

# MANUAL INTEGRASI PERKERASAN LENTUR

Uraian singkat di bidang perkerasan jalan mengenai teknologi perkerasan lentur, preservasi, bahan lokal bahan substandard serta daur ulang

**Sri Mulyani**



**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)

# MANUAL INTEGRASI PERKERASAN LENTUR

Penulis:  
**Sri Mulyani**

Cetakan Ke-1, Desember 2013  
©Pemegang Hak Cipta Pusat Penelitian  
dan  
Pengembangan Jalan dan Jembatan  
No. ISBN :  
Kode Kegiatan : 01-PPK3-001-107-A13  
Kode Publikasi : IRE-TR-118/ST/2013

Koordinator Penelitian  
**Ir. Nyoman, Suaryana. M.Sc.**

Editor  
**Prof.(R) DR. Ir. M. Sjahdanulirwan, MSc**  
**Ir. Nyoman Suaryana, M.Sc**

Layout dan Design  
**Yosi Samsul Maarif, S.Sn**

**Penerbit :**  
Kementerian Pekerjaan Umum  
Badan Penelitian dan Pengembangan  
Pusat Penelitian dan Pengembangan Jalan  
dan Jembatan  
Jl. A.H. Nasution No. 264 Ujungberung –  
Bandung 40294  
Bekerja sama dengan  
Djatnika Bandung ( Anggota IKAPI )

Pemesanan melalui:  
Perpustakaan Puslitbang Jalan dan  
Jembatan  
[info@pusjatan.pu.go.id](mailto:info@pusjatan.pu.go.id)



## KEANGGOTAAN SUB TIM TEKNIS BALAI GEOTEKNIK JALAN

### © PUSJATAN 2014

Naskah ini disusun dengan sumber dana APBN Tahun 2104, pada paket pekerjaan Naskah Ilmiah Persyaratan Perencanaan Geoteknik Jalan, DIPA Puslitbang Jalan dan Jembatan.

Pandangan-pandangan yang disampaikan di dalam publikasi ini merupakan pandangan penulis dan tidak selalu menggambarkan pandangan dan kebijakan Kementerian Pekerjaan Umum, unsur pimpinan, maupun institusi pemerintah lainnya. Penggunaan data dan informasi yang dimuat di dalam publikasi ini sepenuhnya merupakan tanggung jawab penulis.

Kementerian Pekerjaan Umum mendorong percetakan dan memperbanyak informasi secara eksklusif untuk perorangan dan pemanfaatan nonkomersil dengan pemberitahuan yang memadai kepada Kementerian Pekerjaan Umum. Pengguna dibatasi dalam menjual kembali, mendistribusikan atau pekerjaan kreatif turunan untuk tujuan komersil tanpa izin tertulis dari Kementerian Pekerjaan Umum.

Buku ini juga dibuat versi e-book dan dapat diunduh dari website [pusjatan.pu.go.id](http://pusjatan.pu.go.id).

## PUSAT PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN JALAN DAN JEMBATAN

Pusat Litbang Jalan dan Jembatan (Pusjatan) adalah lembaga riset yang berada dibawah Badan Litbang Kementrerian Pekerjaan Umum Republik Indonesia. Lembaga ini memiliki peranan yang sangat strategis di dalam mendukung tugas dan fungsi Kementrian Pekerjaan Umum dalam menyelenggarakan jalan di Indonesia. Sebagai lembaga riset, Pusjatan memiliki visi sebagai lembaga penelitian dan pengembangan yang terkemuka dan terpercaya, dalam menyediakan jasa keahlian dan teknologi bidang jalan dan jembatan yang berkelanjutan, dan dengan misi sebagai berikut:

- 1) Meneliti dan mengembangkan teknologi bidang jalan dan jembatan yang inovatif, aplikatif, dan berdaya saing,
- 2) Memberikan pelayanan teknologi dalam rangka mewujudkan jalan dan jembatan yang handal, dan
- 3) Menyebar luaskan dan mendorong penerapan hasil penelitian dan pengembangan bidang jalan dan jembatan.

Pusjatan memfokuskan dukungan kepada penyelenggara jalan di Indonesia, melalui penyelenggaraan litbang terapan untuk menghasilkan inovasi teknologi bidang jalan dan jembatan yang bermuara pada standar, pedoman, dan manual. Selain itu, Pusjatan mengemban misi untuk melakukan advis teknik, pendampingan teknologi, dan alih teknologi yang memungkinkan infrastruktur Indonesia menggunakan teknologi yang tepat guna. Kemudian Pusjatan memiliki fungsi untuk memastikan keberlanjutan keahlian, pengembangan inovasi, dan nilai-nilai baru dalam pengembangan infrastruktur.

# ■ PRAKATA

---

Naskah ini disusun dengan sumber dana APBN Kementerian Pekerjaan Umum Tahun 2013, pada DIPA Puslitbang Jalan dan Jembatan. Pandangan yang disampaikan di dalam publikasi ini merupakan pandangan penulis dan tidak selalu menggambarkan pandangan dan kebijakan Kementerian Pekerjaan Umum maupun institusi pemerintah lainnya. Penggunaan data dan informasi yang dibuat di dalam publikasi ini sepenuhnya merupakan tanggung jawab penulis.

Jalan merupakan aset suatu negara (termasuk Indonesia) yang nilainya sangat besar. Jalan yang dimiliki Indonesia dewasa ini kurang lebih 310.000 km yang terdiri dari jalan Nasional, jalan Propinsi dan jalan Kabupaten. Jalan Nasional meliputi 8.5%, jalan Propinsi 12.6%, jalan Kabupaten 72.0% dan jalan Kota mencakup 6.9%. Sedangkan jalan non-status (jalan desa) meliputi sekitar 240.000 km. Pada kondisi lingkungan yang tidak memerlukan perhatian khusus umumnya perkerasan lentur masih merupakan pilihan karena mempunyai banyak keunggulan.

Pengembangan perkerasan lentur telah menghasilkan teknologi, diantaranya naskah ilmiah, pedoman, R0 hingga standar perkerasan lentur dan juga protipe-prototipe baik berupa alat uji, juga penghamparan lapangan. Maka diperlukan langkah untuk mengintegrasikan hasil pengembangan dan penelitian dalam bidang perkerasan lentur. Hal ini akan memudahkan dalam pengembangan selanjutnya di masa yang akan datang.

Bandung, Desember 2013



# ■ DAFTAR ISI

.....

Prakata  
Daftar Isi

v  
vii

- Pendahuluan
- Penanganan Tanah Lateritis Merauke Sebagai Lapis Pondasi
- Penggunaan Pasir Laut Kaimana Untuk Latasir
- Kajian Pelaksanaan Teknologi Daur Ulang Dengan Campuran Beraspal Panas Di Ruas Jalan Cirebon-Losari
- Pengkajian Nilai Modulus Resilien Daur Ulang Campuran Dingin Dengan Aspal Busa (Cold Mix Recycling Foamed Bitumen)







# ■ Pendahuluan

.....

Jalan merupakan aset suatu negara (termasuk Indonesia) yang nilainya sangat besar. Jalan yang dimiliki Indonesia dewasa ini kurang lebih 310.000 km yang terdiri dari jalan Nasional, jalan Propinsi dan jalan Kabupaten. Jalan Nasional meliputi 8.5%, jalan Propinsi 12.6%, jalan Kabupaten 72.0% dan jalan Kota mencakup 6.9%. Sedangkan jalan non-status (jalan desa) meliputi sekitar 240.000 km. Pada kondisi lingkungan yang tidak memerlukan perhatian khusus umumnya perkerasan lentur masih merupakan pilihan karena mempunyai banyak keunggulan.

Pengembangan perkerasan lentur telah menghasilkan teknologi, diantaranya naskah ilmiah, pedoman, RO hingga standar perkerasan lentur dan juga protipe-prototipe baik berupa alat uji, juga penghamparan lapangan. Maka diperlukan langkah untuk mengintegrasikan hasil pengembangan dan penelitian dalam bidang perkerasan lentur. Hal ini akan memudahkan dalam pengembangan selanjutnya di masa yang akan datang.

Buku ini merupakan salah satu kontribusi dari hasil penelitian dan Pengembangan yang dilakukan oleh Pusat Penelitian dan Pengembangan Jalan dan Jembatan dalam Penyediaan buku pegangan untuk teknologi penggunaan perkerasan lentur

Buku ini disusun dengan format bunga rampai, sehingga memuat berbagai tema penelitian yang telah dilakukan di Puslitbang Jalan dan Jembatan, khususnya mengenai perkerasan lentur. Diharapkan akan bermanfaat untuk berbagai pihak yang berkaitan dengan perkerasan jalan, baik untuk pemerintah, pelaksana jalan, peneliti dan lain-lain.



# ■ Penanganan Tanah Lateritis Merauke sebagai Lapis Pondasi

**Dr. Ir.H. R. Anwar Yamin, MSc**

Puslitbang Jalan dan Jembatan

Jl. A. H. Nasution 264 Bandung

e-mail : ayplg@yahoo.com

## *Abstrak*

*Kabupaten Merauke adalah salah satu kabupaten di Papua yang sangat minim akan sumber agregat yang dapat digunakan sebagai bahan perkerasan jalan. Agregat yang digunakan sebagai bahan jalan umumnya didatangkan dari pulau lain sehingga penggunaannya hanya diperuntukkan sebagai bahan untuk campuran beraspal semata. Sedangkan untuk lapis pondasi, digunakan tanah setempat yang distabilisasi dengan semen (Soil Cement, SC). Tanah yang terdapat di kabupaten Merauke umumnya adalah tanah berbutir halus dengan plastisitas tinggi ( $IP > 28\%$ ). Dalam pengelompokan AASHTO, tanah ini masuk dalam kelompok A-7-5, yaitu tanah kelempungan. Selama ini, untuk mendapat SC dengan nilai UCS yang memenuhi persyaratan Spesifikasi Umum Bina Marga, tanah tersebut dicampur dengan semen dengan kuantitas pemakaian lebih dari 10%. Selain menyebabkan tingginya biaya konstruksi untuk lapis pondasi, penyusutan lapis pondasi akibat tingginya kadar semen yang digunakan juga menyebabkan keretakan pada lapisan beraspal yang dihampar di atasnya. Tujuan dari studi ini adalah untuk mencari cara penanganan tanah lempung Merauke untuk mengurangi penggunaan semen tetapi masih menghasilkan SC yang kuat. Dari studi ini dapat disimpulkan bahwa tanah berbutir halus dari Merauke ini dapat digunakan sebagai lapis pondasi bila dilakukan dua tahapan stabilisasi, pertama tanah tersebut distabilisasi terlebih dahulu dengan 8%  $Ca(OH)_2$  (kapur padam) lalu distabilisasi kembali dengan menggunakan 2% semen. Penggunaan kapur lebih dari 8% dan diikuti penggunaan semen lebih dari 2% akan menghasilkan tanah-kapur-semen dengan nilai UCS diluar rentang nilai yang disyaratkan (2,1 MPa – 2,8MPa).*

**Kata Kunci :** Tanah lempung, plastisitas tinggi, Merauke, dua tahap stabilisasi, kapur, semen

## **Abstract**

*Merauke regency is one of the districts in Papua which has a minimal aggregate sources that can be used as road pavement materials. For road material, generally aggregates have been imported from other islands so that their use is intended only as an ingredient for asphalt mixtures. As for the foundation layers, the local soil stabilized with cement (Soil Cement, SC) is widely used. Soil deposited in Merauke district is generally fine-grained soil with high plasticity ( $IP > 28\%$ ). In the AASHTO grouping, this soil is included in group of A-7-5, that is clayed soil. During this time, to get a soil-cement with UCS values that meet the Specifications of Bina Marga, that soil is mixed with cement to the quantity of use more than 10%. In addition to causing higher construction costs of foundation layers, shrinkage of the foundation layer due to high levels of cement used also caused cracks in the asphalt layer placed onto it. The purpose of this study is to find out the ways of handling of Merauke's clay in order to reduce the use of cement, but still produces a strong soil-cement. From this study, it can be concluded that fine-grained soil of Merauke can be used as a foundation layer when treated by two stages of stabilization. Firstly, that soil is stabilized with 8%  $Ca(OH)_2$  (hydrade lime) and then stabilized again with 2% cement. The use of hydrade lime more than 8% and followed by use of more than 2% cement would be resulting a soil-lime-cement with UCS values outside the values range required (2.1 MPa - 2.8 MPa).*

**Key words:** Clay soil, high plasticity, Merauke, two stages stabilization, lime, cement

## **1. LATAR BELAKANG**

Pada prinsipnya struktur perkerasan jalan dimaksudkan untuk meningkatkan daya dukung tanah dasar agar dapat memikul beban lalu lintas yang akan melaluinya. Struktur perkerasan ini dapat berupa lapisan beraspal penuh (*full depth asphalt*), atau berlapis (*multi layer*) yang terdiri dari lapisan permukaan, lapisan pondasi dan lapisan pondasi atas.

Bahan yang digunakan untuk lapis pondasi umumnya berupa agregat tanpa bahan pengikat (*unbound granular base*). Namun untuk meningkatkan daya dukung lapisan yang menggunakan bahan tersebut atau untuk memperbaiki sifat bahan yang digunakan, stabilisasi dengan penambahan bahan pengikat dapat

dilakukan. Untuk tujuan ini, jenis bahan pengikat yang umumnya digunakan adalah kapur, semen ataupun kombinasi dari keduanya.

