beraspal dengan CCA



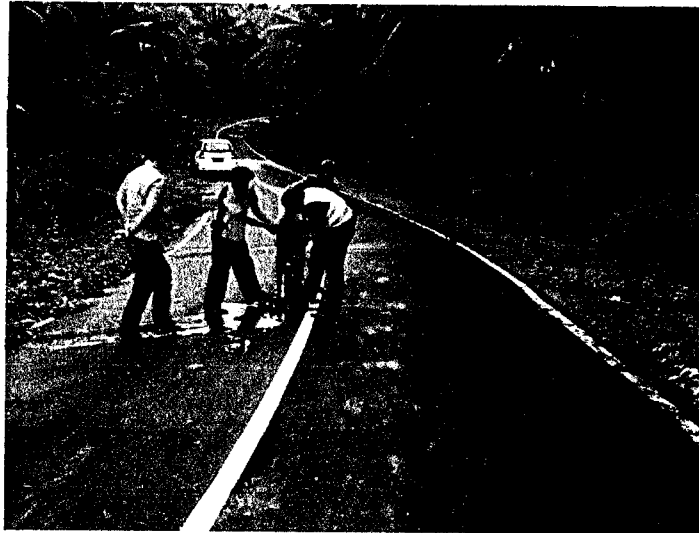
Gambar L-1.6  
Tekstur Permukaan Lapis Beraspal dengan ECA



Gambar L-1.7  
Tekstur Permukaan Lapis Beraspal Kontrol



Gambar L-1.8  
Pengambilan Benda Uji Inti pada Segmen Uji Coba CCA



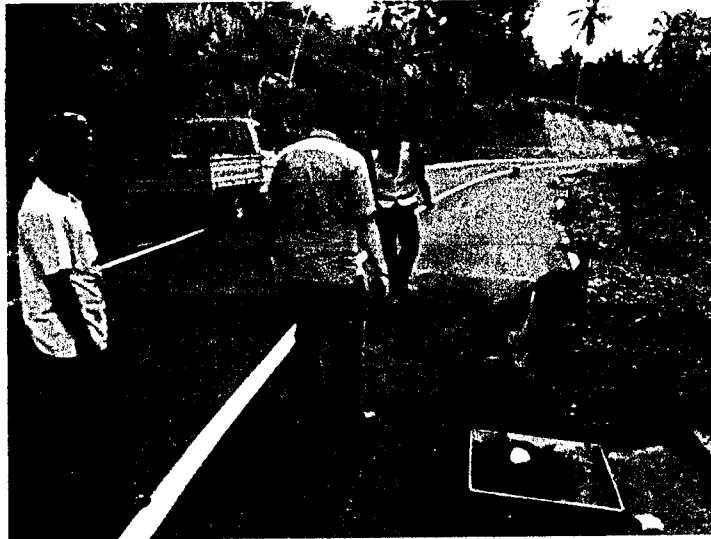
Gambar L-1.9

Pengambilan Benda Uji Inti pada Segmen Uji Coba ECA



Gambar L-1.10

Penyiapan Campuran Beraspal untuk Penutupan Lubang



Gambar L-1.11

Penutupan Lubang Bekas Pengambilan Benda Uji Inti

**LAMPIRAN-2**  
**POSISI PENGAMBILAN SAMPEL**

| Benda Uji | CCA |                | ECA |                | Kontrol |                |
|-----------|-----|----------------|-----|----------------|---------|----------------|
| No        | X   | Y/STA          | X   | Y/STA          | X       | Y/STA          |
| 1         | 1   | 3/(1+109,8)    | 2,5 | 2,5/(1+152,4)  | 2,6     | 1,7/(1+229,2)  |
| 2         | 2,2 | 10,1/(1+118,9) | 0,5 | 17,5/(1+167,4) | 0,6     | 11,9/(1+239,4) |
| 3         | 0,7 | 24,6/(1+133,4) | 2,6 | 47,6/(1+200)   | 2,3     | 22,9/(1+250,4) |
| 4         | 1,8 | 37,2/(1+146)   | 0,7 | 69,6/(1+222)   | 0,8     | 33,5/(1+261)   |

Catatan :

X = Jarak dari tepi

Y = Jarak dari awal segmen yang bersangkutan

**LAMPIRAN-3**  
**DOKUMENTASI KEGIATAN SURVEY LAPANGAN**  
**MONITORING PENGGUNAAN AGREGAT SUBSTANDAR DI PAPUA**



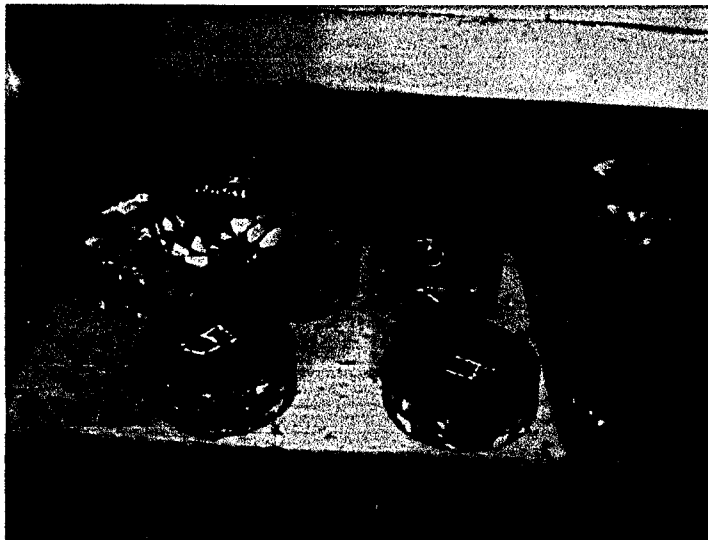
Gambar L-3.1  
Lokasi Segmen Uji Coba Menggunakan *Anti-Stripping*



Gambar L-3.2  
Lokasi Segmen Uji Menggunakan 0.1% Surfaktan



Gambar L-3.3  
Lokasi Segmen Uji Coba 0.15% Surfaktan



Gambar L-3.3  
Contoh Uji Hasil Core Drill Pada Segmen dengan 0.15% Surfaktan

TJ: 365