Kabupaten Merauke adalah salah satu kabupaten di Papua yang sangat minim akan sumber agregat yang dapat digunakan sebagai bahan perkerasan jalan. Agregat yang digunakan sebagai bahan jalan umumnya didatangkan dari pulau lain sehingga penggunaannya hanya diperuntukan sebagai bahan untuk lapis permukaan (campuran beraspal) saja. Sedangkan untuk lapis pondasi, digunakan tanah setempat yang distabilisasi dengan semen (Soil Cement, SC). Namun demikian, karena tanah lempung di kabupaten Merauke adalah tanah lempung berplastisitas tinggi, maka untuk memenuhi kekuatan lapis pondasi SC seperti yang disyaratkan dalam spesifikasi yang digunakan, stabilisasi semen yang dilakukan selama ini selalu dilakukan dengan penggunaan kadar semen yang cukup tinggi ( $> 10\%$  terhadap berat tanah). Selain mahal, dengan kadar semen ini, lapis pondasi SC yang dihasilkan selalu retak dan retak ini berkembang ke lapisan beraspal di atasnya sebagai retak refleksi sehingga menurunkan kinerja struktur perkerasan tersebut secara keseluruhan.

Oleh sebab itu, rekayasa laboratorium pemanfaatan tanah lempung Merauke ini perlu dilakukan untuk meminimalisasi penggunaan semen sehingga biaya konstruksi dapat ditekan dan dapat mereduksi atau bahkan untuk mengeliminasi retak pada lapis pondasi SC yang dihasilkan.

## **Tujuan**

Tujuan dari studi ini adalah untuk mengetahui cara pemanfaatan tanah lempung berplastisitas tinggi Merauke sebagai bahan untuk lapis pondasi SC dengan penggunaan semen dengan kuantitas yang kecil tetapi tetap menghasilkan campuran yang memenuhi sifat-sifat yang disyaratkan dalam Spesifikasi Umum Bina Marga.

## **Pembatas Masalah**

Studi ini hanya membahas cara pemanfaatan tanah lempung berplastisitas tinggi dari Merauke sebagai bahan untuk lapis pondasi melalui proses stabilisasi kapur dan semen di laboratorium. Sifat-sifat SC yang diuji hanya sebatas pada nilai kekuatan yang disyaratkan dalam Spesifikasi Bina Marga 2010.

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

### Stabilisasi

Dalam pembangunan perkerasan jalan, stabilisasi tanah didefinisikan sebagai perbaikan material bahan lokal yang ada dengan cara stabilisasi mekanis, thermal ataupun dengan cara menambahkan suatu bahan tambah (additive) ke dalam tanah (Hary, 2010). Stabilisasi dengan menggunakan bahan tambah umumnya dapat merubah sifat kimia bahan yang distabilisasi sehingga dikelompokkan sebagai stabilisasi kimia.

Dengan stabilisasi kimia banyak bahan lokal yang tidak memenuhi sifat yang disyaratkan spesifikasi, seperti ketidaksesuaian gradasi, sifat plastisitas dan kekuatan, masih dapat digunakan sebagai bahan untuk konstruksi perkerasan jalan dengan kinerja lapangan yang cukup memadai, khususnya untuk jalan bervolume lalu lintas rendah (Arora et al., 1986; Greening et al., 1997; Cook et al., 2002). Tanpa mengabaikan kinerja perkerasan yang akan dicapai, penggunaan material lokal sangat berperan terkait dengan penghematan biaya, pengelolaan sumber material dan lingkungan.

#### 1. Bahan Stabilizer

Menurut Austroads (1998), jenis bahan penstabilisasi (stabilizer) yang umumnya digunakan pada perkerasan jalan antara lain adalah :

- Bahan-bahan organik non-bituminus, seperti semen dan kapur.
- Garam
- Bahan-bahan yang merupakan turunan dari minyak bumi.
- Polimer

Salah satu jenis stabilizer dari turunan minyak bumi yang paling banyak digunakan adalah aspal emulsi. Aspal emulsi dapat digunakan sebagai stabilizer untuk hampir pada seluruh jenis agregat. Aspal emulsi kationik sangat baik digunakan sebagai stabilizer pada material berbutir tetapi tidak cocok digunakan untuk jenis bahan yang memiliki sifat kohesi (Ingles et al., 1972).

#### 2. Pemilihan Stabilizer

Seperti telah diuraikan di atas bahwa ada beberapa macam atau jenis stabilizer. Oleh sebab itu, jenis stabilizer yang cocok untuk digunakan harus ditentukan terlebih dahulu karena tidak semua stabilizer cocok digunakan untuk suatu jenis material tertentu.

Jenis stabilizer yang digunakan tergantung pada jenis tanah dan tujuan dari stabilisasi itu sendiri. Beberapa pertimbangan teknis yang perlu diperhatikan untuk memilih jenis stabilizer yang cocok antara lain adalah jenis bahan yang akan distabilisasi, kekuatan dan tujuan yang ingin dicapai serta kondisi lingkungan dimana proses stabilisasi itu akan dilaksanakan. Menurut Austroads (1998) dan Hicks, (2002), faktor-faktor yang perlu diperhatikan dalam pemilihan jenis stabilizer sehubungan dengan material yang akan digunakan adalah persentase lolos saringan no. 200 dan Indeks Plastisnya (IP).

### **3. Kapur dan Semen sebagai Stabilizer**

Kapur, semen atau campuran keduanya atau campurannya dengan abu terbang, slag atau material pozolanik lainnya adalah jenis stabilizer konvensional yang umumnya digunakan pada proses stabilisasi. Fungsi utama penambahan stabilizer pada material jalan adalah untuk menaikkan kekuatan bahan yang distabilisasi tersebut, yaitu dengan menaikkan tahanan gesernya.

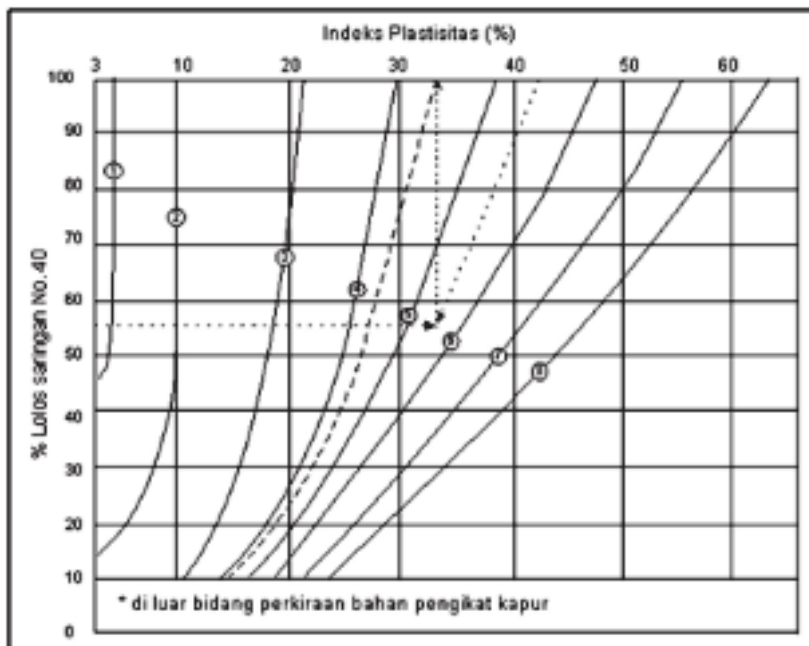
Semen merupakan jenis stabilizer yang dapat digunakan hampir pada semua jenis tanah khususnya untuk material granular tetapi kurang cocok untuk tanah yang memiliki sifat plastisitas tinggi ( $IP > 10\%$ ). Sedangkan kapur atau campuran kapur dengan bahan pozolanik lainnya cocok digunakan untuk material yang memiliki plastisitas tinggi. Selain dapat menurunkan nilai plastisitas tanah, penambahan kapur pada tanah juga akan meningkatkan workabilitas dan kekuatan serta mengurangi sifat kembang susut tanah (Hary, 2010).

Material yang distabilisasi dengan menggunakan semen atau kapur akan bersifat semi kaku atau bahkan cenderung getas, semakin tinggi persentase pemakaian semen atau kapur, semakin getas bahan yang dihasilkan, sehingga bahan yang distabilisasi memiliki daya tahan terhadap retak yang tidak begitu baik. Walaupun stabilisasi semen atau kapur sama-sama akan menaikkan kekakuan bahan, tetapi nilai kekakuan bahan yang dihasilkan dengan stabilisasi semen lebih tinggi dari yang dihasilkan oleh stabilisasi kapur.

Kuantitas penggunaan semen untuk stabilisasi dapat diperkirakan dengan melihat jenis tanah, yaitu dengan menggunakan Tabel 1 (Bina Marga, 1994). Untuk kapur, kuantitas penggunaan diperkirakan dengan menggunakan nomogram seperti yang diberikan pada Gambar 1 (Bina Marga, 1994). Berapapun jumlah semen yang digunakan, sifat akhir dari tanah-semen (Soil Cement, SC) yang dihasilkan harus memenuhi sifat seperti yang disyaratkan dalam Tabel 2 (Bina Marga, 2010).

**Tabel 1. Penentuan Perkiraan Persentase Semen yang Dibutuhkan**

Klasifikasi Tanah Menurut AASTHO	Rentang Minimum Kadar Semen yang Diperlukan (% Berat)	Perkiraan Kadar semen untuk Uji Pemasatan (% Berat)
A-1.a	3 – 8	5
A-1.b	5 – 8	6
A-2	5 – 9	7
A-3	7 – 11	9
A-4	7 – 12	10
A-5	8 – 13	10
A-6	9 – 15	12
A-7	10 – 16	13



**Gambar 1. Nomograp untuk Perkiraan Penggunaan Kapur**

Keterangan :

- ①, ②, dan seterusnya adalah kadar kapur;
- Grafik ini tidak diperbolehkan untuk material yang lolos saringan No.40 lebih kecil 10% dan pada material pasir (Indeks Plastisitasnya kurang dari 3%);
- Grafik ini berlaku untuk kapur yang kandungan kalsium (Ca) dan magnesium (Mg)  $\geq 90\%$  dan butiran yang lolos saringan No. 200  $\geq 85\%$ .



**Tabel 2. Sifat Lapis Pondasi Semen Tanah yang Disyaratkan (Bina Marga, 2010)**

Jenis Pengujian	Batas Sifat Setelah Perawatan 7 hari		
	Minimum	Target	Maksimum
<i>Unconfined Compressive Strength (UCS), kg/cm<sup>2</sup></i>	20	24	35
<i>California Bearing Ratio (CBR) %</i>	100	120	200

## Tanah Laterit

Tanah laterit adalah tanah hasil proses oksidasi yang terjadi pada daerah beriklim tropis. Batuan asal secara kimiawi diubah sifatnya dengan adanya penambahan besi dan aluminium oksida dan pelepasan kadar silika. Gambaran yang paling menonjol dari laterit yaitu adanya sesquioxides (oksida besi; Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> dan aluminium; Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) dibandingkan dengan komponen kimia lainnya. Laterit mungkin berbentuk tanah lempung yang tidak keras atau berbentuk menyerupai batu atau kerikil yang keras.

Pada umumnya, dalam kondisi oksidasi iklim tropis, tanah cenderung memerah, tetapi tidak selalu menghasilkan bahan lateritis (Charman, 1988). Menurutnya, laterit dalam semua bentuk adalah bahan alam yang lapuk yang sangat dipengaruhi oleh iklim. Laterit dibentuk oleh adanya konsentrasi oksida hidrat besi atau aluminium. Berdasarkan kadar hidorksidanya, Lacroix (1913) membagi laterit dalam tiga kelompok, yaitu: laterit sungguhan, silika laterit dan lempung laterit. Pengelompokan ini diperkuat lagi oleh Martin et al. (1927) dengan mengelompokkan laterit berdasarkan silika-aluminanya. Menurut Martin et al (1927) dan Alexander et al. (1962) kelateritan suatu tanah ditentukan oleh besarnya rasio silika-sesquioxide (Rs), yaitu :

$$Rs = \frac{SiO_2}{(Al_2O_3 + Fe_2O_3)} \dots\dots\dots(1)$$

Bila :

Rs < 1,33	laterit
1,33 < Rs < 2,00	lateritis
Rs > 2,00	non laterit

## Tanah Laterit untuk Konstruksi Jalan

Kekakuan yang tinggi yang dihasilkan oleh laterit disebabkan karena adanya sifat sementasi dan bentuk hidrat pada kondisi pemampatan di lapangan (Gidigasu et al. 1988), akan tetapi sifat kekakuan ini sangat tergantung pada ukuran partikel, sifat dan kekakuan partikel kerikil, kepadatan tanah dan kondisi lingkungan setempat. Dengan alasan ini, walaupun tidak semua jenis laterit dapat digunakan sebagai bahan untuk konstruksi jalan, namun di Afrika, Asia dan Amerika Selatan secara tradisional tanah laterit telah digunakan sebagai bahahn jalan.

Menurut Charman (1988), dengan tidak memberikan perawatan (untreated) tanah laterit dapat digunakan untuk jalan minor atau untuk pondasi bawah atau atas pada jalan dengan lalu lintas tidak lebih dari  $3 \times 10^6$  ESA. Sedangkan menurut DHV (1984), bila laterit akan digunakan sebagai bahan jalan maka harus memenuhi sifat seperti yang diberikan pada dalam Tabel 3. Untuk meningkatkan kinerja tanah laterit agar dapat digunakan sebagai bahan untuk konstruksi perkerasan, maka tanah ini perlu distabilisasi.

**Tabel 3. Persyaratan Laterit untuk Bahan Jalan (DHV, 1984)**

Spesifikasi	Bahan Pondasi	
	Bawah	Atas
Batas Cair (LL)	$\leq 50\%$	$\leq 50\%$
Plastis Indeks (PI)	$\leq 25\%$	$\leq 25\%$
Kepadatan (modifikasi Proktor)	$\geq 1,9 \text{ t/m}^3$	$\geq 1,9 \text{ t/m}^3$
CBR rendaman (4 hari)	$> 30\%$	$> 80\%$

### 3. HASIL PENGUJIAN

Hasil pengujian laboratorium tanah Merauke seperti yang diberikan pada Tabel 4. Pada tabel ini diberikan juga nilai daya dukung asli tanah tersebut. Pada Tabel 5 diberikan hasil pengujian analisis kimia unsur pembentuk tanah Merauke. Bentuk fisik tanah tersebut seperti yang ditunjukkan Gambar 2.

**Tabel 4. Hasil Pengujian Tanah Merauke - Papua**

Jenis Pengujian		Tanah
Batas Cair	(%)	64
Batas Plastis	(%)	36
Plastisitas Indek	(%)	28
Berat Jenis (Bulk) Agregat Halus		2,892
Penyerapan Agregat Halus		11,133
Berat Jenis (Bulk) Agregat Kasar		2,600
Penyerapan Agregat Kasar		6,260
Gradasi (% Lolos)		
No. 4		100
No. 8		96,5
No. 10		74,1
No. 30		72,4
No. 50		71,6
No. 100		70,0
No. 200		65,8
Pematatan:		
— Kadar Air Optimum	(%)	14
— Kepadatan Maksimum	(t/m <sup>3</sup> )	1,94
California Bearing Ratio, CBR (%)		18
Unconfined Compressive Strength, UCS (kg/cm <sup>2</sup> )		9,92

**Tabel 5. Komposisi Kimia Tanah Merauke - Papua**

Unsur-unsur Kimia	Kandungan (%)
SiO <sub>2</sub>	52,42
- Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	26,05
- Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	8,18
- CaO	1,15
- MgO	0,30
- TiO <sub>2</sub>	0,95
- Mn <sub>2</sub> O	-
K <sub>2</sub> O	0,25
- Na <sub>2</sub> O	0,02
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,05
- SO <sub>2</sub>	0,03
- H <sub>2</sub> O	2,08
- HD	10,29



**Gambar 2. Contoh Tanah dari Merauke - Papua**

## **4. PEMBAHASAN**

Dari data analisa pembagian butir dan batas Atterberg (Tabel 4), dapat diketahui bahwa tanah Merauke dapat diklasifikasikan masuk A-7-5 menurut sistim klasifikasi AASHTO dan menurut sistim Unified Soil Classification (USC) tanah ini diklasifikasikan sebagai MH.

Dari analisa kimia yang dilakukan (Tabel 5) diketahui bahwa unsur-unsur kimia yang dominan yang terkandung dalam tanah Merauke adalah Silikon Dioksida (SiO<sub>2</sub>)

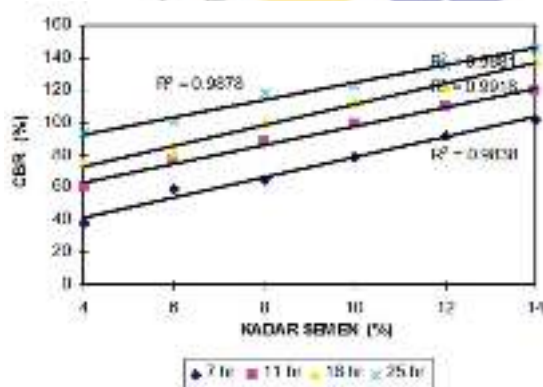
sebesar 52.42%, Ferro Oksida ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) sebesar 26,05%, dan Aluminium Oksida ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) sebesar 8,18%. Dengan melihat perbandingan kandungan  $\text{SiO}_2$  terhadap jumlah kandungan  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  dan  $\text{Al}_2\text{O}_3$  yang terkandung dalam tanah Merauke tersebut, yang besarnya 1,53; maka berdasarkan Persamaan 1 tanah dari Merauke ini bukan merupakan tanah laterit, tetapi hanya bersifat laterit (lateritis).

Dengan nilai LL (64)%, PI (28%), kepadatan  $1,94 \text{ t/m}^3$  dan nilai CBR rendaman sebesar 18%, maka menurut (DHV, 1984) tanah lateritis Merauke ini tidak dapat digunakan sebagai bahan untuk lapis pondasi atas atau bahkan untuk pondasi bawah sekalipun. Bahkan berdasarkan klasifikasi USC tersebut di atas, dengan nilai batas cair lebih besar dari 50% maka tanah ini akan memberikan kinerja yang jelek sekalipun digunakan sebagai tanah dasar.

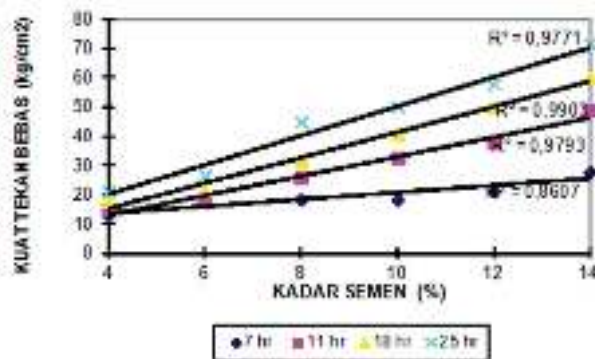
Agar dapat digunakan sebagai tanah dasar atau bahkan sebagai bahan untuk lapis pondasi, maka tanah ini harus dimodifikasi sifatnya dan ditingkatkan daya dukungnya. Untuk tujuan tersebut, dalam studi ini, tanah lateritis Merauke ini distabilisasi dengan menggunakan semen. Hasil uji CBR dan kuat tekan bebas (Unconfined Compressive Strength, UCS) tanah lateritis Merauke yang distabilisasi dengan penambahan variasi kadar semen diberikan pada Tabel 6. Perkembangan nilai CBR dan UCS yang dihasilkan ditunjukkan Gambar 3 dan Gambar 4.

**Tabel 6. Hasil Pengujian Daya Dukung Stabilisasi Tanah dengan Semen**

Kadar Semen (%)	Pemeraman (hari)							
	7		11		18		25	
	CBR	UCS	CBR	UCS	CBR	UCS	CBR	UCS
4	37,5	13,14	60,0	15,19	75,3	17,45	93,0	21,08
6	58,8	17,4	77,0	18,44	81,0	21,44	101,0	26,77
8	65,0	18,53	87,5	25,90	99,8	31,94	118,0	44,86
10	78,5	18,41	98,7	32,76	112,0	40,89	123,0	50,12
12	92,0	21,22	110,0	37,75	122,0	49,89	135,0	57,83
14	102,0	27,74	119,5	48,85	137,5	59,95	145,0	71,40



**Gambar 3. Hubungan Kadar Semen dengan CBR Tanah Lateritis Merauke**



**Gambar 4. Hubungan Kadar Semen dengan Kuat Tekan Bebas Tanah Lateritis Merauke**

Untuk distabilisasi dengan semen, karena dalam pengelompokan AASHTO, tanah dari Merauke ini masuk dalam kelompok A-7-5, berdasarkan Tabel 1, perkiraan jumlah semen yang dibutuhkan adalah dalam rentang 10% - 16%.

Pada Gambar 3 dan Gambar 4 dapat dilihat bahwa sampai dengan 14% penggunaan semen kekuatan SC yang dihasilkan masih belum memenuhi kekuatan yang disyaratkan oleh Spesifikasi Bina Marga 2010. Walaupun penambahan kadar semen lebih lanjut mungkin akan menghasilkan SC dengan kekuatan yang diinginkan, tetapi dengan kadar semen yang tinggi ini SC yang dihasilkan cenderung akan retak. Berdasarkan Austroads (1998), dengan melihat IP-nya (28%) dan persentase lolos saringan no. 200-nya (65,8%), maka tanah dari Merauke tidak cocok untuk distabilisasi dengan semen

Untuk tanah dengan plastisitas, kadar air dan kandungan partikel halus yang tinggi, OGE (2008) merekomendasikan untuk memodifikasi sifat tanah tersebut dengan stabilisasi kapur sebelum kekuatannya ditingkatkan lebih lanjut dengan melakukan stabilisasi tahap kedua dengan semen atau bahan lainnya. Berdasarkan hal ini, untuk menghindari retak dan bila tanah di daerah Merauke ini tetap dapat digunakan sebagai bahan lapis pondasi tanah semen, maka sebelum stabilisasi dengan semen dilakukan, tanah ini harus ditangani (treatment) terlebih dahulu untuk memodifikasi sifat-sifatnya. Penanganan ini dimaksudkan untuk menurunkan IP, kadar air dan kandungan partikel halusnya. Cara lainnya yang juga dapat dilakukan untuk tujuan sama adalah dengan mencampur tanah tersebut dengan bahan berbutir yang bersifat NP (granular, seperti agregat).

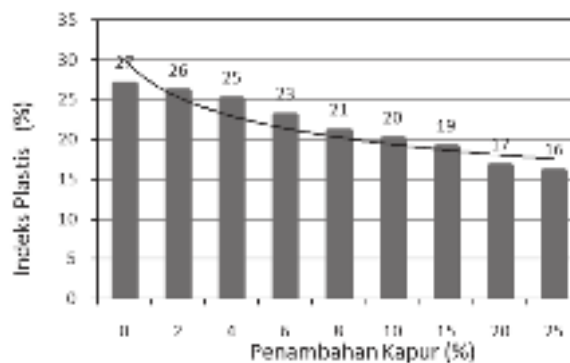
Dalam studi ini, mengingat di Merauke bahan granular adalah sesuatu yang sulit didapatkan dibandingkan dengan kapur maka sebelum proses stabilisasi semen dilakukan, tanah tersebut di-treatment terlebih dahulu dengan menggunakan kapur (Soil Lime, SL).

Pada Tabel 7 dan Gambar 5 dapat dilihat pengaruh penambahan  $\text{Ca(OH)}_2$  (kapur padam) terhadap IP tanah dari Merauke. Akibat penambahan kapur, IP tanah ini akan menurun sejalan dengan kuantitas kapur yang ditambahkan. Agar dapat distabilisasi dengan semen secara efektif, IP tanah seyogyanya diturunkan terlebih dahulu sampai dibawah 10%, tetapi dari Gambar 5 dapat dilihat bahwa mencapai nilai tersebut persentase kapur yang dibutuhkan akan sangat tinggi (> 25%).

Berdasarkan Austroads (1998), tanah berbutir halus (lolos saringan No. 200 > 25%) dengan IP dalam rentang 10% - 20%, walaupun masih belum cocok untuk distabilisasi dengan semen tetapi tanah dengan IP tersebut dapat dipertimbangkan untuk distabilisasi dengan semen. Untuk menurunkan IP tanah Merauke ke rentang tersebut, penurunannya dilakukan melalui stabilisasi kapur dengan kuantitas pemakaian kapur sampai dengan 15% (lihat Gambar 5).

**Tabel 7. Pengaruh Penambahan Kapur pada Tanah Merauke**

Jenis Pengujian	Persentase Penambahan kapur (%)								
	0	2	4	6	8	10	15	20	25
Batas Cair	57	58	58	58	56	56	50	42	30
Batas Plastis	30	32	33	35	35	36	31	23	11
Indeks Plastis	27	26	25	23	21	20	19	17	16



**Gambar 5. Penurunan IP tanah Selmat Munting Akibat Penambahan Kapur**

Berdasarkan hal tersebut di atas, setelah IP tanah dari Merauke diturunkan dengan penambahan kapur ((Soil Lime, SL), selanjutnya pada tanah ini baru dilakukan stabilisasi dengan semen. Pada Tabel 8 ditunjukkan pengaruh penambahan kapur dan semen pada tanah dari Merauke terhadap nilai kuat

tekan bebasnya. Dari tabel ini dapat dilihat bahwa setelah stabilisasi dengan 8% - 10% kapur padam (stabilisasi pertama), stabilisasi selanjutnya (stabilisasi kedua) dengan penambahan 2% - 6% semen pada tanah-kapur (SL) ini sudah dapat menaikkan nilai UCS tanah yang dihasilkan (Soil-Lime-Cement, SLC) secara signifikan. Bila nilai UCS yang disyaratkan adalah sebesar 20 kg/cm<sup>2</sup> – 35 kg/cm<sup>2</sup>, maka dengan penambahan 2% - 4% semen pada tanah yang terlebih dahulu distabilisasi dengan 8% atau 10% kapur sudah dapat memenuhi nilai yang disyaratkan tersebut. Sedangkan bila stabilisasi pertama digunakan 15% kapur, maka stabilisasi keduanya hanya membutuhkan maksimum 2% semen.

**Tabel 8. Pengaruh Penambahan Semen pada Stabilisasi Tanah-Kapur**

Persentase Penambahan Kapur (%)								
8			10			15		
Persentase Penambahan Semen (%)								
2	4	6	2	4	6	2	4	6
Kuat Tekan Bebas (kg/cm <sup>2</sup> )								
23	33	39	28	29	45	35	37	38

Dalam Spesifikasi Umum Bina Marga 2010 disebutkan bahwa untuk mencapai nilai UCS sebesar 20 kg/cm<sup>2</sup> – 35 kg/cm<sup>2</sup>, kuantitas semen yang digunakan harus dalam rentang 3% - 12% terhadap berat kering tanah. Dengan demikian dapat dikatakan bahwa tanah berbutir halus dari Merauke ini dapat digunakan sebagai lapis pondasi bila dilakukan dua tahapan stabilisasi, pertama tanah tersebut distabilisasi terlebih dahulu dengan 8%-10% kapur padam sehingga menghasilkan SL, selanjutnya SL tersebut distabilisasi kembali dengan menggunakan 3% - 4% semen. Penggunaan kapur padam sebanyak 15% untuk stabilisasi pertama tanah berbutir halus dari Merauke sebaiknya dihindari karena untuk mencapai kekuatan yang disyaratkan, stabilisasi tahap keduanya hanya membutuhkan 2% maksimum semen.

## 5. KESIMPULAN DAN SARAN

### Kesimpulan

Beberapa hal yang dapat disimpulkan dari studi antara lain yaitu :

- Tanah lempung Merauke adalah tanah berbutir halus berplastisitas tinggi dan masuk dalam kelompok A-7-5 (AASTHO) atau MH (USC).
- Berdasarkan oksida pembentuknya, tanah lempung Merauke bukan merupakan tanah laterit, tetapi hanya bersifat laterit (lateritis).



- Berdasarkan sifat-sifatnya, tanah lateritis Merauke ini tidak dapat digunakan sebagai bahan untuk lapis pondasi atas atau bahkan untuk pondasi bawah. Bahkan akan memberikan kinerja yang jelek bila digunakan sebagai tanah dasar.
- Tanah lempung Merauke tidak dianjurkan distabilisasi dengan semen karena menuntut penggunaan semen yang sangat banyak (>14%) sehingga lapisan SC yang dihasilkan juga cenderung akan retak.
- Tanah lempung Merauke dapat digunakan sebagai lapis pondasi bila dilakukan dua tahapan stabilisasi; stabilisasi pertama dengan kapur padam dan stabilisasi kedua dengan semen.
- Stabilisasi tahap pertama pada tanahlempung Merauke ini dilakukan dengan penambahan 8%-10%  $\text{Ca(OH)}_2$  (kapur padam) dan stabilisasi keduanya dilakukan dengan menggunakan 3% - 4% semen. Penggunaan kapur sebanyak 15% untuk stabilisasi pertama sebaiknya dihindari.

## Saran

Dalam Spesifikasi Umum Bina Marga hanya ada satu tahapan stabilisasi. Tidak semua material, khususnya material substantar seperti tanah lempung Merauke dapat digunakan sebagai bahan perkerasan jalan hanya dengan satu tahapan stabilisasi saja. Oleh sebab itu, dipandang perlu adanya spesifikasi khusus yang mengizinkan dilakukannya stabilisasi multi step.





## DAFTAR PUSTAKA

- Alexander L. T. and Cady J. G., (1962), Genesis and Hardening of Latérite in Soils, USDA Techn. Bull. 1282.
- Arora, P.L., Crowther, L. and Akhter, G. (1996). Soil Stabilization for Low-volume Roads. Sheladia Associates, Inc. and Federal Highway Administration.
- Austrroads, (1998), Guide to Stabilization in Roadworks, Austrroads Publication No. AP-60/98. Sydney.
- Bina Marga, (1994), Pedoman Perencanaan Stabilisasi Tanah engan Bahan Serbuk Pengikat untuk Konstruksi Kalan, SNI 03-3437-1994.
- Bina Marga, (2010), Spesifikasi Umum Buku III, Direktorat Jeneral Bina Marga Kementerian Pekerjaan Umum.
- Charman, J.H, (1988), Laterite in Road Pavements, Overseas Development Administration, London; Transport and Road Research Lab., Crowthorne; Construction Industry Research and Information Association (CIRIA), London.
- Cook, J.R. and Gourley, C.S. (2002). A Framework for the Appropriate Use of Marginal Materials. World Road Association (PIARC)-Technical Committee C12 Seminar in Mongolia.
- DHV, (1984), Laterite and Laterite Stabilization, Laboratory Results, Publisher(s), DHV, Consulting Engineers, Amersfoort.
- Gidigasus, M. D. and Benneh, G., (1988), Stabilization Characteristics of Selected Ghanaian Soils, Technical paper, Building and Road Research Institute Council for Science and Industrial Research, Kumasi, Ghana.
- Greening, P.A.K. and Rolt, J (1997). The Use of Marginal Materials for Road Base in Kalahari Region of Southern Africa. International Symposium on Thin Pavements, Surface Treatment and Unbound Roads, University of New Brunswick, Canada.
- Hary Christady H, (2010),, Stabilisasi Tanah untuk Perkerasan Jalan, Universitas Gajah Mada, Gajah Mada University Press
- Hicks Russell G, (2002), Alaska Soil Stabilization Design Guide, Alaska Department of Transportation and Public Facilities Research and Technology Transfer
- Ingles, O.G. and Metclaf, J.B., (1972), Soil Stabilization, Principles and Practice, Butterworths, Sydney-Melbourne-Brisbane.
- Lacroix, A, (1913), Les latérites de Guinée et les produits d'altération qui leur sont associés, Nouv. Arch. Mus. Hist. Nat., vol. V.
- Martin F. J. and H. C. Doynne, (1927), Laterite and lateritic soils in Sierra Leone, The Journal of Agricultural Science Vol. 17, Cambridge University Press



# Pemanfatan Substandar Karbonan Agregat untuk Campuran Beraspal

**H. R. Anwar Yamin**  
(Puslitbang Jalan dan Jembatan)

## *Abstrak*

*Pembangunan konstruksi perkerasan jalan pada umumnya menggunakan bahan standar yang berasal dari bahan alam seperti batu dan pasir. Namun demikian, tidak semua daerah memiliki cadangan bahan yang mencukupi untuk digunakan sebagai bahan perkerasan atau mutu bahan yang ada di bawah standar (sub-standard). Untuk mengatasi hal tersebut, perlu dilakukan rekayasa teknis dalam pemanfaatan bahan sehingga bahan lokal yang substandar atau bahan buangan industri (waste materials) dapat dioptimalisasikan penggunaannya untuk perkerasan jalan, baik pada campuran beraspal maupun untuk lapis pondasi jalan. Tujuan dari studi ini adalah untuk mengoptimalkan penggunaan batu karang kristalin yang merupakan agregat substandar yang terdapat di Propinsi Papua Barat khususnya di Kabupaten Fak Fak dan Sorong. Dari studi ini diketahui bahwa agregat dari quarry yang terdapat di Fak Fak dan Sorong sangat baik digunakan untuk lapis pondasi Klas A tetapi tidak boleh digunakan sebagai agregat untuk campuran beraspal karena memiliki kelekatan terhadap aspal yang tidak begitu baik sehingga dapat dikelompokkan sebagai agregat substandar untuk campuran beraspal. Preblended agregat dengan larutan semen (1 semen : 5 air) dapat meningkatkan daya lekatnya terhadap aspal, tetapi hal ini tidak efektif dilakukan di lapangan. Daya lekat antara agregat substandar dengan aspal dapat dinaikan dengan hanya penambahan 0,01% surfaktan ke dalam aspal pen 60. Agregat dari quarry Batu Gantung-Fak Fak yang sedianya tidak diperbolehkan untuk digunakan sebagai bahan campuran beraspal dapat direkomendasikan untuk digunakan asalkan pada aspal pen 60 yang digunakan*

ditambahkan 0,01% surfaktan. Untuk mendapatkan hasil yang baik, aspal yang sudah ditambahkan surfaktan tidak direkomendasikan untuk ditambahkan aditif anti stripping lagi.

**Kata Kunci :** Agregat lokal, substandar, Papua Barat, surfaktan, campuran beraspal

## **Abstract**

*Construction of road pavement construction in general use of standard natural materials such as stone and sand. Unfortunately, not all areas have sufficient reserves of materials to be used as pavement material or just have sub-standard material. To overcome this, it is needed a technical engineering in the utilization of local materials so that sub-standard materials or industrial waste materials can be optimized for use in road pavement, either for asphaltic mixtures or road base materials. The purpose of this study was to optimize the use of crystalline coral sub-standard aggregate deposited in of West Papua Province, especially in Fak Fak and Sorong districts. From this study known that the aggregate from quarry Fak Fak and Sorong is suited for use as the Class A base layer but should not be used as aggregate for asphalt mixture because it's affinity to bitumen is not so good that it can be classified as sub-standard aggregate for asphaltic mixtures. Although preblended aggregate with a cement solution (1 cement: 5 water) can increase aggregate affinity against the asphalt, but this is not effectively carried out in the field. Affinity between sub-standard aggregate and asphalt can be increased by the addition of only 0.01% surfactant into the asphalt pen 60. Aggregate of quarry of Batu Gantung -Fak Fak which initially was not allowed to be used as an ingredient asphalt mixture can be recommended for use on asphaltic mixtures as long as 0.01% of surfactant was added into asphalt of pen 60 used. To get good results, additive anti-stripping is not recommended add into asphalt-surfactant blend.*

**Keywords :** Local aggregate, sub-standard, West Papua, surfactant, asphaltic mixture

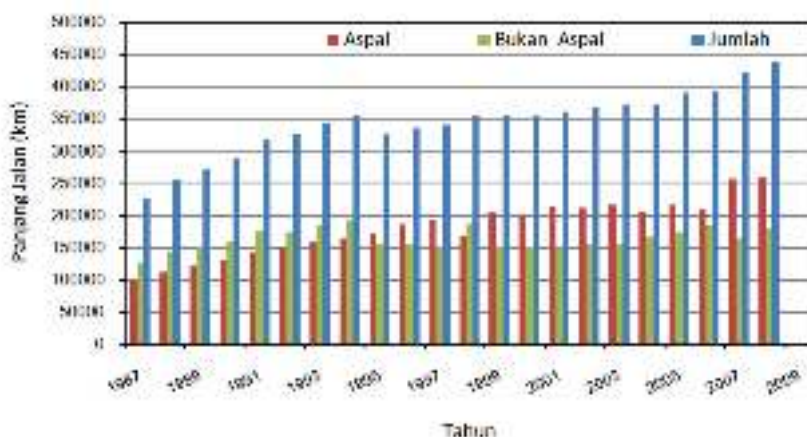
## **I. PENDAHULUAN**

### **Latar Belakang**

Pembangunan konstruksi perkerasan jalan pada umumnya menggunakan bahan standar yang berasal dari bahan alam seperti batu dan pasir. Bahan tersebut digunakan sebagai bahan untuk lapis pondasi jalan yang tanpa atau dengan bahan

pengikat atau untuk campuran beraspal. Agar biaya konstruksi dapat ditekan, selain hal di atas, penggunaan bahan setempat atau lokal perlu diprioritaskan. Namun demikian untuk itu perlu dilakukan upaya-upaya agar bahan sub standard ini dapat dioptimalkan penggunaannya.

Saat ini, menurut (BPS, 2011) panjang jalan di Indonesia adalah sekitar 348.241 km yang terdiri dari jalan berkapis penutup (paved road) dan jalan tanpa penutup (unpaved road). Seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1, dari tahun ke tahun panjang jalan ini terus bertambah. Di sisi lain, pekerjaan perbaikan jalan juga selalu dilakukan untuk menjaga agar jalan tersebut dapat selalu berfungsi dan selalu dalam kondisi baik. Pembangunan dan perbaikan jalan tentu saja membutuhkan bahan, sehingga kebutuhan bahan jalan setiap tahun juga meningkat. Namun demikian, tidak semua daerah memiliki cadangan bahan yang mencukupi untuk digunakan sebagai bahan perkerasan pada struktur perkerasan jalan atau mutu bahan yang ada di bawah standar (sub-standard). Selain itu, peningkatan kebutuhan bahan jalan tidak dapat diimbangi dengan ketersediaan sumber bahan, khususnya agregat. Untuk memenuhi kebutuhan agregat di suatu daerah dengan cara mendatangkan agregat dari tempat lainnya tentu saja akan meningkatkan biaya. Untuk mengatasi hal tersebut, perlu dilakukan rekayasa teknis dalam pemanfaatan bahan sehingga bahan lokal yang substandar atau bahan buangan industri (waste materials) dapat dioptimalisasikan penggunaannya untuk perkerasan jalan, baik pada campuran beraspal maupun untuk lapis pondasi jalan (Fred, 1993).



Gambar 1. Panjang Jalan di Indonesia dari Tahun ke Tahun (diolah dari data BPS, 2011)

## Tujuan

Tujuan dari studi ini adalah untuk mengoptimalkan penggunaan batu karang kristalin yang merupakan agregat substandard yang terdapat di Propinsi Papua Barat khususnya di Kabupaten Fak Fak dan Sorong.

## II. STUDI PUSTAKA

### Material Untuk Perkerasan

Lapis perkerasan jalan dibuat untuk meningkatkan daya dukung tanah dasar sehingga dapat memikul beban lalu lintas yang melewatinya. Pada umumnya bahan untuk struktur perkerasan terdiri dari agregat dan bahan pengikat (binder).

### Agregat

Agregat adalah komponen padat dan keras dengan ukuran yang bervariasi yang merupakan material utama dalam konstruksi perkerasan jalan dan berfungsi sebagai penahan beban serta mengisi rongga. Setiap material dapat menjadi bahan jalan asalkan memenuhi persyaratan spesifikasi yang ada. Tidak ada batasan khusus material apa yang dapat digunakan sebagai bahan jalan. Secara khusus Geological Society, UK mendefinisikan bahwa agregat adalah partikel batuan yang dapat digunakan sebagai bahan perkerasan jalan dengan atau tanpa bahan pengikat (Collins et al. 1985).

Agregat digunakan pada seluruh jenis dan lapis perkerasan kecuali untuk tanah dasar. Agregat alam dapat digunakan sebagai bahan perkerasan jalan baik secara langsung atau melalui tahapan proses terlebih dahulu. Agregat merupakan bahan utama pembentuk lapis perkerasan, menurut Please et al. (1968) dalam setiap meter persegi perkerasan jalan terdapat 1,3 ton agregat dan karena agregat merupakan bagian terbesar (95%) bahan pembentuk campuran beraspal serta memberikan sumbangan terbesar pada daya dukung perkerasan maka kualitas dan sifat-sifat fisik agregat sangat mempengaruhi kinerja perkerasan (TAI, 1993).

Berdasarkan sumbernya, agregat dapat dikelompokkan dalam tiga kelompok, yaitu agregat alam (natural aggregates), agregat buatan (artificial aggregates) dan agregat hasil pemrosesan (by-product aggregates). Agregat alam adalah agregat yang secara alamiah terdapat di alam. Agregat ini dapat digunakan sebagai bahan perkerasan jalan dengan atau tanpa pemrosesan. Agregat buatan adalah jenis agregat yang dibuat melalui proses kimia atau thermal (Sherwood, 1995), contoh dari agregat jenis ini adalah batu bata, alwa dan lain sebagainya. Agregat hasil pemrosesan adalah agregat yang dihasilkan sebagai produk sampingan (waste

materials) dari suatu proses industri. Contoh dari agregat jenis ini adalah abu terbang (fly ash), slag dan lain sebagainya.

Seperti telah diuraikan di atas bahwa semua agregat dapat digunakan sebagai bahan jalan sejauh memenuhi spesifikasi. Semua agregat, tanpa memperhatikan sumber, metode pemerosesan dan mineraloginya, harus cukup memberikan kekuatan geser terhadap beban yang diberikan. Karena agregat memiliki kohesi yang rendah, maka kekuatan gesernya hanya tergantung pada sifat saling kunci antar agregat (*aggregate interlocking*) itu sendiri. Sifat saling kunci ini sangat penting terutama bila agregat tersebut digunakan sebagai bahan perkerasan dengan tanpa bahan pengikat (*unbound layer*). Oleh sebab itu, agregat yang berbentuk kubikal lebih disukai dari pada agregat yang bulat. Selain harus kubikal, agregat yang akan digunakan untuk lapis perkerasan jalan harus memenuhi persyaratan tertentu. SHRP (TAI, 1996) menyebutkan ada dua sifat penting agregat yang harus diketahui. Kedua sifat itu adalah sifat yang merupakan kesepakatan (*consensus properties*) dan sifat yang berasal dari sumber agregat (*source properties*). *Consensus properties agregat* adalah sifat utama agregat yang harus dipenuhi untuk mendapatkan campuran beraspal berkinerja tinggi. Yang termasuk dalam sifat-sifat ini adalah angularity, kepipihan dan kadar lempung dalam agregat. *Source properties agregat* biasanya digunakan untuk mengetahui kualitas sumber-sumber agregat. Yang termasuk dalam *source properties* ini adalah kekerasan, keawetan dan kandungan material yang tidak diinginkan dalam agregat.

Tidak semua agregat memenuhi kedua sifat tersebut di atas, terutama *source properties*-nya. Untuk itu, dalam hal penggunaannya, agregat ini dapat dicampur dengan bahan pengikat sehingga membentuk lapisan agregat yang terikat kuat oleh bahan pengikat (*bound layer*).

### **Agregat Substandar**

Pada umumnya agregat kasar yang digunakan untuk bahan jalan berasal dari batuan beku dan biasanya batuan sedimen tidak layak sebagai agregat pada konstruksi jalan, hal ini disebabkan karena struktur batuan sedimen tidak seragam, tidak memiliki kekuatan, mudah terpengaruh oleh cuaca dan mengandung bahan organik yang cukup tinggi. Walaupun begitu, karena batuan sedimen memiliki banyak variasi dan bentuk sehingga beberapa diantaranya memiliki tekstur dan penampakan seperti batuan beku dan mereka memiliki cukup kekuatan untuk digunakan sebagai agregat bahan jalan.

Agregat yang digunakan sebagai bahan jalan diharuskan memenuhi sifat-sifat tertentu yang disyaratkan dalam spesifikasi. Selanjutnya agregat memenuhi sifat



diistilahkan sebagai agregat standar. Sedangkan yang tidak memenuhi disebut sebagai agregat substandar. Sifat-sifat yang umumnya tidak sesuai spesifikasi yang berlaku, antara lain karena ketidaksesuaian gradasi, sifat plastisitas dan kekuatan.

Agregat substandar dapat berasal dari agregat alam ataupun agregat buatan. Beberapa contoh agregat substandar dapat berasal dari agregat alam antara lain adalah batu karang, pasir laut, batu apung dan lain sebagainya. Sedangkan agregat substandar buatan dapat berupa agregat yang sengaja dibuat, contohnya alwa, batu bata, genting dan lain sebagainya, dan ada pula yang berasal dari sisa produksi (*waste*) contohnya slag, tailing.

Dengan beberapa perbaikan atau desain struktural yang sesuai, banyak bahan lokal yang tidak memenuhi spesifikasi tetapi menunjukkan kinerja lapangan yang cukup memadai, khususnya untuk jalan bervolume lalu lintas rendah.

### **Batu karang**

Batu karang termasuk batuan sedimen atau endapan yang terdapat pada umumnya disekitar kepulauan dan pantai yang mempunyai temperatur air laut tinggi sepanjang tahun. Batu karang dapat berbentuk massif (batu gunung) hingga batu karang terumbu (coral reef). Batu karang umumnya berupa batu kapur sehingga agregat yang berasal dari batuan ini memiliki kandungan kimia berupa CaO yang paling besar sehingga masuk dalam kelompok batuan kapur. Batu karang yang berupa batu kapur yang massif secara geologi disebut sebagai batuan kapur kristalin. Sedangkan batu karang terumbu akan bersifat ambyar bila dipecahkan, oleh sebab itu batuan seperti ini disebut sebagai batuan kapur koral.

### **Bahan Pengikat**

Jenis bahan pengikat yang umumnya digunakan pada perkerasan jalan antara lain (Austroads Inc,1998) adalah :

- Bahan-bahan organik non-bituminus, seperti semen dan kapur.
- Garam
- Bahan-bahan yang merupakan turunan dari minyak bumi.
- Polimer

Bila akan digunakan bahan pengikat dari turunan minyak bumi, aspal emulsi adalah bahan pengikat yang paling banyak digunakan hampir pada seluruh jenis agregat. Aspal Emulsi Kationik sangat baik digunakan sebagai bahan pengikat pada material berbutir tetapi tidak cocok digunakan untuk jenis bahan yang memiliki sifat kohesi (Ingles et al. 1972).



## Pemilihan Bahan Pengikat

Seperti telah diuraikan di atas bahwa ada beberapa macam bahan pengikat, oleh sebab itu bahan pengikat yang cocok untuk digunakan harus ditentukan terlebih dahulu karena tidak sama bahan pengikat cocok untuk digunakan dengan material tertentu.

Menurut AUSTROAD (1998), faktor-faktor yang perlu diperhatikan dalam pemilihan bahan pengikat sehubungan dengan material yang akan digunakan adalah persentase lolos saringan no. 200 dan Indeks Plastisnya (IP). Gambar 2 dapat digunakan sebagai petunjuk untuk menentukan jenis bahan pengikat yang akan digunakan berkenaan dengan sifat material yang ingin ditingkatkan sifat-sifatnya.

### Surfaktan (*Surfactant*)

Surfaktan adalah senyawa yang dapat menurunkan tegangan permukaan cairan, tegangan permukaan antara dua cairan, atau antara cair dengan benda padat atau sebagai agen pembasahan, agen pembusaan atau anti pembusaan, agen pengemulsi atau sebagai agen dispersan (Jean, 2002). Istilah lain yang biasa digunakan sebagai pengganti kata surfaktan adalah tensioaktif (Perancis), tenside (Jerman) ataupun tensioactivo (Spanyol).

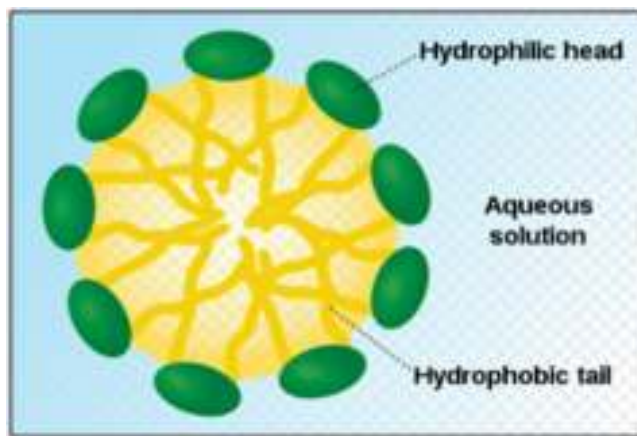
Indeks Plastis	Lolos # No. 200 > 25%			Lolos # No. 200 < 25%		
	IP ≤ 10	10 < IP < 20	IP ≥ 20	IP ≤ 6 IP % P200 ≤ 60	IP ≤ 10	IP > 10
<b>Bahan Stabilisasi</b>						
Semen	Cocok	Meragukan	Tidak Cocok	Cocok	Cocok	Cocok
Kapur	Cocok	Cocok	Cocok	Cocok	Cocok	Cocok
Aspal	Cocok	Cocok	Cocok	Cocok	Cocok	Cocok
Kombinasi	Cocok	Cocok	Cocok	Cocok	Cocok	Cocok
Aspal/semen	Cocok	Cocok	Cocok	Cocok	Cocok	Cocok
Kimia Lain	Cocok	Cocok	Cocok	Cocok	Cocok	Cocok
<b>Keterangan</b> <div style="display: inline-block; width: 20px; height: 10px; background-color: black; margin-right: 5px;"></div> Cocok <div style="display: inline-block; width: 20px; height: 10px; background-color: gray; margin-left: 20px; margin-right: 5px;"></div> Meragukan <div style="display: inline-block; width: 20px; height: 10px; background-color: white; border: 1px solid black; margin-left: 20px; margin-right: 5px;"></div> Tidak Cocok						

Gambar 2. Kriteria Pemilihan Bahan Pengikat (AUSTROAD, 1998)

Surfaktan umumnya berupa senyawa organik yang bersifat amphiphilic (Jean, 2002). Ini berarti bahwa surfaktan mengandung kelompok hidrofobik (ekor) dan kelompok hidrofilik (kepala mereka), seperti yang diilustrasikan pada Gambar 3. Oleh karena itu, molekul surfaktan mengandung bahan yang tidak larut dalam air (water insoluble) tetapi larut dalam minyak (soluble).

Salah satu kegunaan surfaktan adalah untuk menurunkan tegangan permukaan air pada interface antara cair-gas. Penurunan tegangan permukaan tergantung pada jumlah molekul teradsorpsi per satuan luas yang diistilahkan sebagai kelebihan permukaan. Hubungan yang menghubungkan tegangan permukaan dan kelebihan permukaan dikenal sebagai isotherm Gibbs.

Molekul surfaktan akan terdifusi (menyebarkan) dalam air dan terserap pada interface antara udara dan air atau antara minyak dan air dalam campuran air-minyak. Kelompok hidrofobik (kelompok ekor) dari surfaktan yang tidak larut dalam air akan memperpanjang dirinya hingga keluar dari fase air ke arah udara atau ke arah fase minyak. Sedangkan kelompok kepala larut air sehingga tetap dalam fase air. Hal inilah yang menyebabkan kenapa surfaktan dapat memodifikasi sifat permukaan air pada interface antara air dengan udara atau air dengan minyak.



**Gambar 3. Ilustrasi Senyawa Surfaktan**

Surfaktan dapat diklasifikasi berdasarkan komposisi jumlah atomnya atau berdasarkan komposisi dari ekornya ataupun berdasarkan komposisi dari kepalanya. Berdasarkan jumlah atomnya, surfaktan dapat dikelompokkan sebagai surfaktann yang monoatomik (inorganik) dan poly atomik (organik). Berdasarkan ekornya, surfaktan dapat memiliki satu atau dua buah ekor . Ekor dari surfaktan dapat berupa sebuah rantai hidrokarbon seperti hidrokarbon aromatik (Arenes),

alkana (alkil), alkena, sikloalkana, alkuna base, atau berupa sebuah rantai alkil eter ataupun sebuah rantai fluorocarbon ataupun sebuah rantai siloxane. Berdasarkan muatan yang di kepalanya, surfaktan dapat diklasifikasikan sebagai surfaktan non ionik atau ionik. Surfaktan yang non-ionik tidak memiliki muatan di kepala. Kepala dari surfaktan yang bermuatan ion negatif disebut anionik dan jika muatan positif disebut kationik. Jika surfaktan memiliki kepala yang mengandung dua ion sekaligus, maka surfaktan ini disebut amphoteric atau zwitterionic.

Pada perkerasan jalan, banyak jenis surfaktan yang ada di pasaran dapat digunakan sebagai aditif untuk aspal. Penambahan surfaktan ke dalam aspal yang dapat berfungsi untuk menurunkan tegangan permukaan aspal, menaikkan efek pembasahan pada aspal ataupun untuk mengubah muatan ion dari pada aspal. Dengan penambahan surfaktan pada aspal, diharapkan aspal tersebut akan lebih mudah melekat pada agregat dan ikatan antar keduanya akan lebih kuat.

### **III. HIPOTESIS**

Hipotesis yang digunakan dapat studi ini adalah bahwa batu kapur kristalin dari quarry Fak Fak dapat digunakan sebagai bahan untuk campuran beraspal.

### **IV. METODOLOGI**

Studi ini dilakukan dengan melalui pengujian laboratorium. Pengujian dilakukan untuk mengetahui sifat-sifat agregat yang diambil dari beberapa quarry di Propinsi Papua Barat. Pengujian campuran beraspal juga dilakukan untuk mengetahui sifat-sifat campuran yang menggunakan agregat tersebut. Spesifikasi Bina Marga 2010 (Bina Marga 2010) digunakan sebagai acuan yang harus dipenuhi oleh campuran beraspal yang dihasilkan.

### **V. HASIL PENGUJIAN**

Sampel agregat yang diambil dari masing-masing deposit di Propinsi Papua Barat berupa bongkahan, agregat kasa ataupun halus tergantung jenis agregat yang terdapat dan berpotensi akan digunakan sebagai bahan jalan di daerah tersebut. Sifat agregat dari masing-masing daerah diberikan pada Tabel 1 dan Tabel 2. Penampakan visual dari agregat yang diambil seperti yang diberikan pada Gambar 4 dan Gambar 5.

## VI. PEMBAHASAN

### Analisis Sifat Agregat

Dari Tabel 1, diketahui bahwa agregat-agregat dari Papua, baik yang berasal dari quarry Fak Fak ataupun quarry Sorong adalah sangat keras (Los Angeles Abrasion Value, LAAB : 20% – 37%). Masalah yang umumnya terdapat pada agregat-agregat ini adalah kurangnya daya lekat agregat (< 95%) terhadap aspal. Berdasarkan hasil uji ini, bahan-bahan dari quarry-quarry tersebut tidak memenuhi sifat bahan yang disyaratkan dan tidak boleh digunakan karena dapat dikempokan sebagai agregat substandar. Namun demikian, mengingat sifat-sifat yang tidak terpenuhi tersebut bukan natural properties dari agregat, maka usaha-usaha untuk memperbaiki sifat-sifat tersebut dengan melakukan rekayasa bahan di laboratorium dapat dilakukan.

Dari analisis kimia (Tabel 2) yang dilakukan pada agregat Fak Fak dan beberapa agregat Sorong diketahui bahwa agregat dari quarry-quarry ini dominan dengan mineral kapur. Agregat-agregat ini bersifat massif dan tidak ambyar pada saat dipecahkan. Berdasarkan hal tersebut, agregat dari quarry-quarry ini dapat dikelompokkan sebagai kapur kristalin.

**Tabel 1. Sifat Agregat dari Quarry Fak Fak dan Sorong – Papua Barat**

No	Jenis Pengujian	Hasil Pengujian					Satuan
		Quarry Fak Fak		Quarry Sorong			
		Mabuni Bunt	Batu Gantung	Sekartemen	KM.14+000	KM.86+500	
1	Berat jenis bulat						
	Berat jenis (Bulk)	2.661	2.667	2.663	-	-	
	Berat jenis kering perm. jenuh	2.677	2.677	2.680	-	-	
	Berat jenis semu (Apparent)	2.704	2.693	2.710	-	-	
	Penyedapan (Absorption)	0.597	0.361	0.658	-	-	%
2	Berat jenis kasar						
	Berat jenis (Bulk)	2.587	2.574	2.543	2.639	2.468	
	Berat jenis kering perm. jenuh	2.619	2.584	2.546	2.608	2.518	
	Berat jenis semu (Apparent)	2.680	2.686	2.687	2.708	2.653	
	Penyedapan (Absorption)	1.440	2.412	2.021	1.090	2.412	%
3	Akumul	20.40	22.97	25.58	22.89	25.22	%
4	Kelengkapan	< 95	< 95	< 95	< 95	< 95	%
5	Batas Atterberg				-	-	
	Batas Cair (LC)	NP	NP	NP	-	-	%
	Batas Plastis (PL)	NP	NP	NP	-	-	%
	Indeks Plastis (IP)	NP	NP	NP	-	-	%

**Tabel 2. Komposisi Kimia Agregat dari Quarry Fak Fak dan Sorong – Papua Barat**

Parameter Kimia	Nama Quarry					Satuan
	Fak Fak			Sorong		
	Batu Gantung	Mahuni Buni	Sakartemen	KM. 14	KM.86	
SiO <sub>2</sub>	0.98	4.72	10.41	3.85	0.50	%
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.34	0.40	0.814	2.31	0.18	%
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.18	0.15	0.54	7.56	0.10	%
CaO	33.19	51.03	47.63	45.27	59.37	%
MgO	0.74	0.93	1.31	1.19	0.89	%
Na <sub>2</sub> O	0.01	0.00	0.00	0.02	0.00	%
K <sub>2</sub> O	0.05	0.07	0.08	0.28	0.01	%
TiO <sub>2</sub>	0.05	0.05	0.10	0.19	0.03	%
MnO	0.01	0.01	0.01	0.02	0.00	%
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.02	0.01	0.03	0.01	0.01	%
5P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.02	0.02	0.03	0.16	0.01	%
H <sub>2</sub> O	0.25	0.35	0.58	0.30	0.14	%
HD	42.95	41.52	38.33	40.03	43.85	%

Dari Tabel 1 dapat dilihat bahwa agregat dari quarry Fak Fak dan Sorong memiliki sifat natural (natural properties) yang sangat baik dengan nilai abrasi antara 20 – 37% dan berat jenis bulk berkisar antara 2, 2,5 dan penyerapan kurang dari 1%. Namun demikian agregat dari quarry-quarry ini memiliki kelekatan terhadap aspal lebih kecil dari 95%, lebih kecil dari nilai minimum kelekatan yang disyaratkan dalam spesifikasi (> 95%). Masalah yang umumnya terdapat pada agregat-agregat ini adalah kurangnya daya lekat agregat (< 95%) terhadap aspal. Berdasarkan hasil uji ini, bahan-bahan dari quarry-quarry tersebut tidak memenuhi sifat bahan yang disyaratkan dan tidak boleh digunakan karena dapat dikelompokkan sebagai agregat substandar. Dari sifat-sifat ini dapat disimpulkan bahwa agregat dari tiga quarry yang terdapat di Fak Fak sangat baik digunakan untuk lapis pondasi Klas A tetapi tidak boleh digunakan sebagai agregat untuk campuran beraspal. Namun demikian, mengingat sifat-sifat yang tidak terpenuhi tersebut bukan natural properties dari agregat, maka usaha-usaha untuk memperbaiki sifat-sifat tersebut dengan melakukan rekayasa bahan di laboratorium dapat dilakukan.

Dari susunan komposisi kimia agregat seperti yang ditunjukkan pada Tabel 2, diketahui bahwa agregat dari quarry Fak Fak sangat dominan mengandung Kalsium diikuti oleh kandungan silika dan alumina atau magnesium. Dengan demikian secara elektrostatis, agregat-agregat ini bermuatan listrik positif. Hal ini menunjukkan bahwa agregat tersebut seharusnya dapat melekat erat dengan aspal karena aspal bermuatan listrik negatif. Tetapi kenyataannya kelekatan agregat-agregat ini terhadap aspal lebih kecil dari 95%. Ada dua hal yang diduga

menjadi penyebabnya, yaitu kurang kuatnya ion positif dari agregat atau karena absorpsinya yang terlampaui kecil sehingga aspal sulit untuk melekat.



**Gambar 4. Contoh Agregat dari Beberapa Quarry Fak Fak di Papua Barat**



**Gambar 5. Contoh Agregat dari Beberapa Quarry Sorong di Papua Barat**

## Kelekatan Agregat-Aspal

Kelekatan agregat terhadap aspal adalah suatu sifat yang masuk dalam katagori konsesus properties (TAI, 1996), artinya dengan suatu intervensi nilai dari parameter ini dapat diubah atau ditingkatkan. Dalam hal ini, nilai kelekatan agregat mungkin dapat ditingkatkan sehingga agregat tersebut dapat digunakan untuk campuran beraspal.

Untuk tujuan tersebut, dalam penelitian ini akan digunakan bahan tambah yang dapat menaikkan kandungan ion positif pada agregat, yaitu dengan menggunakan kapur, semen ataupun mill powder. Bila cara ini tidak berhasil, alternatif lainnya yang dapat dilakukan adalah dengan menurunkan tegangan permukaan atau meningkatkan daya lekat aspal, yaitu dengan penambahan surfactant, aditif adhesive promotor ataupun kombinasi dari keduanya pada aspal.

Penambahan kapur, semen ataupun mill powder pada agregat untuk meningkatkan kekekatannya terhadap aspal dibatasi hanya maksimum 2% saja. Hal ini bertujuan apabila kekekatannya dapat ditingkatkan dengan penambahan



bahan ini, campuran beraspal yang dihasilkan nantinya tidak begitu kaku sehingga cenderung tidak akan getas karena adanya penambahan bahan ini. Pembatasan ini juga sejalan dengan spesifikasi Bina Marga seksi 6.3 (Bina Marga, 2010), dimana untuk campuran aspal panas penambahan filler aktif seperti kapur semen ataupun fly ash maksimum hanya 2% terhadap berat agregat.

Dalam penelitian ini, pada agregat dari quarry Batu Gantung Fak Fak ditambahkan kapur, semen ataupun mill powder. Penambahan bahan-bahan ini dilakukan dengan tiga cara, yaitu : pada kondisi agregat kering (Kondisi A), agregat dalam Saturated Surface Dry, SSD (Kondisi B) dan pada kondisi agregat kering tetapi kapur, semen ataupun mill powder yang akan ditambahkan dibuat dalam bentuk larutan dengan menggunakan air dengan proporsi 1 : 5 (Kondisi C). Hasil dari masing-masing kondisi pengujian seperti yang diberikan pada Tabel 3.

**Tabel 3. Pengaruh Partikel Halus Aktif pada Kelekatan Agregat Quarry Batu Gantung**

Kondisi Penambahan	Partikel Halus Aktif (% terhadap Berat Agregat)		
	Kapur		
	0 %	1%	2%
Kondisi A	< 95%	< 95%	< 95%
Kondisi B	-	< 95%	< 95%
Kondisi C	-	< 95%	< 95%
	Semen		
Kondisi A	< 95%	< 95	< 95
Kondisi B	-	< 95	< 95
Kondisi C	-	> 95	> 95
	Mill		
Kondisi A	< 95%	< 95%	< 95%
Kondisi B	-	< 95%	< 95%
Kondisi C	-	< 95%	< 95%

Catatan :

Kondisi A : Agregat kering + Partikel halus aktif

Kondisi B : Agregat SSD + Partikel halus aktif

Kondisi C : Agregat kering + Larutan partikel halus aktif

**Tabel 4. Pengaruh Surfaktan pada Kelekatan Aspal Pen 60**

Quarry Agregat	Kadar Surfaktan Dalam Aspal			
	0%	0,05%	0,1%	0,2%
	Persentase Kelekatan			
Batu Gantung	< 95%	> 95	> 95	> 95
KM 14	< 95%	> 95	> 95	> 95

Dari Tabel 3 ini dapat diketahui bahwa penggunaan kapur, semen ataupun mill powder yang dicampurkan secara kering ataupun pada agregat dari quarry Batu Gantung Fak Fak dengan kondisi kering jenuh permukaan (SSD) tidak akan meningkatkan daya lekat antara agregat tersebut dengan aspal. Bila bahan tambah ini (kapur, semen ataupun mill powder) dilarutkan terlebih dahulu dalam air dengan perbandingan 1 : 5, lalu baru dicampur dan diaduk secara merata dengan agregat (agregat pada kondisi kering), hanya larutan yang dibuat dengan menggunakan 1% ataupun 2% semen saja yang dapat meningkatkan daya lekat antara agregat dengan aspal. Sehingga dengan demikian agregat dari quarry Batu Gantung Fak Fak dapat digunakan untuk campuran beraspal asalnya dilakukan perawatan terlebih dahulu (*pretreatment*) dengan mencampurkan agregat tersebut dengan air semen (1 semen : 5 air).

Pretreatment untuk meningkatkan kelekatan agregat terhadap aspal dengan cara di atas mungkin saja dapat menimbulkan kesulitan dalam penerapannya di lapangan. Oleh sebab itu, untuk mencapai tujuan yang sama dicoba cara lain yaitu dengan menurunkan tegangan permukaan aspal agar aspal tersebut memiliki keenceran yang memadai sehingga pada saat bertemu dengan permukaan agregat partikel aspal dapat pecah dan menutupi permukaan agregat dengan luasan yang lebih besar. Penurunan tegangan permukaan aspal dapat dilakukan dengan penambahan bahan pengencer berupa surfaktan (*surfactant*). Pada Tabel 4 dapat dilihat juga bahwa penambahan surfaktan dapat menaikkan kelekatan antara agregat dari quarry Batu Gantung Fak Fak dengan aspal dari lebih kecil dari 95% menjadi lebih besar dari 95%. Peningkatan ini tidak saja terjadi pada agregat dari quarry Batu Gantung Fak Fak tetapi juga terjadi pada agregat dari quarry Sorong lainnya seperti yang ditunjukkan pada Tabel 4.

Walaupun surfaktan dapat meningkatkan kelekatan antara agregat dengan aspal, Surfaktan juga ternyata meubah sifat reologi aspal, seperti yang ditunjukkan pada Tabel 5 dan Gambar 6, sampai Gambar 9.

Pada Gambar 6 dapat dilihat bahwa penambahan surfaktan dalam aspal Pen 60 akan menurunkan tingkat kekerasan aspal, semakin banyak surfaktan yang ditambahkan semakin lembek aspalnya yang ditunjukkan dengan semakin besarnya nilai penetrasi aspal tersebut. Bila aspal Pen 60 memiliki syarat batas rentang antara 60 – 70 (Bina Marga, 2010), maka penambahan surfaktan sampai dengan 0,2% ke dalam aspal minyak Pen 60 tidak merubah klasifikasi dari aspal tersebut. Dengan semakin encernya aspal, semakin mudah aspal tersebut pecah pada saat bertemu dengan permukaan agregat dan semakin luas pula permukaan agregat yang dapat diselimutinya. Dengan demikian akan semakin kuat dapat kelekatan antara keduanya.

Penambahan surfaktan dalam aspal minyak dimaksudkan untuk mengencerkan aspal sehingga tegangan permukaan aspal tersebut diharapkan



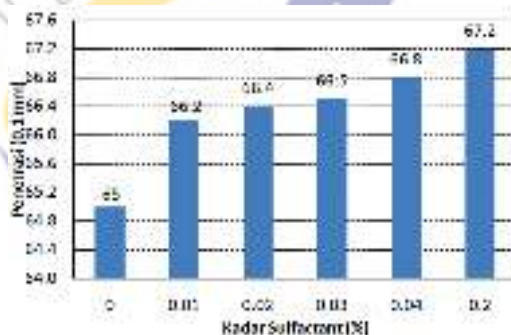
juga akan menurun dengan menurunnya tingkat kekentalan aspalnya. Pada Gambar 7 ditunjukkan pengaruh penambahan surfaktan pada viskositas aspal. Pada gambar ini dapat dilihat bahwa kekentalan aspal akan semakin menurun sejalan dengan persentase penambahan surfaktan dalam aspal tersebut.

Penambahan surfaktan dalam aspal tentu saja akan menaikkan kandungan fraksi minyak ringan dalam aspal tersebut sehingga akan menaikkan tingkat kehilangan berat aspal (Loss on Heating, LoH) pada saat pemanasan. Pada Gambar 8 dapat dilihat bahwa menaikkan penambahan surfaktan dari 0,01% ke 0,2% akan menaikkan persentase LoH aspal dari 0,013% ke 0,043%. Bila batas LoH dalam spesifikasi adalah 0,8% (Bina Marga, 2010), maka penambahan surfaktan sampai dengan 0,2% ke dalam aspal minyak Pen 60 masih dapat diterima.

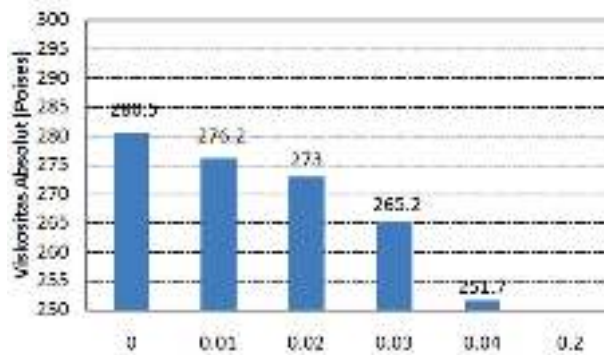
Walaupun dari segi penetrasi dan kehilangan berat penambahan 0,2% atau mungkin dengan kadar yang lebih tinggi lagi masih dapat diterima, tetapi dari segi titik lembek aspal yang dihasilkan hal ini belum tentu dapat diterima, karena semakin tinggi penambahan surfaktan dalam aspal, akan semakin turun titik lembek aspal tersebut. Pada Gambar 9 dapat dilihat bahwa penambahan dari 0,01% sampai 0,04% akan menurunkan titik lembek aspal menjadi 48,2o C sampai 47,2o C. Bila batasan titik lembek aspal Pen 60 yang disyaratkan dalam spesifikasi adalah 48,o C maka penambahan surfaktan sampai dengan 0,015% masih dapat diterima.

**Tabel 5. Pengaruh Surfaktan pada Sifat Aspal Pen 60**

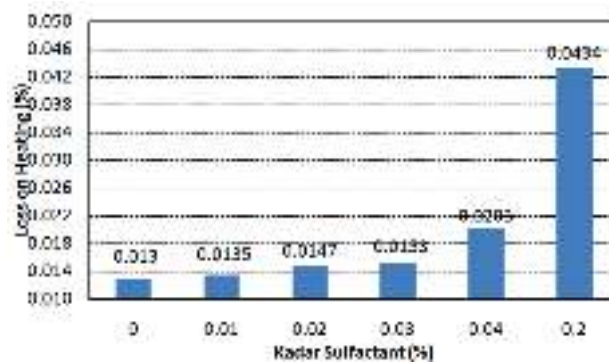
No.	Kadar Surfaktan Dalam Aspal (%)	Penetrasi (dmm )	Titik Lembek (°C)	Kehilangan Berat (%)	Viskositas (Poises)
1.	0,00	65,0	48,0	0,0130	280,5
2.	0,01	66,2	48,1	0,0185	276,2
3.	0,02	66,4	47,9	0,0147	273,0
4.	0,03	66,5	47,5	0,0153	269,2
5.	0,04	66,8	47,2	0,0203	261,7
6.	0,20	67,2	47,8	0,0434	-



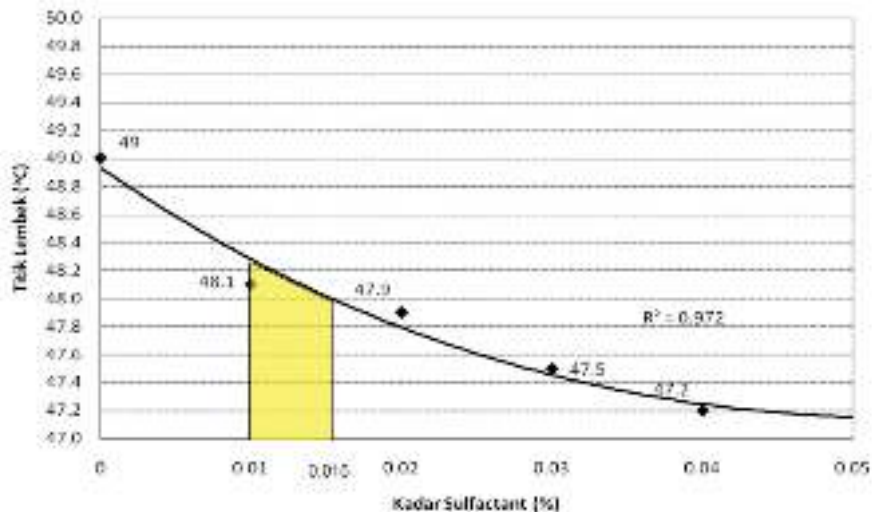
**Gambar 6. Pengaruh Surfaktan terhadap Kekerasan Aspal**



Gambar 7. Pengaruh Surfaktan terhadap Kekentalan Aspal



Gambar 8. Pengaruh Surfaktan terhadap LoH Aspal



Gambar 9. Pengaruh Surfaktan terhadap Titik Lembek Aspal

Seperti yang telah dibuktikan di atas bahwa penambahan surfaktan dapat merubah sifat rheologi aspal, agar perubahan sifat aspal pen 60 yang terjadi akibat penambahan surfaktan masih masuk rentang sifat yang disyaratkan dalam Spesifikasi Umum Bina Marga 2010 dan karena penambahan surfaktan kurang dari 0,01% adalah sangat sulit dilakukan maka penambahan surfaktan yang direkomendasikan untuk tujuan penelitian ini adalah antara 0,01% -0,015%. Sifat-sifat aspal yang dihasilkan akibat dari penambahan surfaktan sebesar 0,01% ini diresumekan dari tabel sebelumnya seperti yang diberikan pada Tabel 6. Dari tabel ini dapat dilihat bahwa, penambahan surfaktan 0,01% ke dalam aspal pen 60 relatif menghasilkan aspal yang sifat-sifatnya masih memenuhi persyaratan Spesifikasi Bina Marga 2010 sebagai aspal pen 60.

**Tabel 6. Pengaruh Penambahan Surfaktan 0,01% pada Sifat Aspal Pen 60**

No	Sifat	Nilai	Syarat
1.	Penetrasi (dmm )	66,2	60 - 70
2.	Titik Lembek (°C)	48,1	Min 48
3.	Kehilangan Berat (LoH, %)	0,0185	< 0,8
4.	Viskositas 135°C, poise	276,2	-
5.	Temperatur : - Pencampuran [°C]* - Pemadatan [°C]*	153-159 141-146	-

*Catatan : \* Temperatur pencampuran dan pemadatan 5oC lebih rendah dari aspal pen 60 original*

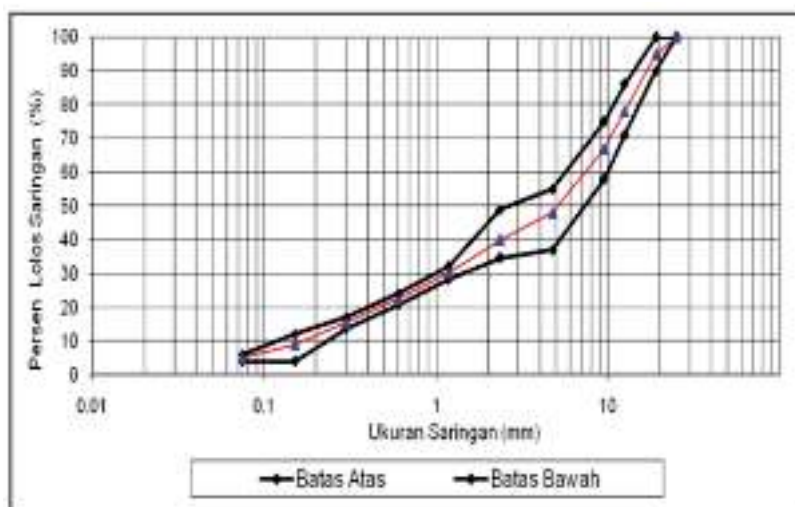
Untuk penambahan surfaktan 0,01% ini, temperatur pencampuran dan pemadatan campuran yang didapat masing-masing dalam rentang 153oC – 159oC dan 141oC – 146oC. Rentang temperatur ini adalah 5oC di bawah rentang untuk aspal pen 60 original yang digunakan (157oC – 164oC dan 143oC – 150oC). Hal ini disebabkan karena akibat penambahan surfaktan, viskositas aspal turun dari 280,5 poises ke 276,2 poises.

#### Analisis Campuran Beraspal

Setelah daya lekat antara agregat dengan aspal dapat ditingkatkan dengan penambahan 0,01% surfaktan ke dalam aspal pen 60, selanjutnya dalam penelitian ini akan dilihat juga apakah penambahan surfaktan ini juga masih dapat menghasilkan campuran beraspal panas dengan sifat-sifat yang disyaratkan. Untuk itu, benda uji campuran beraspal dibuat dengan menggunakan aspal yang diencerkan dengan menggunakan 0,01% surfaktan dan diuji sifat-sifat campurannya. Dalam penelitian ini, campuran beraspal dengan menggunakan aspal original (pen 60) dan aspal yang menggunakan bahan aditif anti stripping

(sebanyak 0,2%) dan kombinasinya dengan 0,01% surfaktan digunakan sebagai pembandingan,

Benda uji campuran beraspal yang digunakan dibuat dengan menggunakan agregat dari quarry Batu Gantung dan aspal-aspal seperti yang disebutkan di atas. Benda uji dibuat dengan gradasi agregat dalam batasan yang sesuai dengan gradasi AC-BC Bina Marga (Bina Marga, 2010) seperti yang diberikan pada Gambar 10. Untuk mendapatkan gradasi ini, agregat dari quarry Batu Gantung harus dipecahkan lagi di laborarorium. Benda uji campuran beraspal dibuat dengan menggunakan 75 tumbukkan pada temperatur pemadatan seperti yang diberikan pada Tabel 6.



Gambar 10. Gradasi AC-BC Benda Uji yang Digunakan

Selanjutnya benda uji ini diuji sifat-sifatnya untuk mengetahui apakah quarry Batu Gantung-Fak Fak yang notabene memiliki sifat yang baik tetapi hanya memiliki sifat kelekatan terhadap aspal yang kurang baik (<95%, lihat Tabel 1) dapat digunakan sebagai bahan untuk campuran beraspal panas hanya dengan menambahkan 0,01% surfaktan ke dalam aspal yang akan digunakan atau masih memerlukan lagi penambahan aditif anti stripping. Sifat campuran beraspal yang dihasilkan dari bahan-bahan tersebut seperti yang diberikan pada Tabel 11. Dalam tabel ini diberikan juga sifat campuran yang dibuat dengan menggunakan aspal Pen 60 original dan yang mengandung sebanyak 0,2% aditif anti stripping serta yang menggunakan bahan tambah kombinasi, yaitu 0,01% surfaktan dan 0,2% aditif anti stripping.

**Tabel 11. Sifat AC-BC dari Agregat Quarry Batu Gantung dengan Aditif Aspal**

No	Sifat Campuran	Nilai				Spesifikasi Bina Marga 2010
		Bahan Pengikat				
		Penetrasi 60	Penetrasi 60	Penetrasi 60	Penetrasi 60	
1.	Kadar aspal, (%)	5,5	5,5	5,5	5,5	
2.	Stabilitas, kg	1075	1271	1111	1075	Min. 800
3.	Kelelahan, mm	4,3	4,7	3,6	5,3	Min. 3
4.	Marshall Quotient, kg/mm	250	270	312	206	Min. 250
5	VMA, %	14,1	17,7	17,8	14,7	Min. 14
6	VIM, %	3,6	3,6	3,6	4,6	3,5 – 5,0
7	VFB, %	66,4	68,9	69,2	62,5	Min. 63
8	Kepadatan, kg/m <sup>3</sup>	2,4	2,4	2,4	2,3	-
9	Stabilitas sisa, %	86,4	98,2	98,2	71,2	Min. 90

Dari Tabel 11 dapat dilihat bahwa bila dari quarry Batu Gantung ini digunakan untuk campuran beraspal dengan menggunakan aspal pen 60 sebagai bahan pengikatnya, maka walaupun campuran beraspal yang dihasilkan cukup kuat tetapi campuran ini tidak memiliki daya tahan yang baik terhadap air yang ditunjukkan dengan rendahnya nilai stabilitas Marshall sisanya (86,4%). Nilai ini berada di bawah nilai stabilitas Marshall sisa yang disyaratkan dalam Spesifikasi Umum Bina Marga 2010.

Penambahan aditif anti stripping yang disyaratkan dalam Spesifikasi Umum Bina Marga 2010 sebanyak 0,2% relatif tidak menaikkan stabilitas campuran beraspal dan juga ternyata tidak banyak membantu menaikkan stabilitas Marshall sisa campuran beraspal yang dibuat dengan menggunakan agregat dari quarry Batu Gantung ini. Ada dua hal yang diduga menjadi penyebabnya, pertama bahwa aditif anti stripping tidak dapat meningkatkan daya lekat aspal pen 60 terhadap agregat memang memiliki daya lekat terhadap aspal pen 60 yang kurang baik. Kedua, tidak semua jenis agregat cocok (compatible) dengan aditif anti stripping yang digunakan.

Penggunaan agregat dari quarry Batu Gantung dan dengan penambahan 0,01% surfaktan dalam aspal pen 60 yang digunakan sebagai bahan pengikat (binder) dapat menghasilkan campuran beraspal yang lebih baik dari bila menggunakan binder dari pen 60 saja. Hal ini ditunjukkan dengan naiknya nilai stabilitas Marshall dan Marshall Quotienya. Selain itu, juga dapat menaikkan daya tahan campuran terhadap penuaan (nilai VFB) dan pengaruh air (nilai stabilitas sisa). Akibat penambahan 0,01% surfaktan ini nilai stabilitas sisa Marshallnya

berubah dari 86,4% (< 90%) menjadi 98,2% (>90%). Dengan demikian, akibat penambahan 0,01% surfaktan, agregat dari quarry Batu Gantung Fak Fak yang sedianya tidak diperbolehkan untuk digunakan sebagai bahan campuran beraspal karena memiliki daya lekat yang kurang baik terhadap aspal pen 60 dapat direkomendasikan untuk digunakan asalkan pada aspal yang digunakan diturunkan tegangan permukaannya terlebih dahulu yaitu dengan jalan menambahkan 0,01% surfaktan ke dalam aspal pen 60 tersebut.

Guna tetap mengikuti Spesifikasi Umum Bina Marga 2010 atas penggunaan aditif anti stripping maka dalam penelitian ini juga dicoba penambahan 0,2% bahan tersebut ke dalam aspal pen 60 yang sudah terlebih dahulu ditambahkan 0,01% surfaktan. Campuran beraspal yang dibuat agregat dari quarry Batu Gantung-Fak Fak yang notabene memiliki daya lekat terhadap aspal yang kurang baik dan bahan pengikat ini ternyata memiliki nilai stabilitas Marshall dan Marshall Quotiennya yang relatif sama dengan bila menggunakan aspal pen 60, tetapi memiliki nilai stabilitas Marshall sisa yang lebih rendah (71,2%). Rendahnya nilai stabilitas Marshall sisa ini diduga disebabkan karena kandungan surfactant dalam aditif anti stripping menjadi lebih banyak (> 0,01%) atau mungkin juga ada ketidakcocokan antara kedua bahan ini sehingga kombinasinya memberikan efek negatif pada campuran beraspal khususnya pada daya tahannya terhadap air.

Dari hal tersebut di atas dapat disimpulkan bahwa penambahan 0,2% aditif anti stripping tidak banyak menaikkan stabilitas Marshall sisa campuran beraspal yang dibuat dengan menggunakan agregat dari quarry batu Gantung yang memiliki daya lekat yang jelek terhadap aspal pen 60, kecuali mungkin bila aditif anti stripping tersebut mengandung cukup surfactant. Dengan menggunakan agregat tersebut, penambahan 0,01% surfaktan dalam aspal pen 60 dapat menghasilkan campuran beraspal dengan sifat yang memenuhi spesifikasi. Untuk mendapatkan hasil yang baik, aspal yang sudah ditambahkan surfaktan tidak direkomendasikan ditambahkan aditif anti stripping lagi.

Uraian-uraian tersebut di atas membuktikan hipotesis yang digunakan pada studi ini adalah benar, yaitu batu kapur kristalin dari quarry Fak Fak dapat digunakan sebagai bahan untuk campuran beraspal.



## VII. KESIMPULAN DAN SARAN

### Kesimpulan

Dari hasil pengujian dan analisis yang dilakukan, beberapa kesimpulan yang dapat ditarik dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

- Agregat dari quarry yang terdapat di Fak Fak dan Sorong sangat baik digunakan untuk lapis pondasi Klas A tetapi tidak boleh digunakan sebagai agregat untuk campuran beraspal karena memiliki kelekatan terhadap aspal yang tidak begitu baik.
- Preblended agregat Fak Fak secara kering ataupun dalam kondisi kering jenuh permukaan (SSD) dengan kapur, semen ataupun mill powder y tidak meningkatkan daya lekatnya terhadap aspal.
- Preblended agregat dengan larutan semen (1 semen : 5 air) dapat meningkatkan daya lekatnya terhadap aspal.
- Penambahan surfaktan ke dalam aspal pen 60 dapat meubah sifat reologi aspal tersebut, tetapi penambahan dalam jumlah yang sangat kecil (0,01% - 0,015%) perubahan sifat reologi aspal yang dihasilkannya masih masuk dalam rentang spesifikasi aspal pen 60.
- Penambahan surfaktan hanya 0,01% ke dalam aspal pen 60 dapat memperbaiki kelekatan (> 95%) antara agregat quarry Batu Gantung-Fak Fak dan Sorong dengan aspal tersebut.
- Temperatur pencampuran dan pemadatan campuran beraspal akibat dari penambahan 0,01% surfaktan ini masing-masing adalah 5oC lebih rendah dari temperatur untuk aspal pen 60 original, yaitu dalam rentang 153oC – 159oC dan 141oC – 146oC
- Campuran beraspal yang dibuat dari
- Agregat quarry Batu Gantung-Fak Fak dan aspal pen 60 ataupun aspal pen 60 ditambah dengan 0,2% aditif anti stripping memiliki sifat yang masuk Spesifikasi Umum Bina Marga 2010 kecuali nilai stabilitas Marshall sisa (< 90%), tetapi campuran yang menggunakan pen 60 ditambah 0,01% surfaktan dapat memenuhi seluruh sifat yang disyaratkan.
- Stabilitas Marshall sisa campuran beraspal yang dibuat dengan menggunakan agregat yang memiliki daya lekat kurang baik belum tentu dapat lebih besar dari 90% walaupun pada aspal pen 60 yang digunakan sudah ditambahkan 0,2% aditif anti stripping, kecuali mungkin bila aditif anti stripping tersebut mengandung cukup surfaktant.
- Agregat dari quarry Batu Gantung-Fak Fak yang sedianya tidak diperbolehkan

untuk digunakan sebagai bahan campuran beraspal dapat direkomendasikan untuk digunakan asalkan pada aspal pen 60 yang digunakan ditambahkan 0,01% surfaktant.

- Untuk mendapatkan hasil yang baik, aspal yang sudah ditambahkan surfaktan tidak direkomendasikan untuk ditambahkan aditif anti stripping lagi.

## Saran

Rekayasa laboratorium yang dilakukan untuk mengoptimalkan penggunaan agregat substandar dari quarry Fak Fak dan Sorong sebagai bahan untuk campuran beraspal belum terbukti secara skala proyek. Untuk itu, pilot project perlu dilakukan dan diamati selama dua musim untuk pembuktian lebih lanjut.

## VI. PUSTAKA

- AUSTROAD, (1998), "Guide to Stabilization in Road works", Austroad Inc. First Edition, Sydney.
- Austroads Incorporated, (1998), Guide to Stabilization in roadworks. Australia.
- Bina Marga, (2010), Spesifikasi Umum Buku III, Direktorat Jeneral Bina Marga Kementrian Pekerjaan Umum.
- Collins, I and Fox, R. A., (1985), "AGGREGATES : Sand, Gravel and Crushed Rock Aggregates for Construction Purposes", Geological Society, Engineering Geology, No. 1. Special Publication, England.
- Fred Waller, (1993), Use of Waste Materials in Hot Mix Asphalt , ASTM STP-1193.
- Ingles, O. G and Metcalf, J. B., (1972). Soil Stabilization, Principles and Practice, Butterworths, Sydney-Melbourne-Brisbane.
- Jean Louis Salager, (2002), Surfactants, Types and Uses, Laboratory of Formulation, Interfaces Rheology and Processe, Universidad De Los Andes, Venezuela.
- Please A. and Pike D.C., (1968), " The Demand of Road Aggregates", Transport and Road research Laboratory, Crowthorne, UK, RL. 185.
- Sherwood, P.T., (1995), Alternative Materials in Road Construction, Thomas Telford Publication, London
- The Asphalt Institute, (1996), Superpave Mix design, SHRP - Superpave Manual Series No.2.
- The Asphalt Institute, (1993), "Mix design Methods – For Asphalt Concrete and Other Hot Mix.
- [www.bps.go.id/tab\\_sub/view.php?tabel=1 &id\\_subyek=17&notab=11](http://www.bps.go.id/tab_sub/view.php?tabel=1 &id_subyek=17&notab=11)



# Penggunaan Pasir Laut Kaimana untuk Latasir

**Dr. Ir.H. R. Anwar Yamin, MSc**

Puslitbang Jalan dan Jembatan  
Jl. A. H. Nasution 264 Bandung  
e-mail : ayplg@yahoo.com

## *Abstrak*

*Sebagai negara kepulauan, pasir laut banyak terdapat di Indonesia. Di Kabupaten Kaimana, Papua Barat, karena keterbatasan sumber agregat, pada lokasi yang tidak mengganggu lingkungan pasir ini dimanfaatkan sebagai bahan jalan, yaitu sebagai bahan utama pembuatan campuran beraspal jenis Latasir. Dari informasi yang didapat dari masyarakat setempat diketahui bahwa kinerja Latasir yang dihasilkan tidak begitu baik, hanya dapat bertahan selama kurang dari setahun, walaupun Latasir tersebut hanya melayani lalu lintas yang dikategorikan sangat rendah. Kerusakan lapisan Latasir di daerah ini lebih disebabkan karena kelembaban dan pengaruh air hujan yang frekuensinya cukup tinggi dalam setahun. Tujuan dari studi ini adalah untuk mengetahui cara pemanfaatan pasir laut Kaimana sebagai bahan utama untuk Latasir agar dihasilkan campuran Latasir yang memenuhi sifat-sifat yang disyaratkan dalam spesifikasi Umum Bina Marga. Dari studi ini diketahui bahwa walaupun depositnya berada di daerah perbukitan yang jauh dari laut, pasir laut Kaimana masih memiliki kandungan garam sekitar 0,81%. Proses pencucian dengan cara perendaman dan pengadukan dapat menurunkan kadar garam pasir laut tersebut, tetapi dengan jumlah yang tidak begitu signifikan ( $< 0,5\%$ ). Pada pembuatan benda uji campuran Latasir, proses pencucian pasir laut tidak dilakukan. Perbaikan gradasi dilakukan dengan penambahan bahan pengisi sebanyak 10%. Empat jenis variasi bahan pengisi digunakan dalam studi ini, yaitu abu batu (10%), kapur (10%), abu batu + kapur (8%+2%), dan abu batu + semen (8%+2%). Dari studi ini dapat disimpulkan bahwa Latasir yang dibuat dengan penambahan filler jenis apa*

saja tidak satupun yang memenuhi sifat Marshall rendaman yang disyaratkan dalam Spesifikasi Bina Marga 2010. Walaupun nilainya masih berada di bawah nilai stabilitas sisa yang disyaratkan, kombinasi penambahan filler dari 8% abu batu dengan 2% kapur atau 2% semen dapat menaikkan stabilitas sisa Latasir yang dihasilkan dibandingkan bila menggunakan 10% filler dari abu batu saja. Kecuali untuk filler kapur, penambahan aditif anti stripping dapat menaikkan nilai stabilitas sisa Latasir yang dihasilkan, tetapi nilainya juga masih berada di bawah nilai yang disyaratkan.

**Kata Kunci :** Pasir laut, Kaimana, Latasir, filler tambahan, abu batu, kapur, semen, aditif

## **Abstract**

As an archipelago, sea sand is widely available in Indonesia. In Kaimana district, West Papua, due to limited sources of aggregate, at locations that do not disturb the environment, this sand is used as a highway material, i.e. as the main ingredient of Latasir asphaltic mix. From information gleaned from the local community, known that the performance of Latasir in this district is not so good, it can only last for less than a year despite serving only very low traffic volume. The damages of Latasir in this area is due to the influence of humidity and rain along the year. The purpose of this study was to find out how to use the Kaimana sea sand as the main ingredient for Latasir that meets the properties required by specifications of Bina Marga 2010. This study notes that even though the deposit is located in hilly areas far from the sea, sea sand of Kaimana still contain salt of about 0.81%. The washing process by soaking and stirring lowers the salinity of those sand, by a less significant amount (<0.5%). In making Latasir mixture, sand washing process is not performed. Grading improvements performed by used additional filler as much as 10%. Four types of variation of the filler used in this study; the stone dust (10%), lime (10%), ash + lime stone (8% +2%), cement and stone dust + (8% +2%). From this study it can be concluded that no one of Latasir meets the Marshall immersion properties required by specifications of Bina Marga 2010. Although it's still well below the required retained stability, a combination of additional filler of 8% of stone dust with 2% lime or 2% cement can increase the Marshall retained stability compared to when using of 10% stone dust filler. Except for filler of limestone, the addition of anti-stripping additive can increase the Marshall retained stability of Latasir, but its value is still below the required value.

**Keywords:** Sand sea, Kaimana, Latasir, additional filler, stone dust, lime, cement, additive

## VI. LATAR BELAKANG

Sebagai negara kepulauan, pasir laut banyak terdapat di Indonesia. Pasir ini umumnya terdeposit tepi pantai dan pada lokasi-lokasi tertentu yang secara geologi merupakan daerah bekas genangan laut. Pada yang tidak mengganggu lingkungan, pasir ini dapat dimanfaatkan sebagai bahan jalan.

Latasir adalah salah satu jenis campuran beraspal yang terdapat dalam Spesifikasi Umum Bina Marga (Bina Marga, 2010) dengan bahan utamanya adalah pasir. Pasir yang disyaratkan untuk Latasir harus bersih bebas dari bahan yang merusak.

Di Kabupaten Kaimana, Papua Barat, karena keterbatasan sumber agregat, Latasir dibuat dengan menggunakan pasir laut. Walaupun deposit pasir laut yang terdapat di daerah ini terdeposit di daerah perbukitan yang jauh dari pantai, tetapi pasir tersebut memiliki kandungan garam. Informasi yang didapat dari masyarakat setempat diketahui bahwa Latasir yang digunakan selama ini dibuat dengan menggunakan pasir ini memiliki kinerja yang tidak begitu baik. Masa pelayanan lapisan Latasir di lapangan yang hanya melayani lalu lintas yang dapat dikategorikan sangat rendah hanya dapat bertahan selama kurang dari setahun. Kerusakan lapisan Latasir ini lebih dikarenakan akibat terkena hujan yang frekuensinya cukup tinggi dalam setahun.

### Tujuan

Tujuan dari studi ini adalah untuk mengetahui cara pemanfaatan pasir laut Kaimana sebagai bahan utama untuk pembuatan campuran beraspal jenis Latasir agar dihasilkan campuran yang memenuhi sifat-sifat yang disyaratkan dalam spesifikasi Umum Bina Marga.

### Pembatas Masalah

Studi ini hanya membahas cara pemanfaatan pasir laut Kaimana sebagai bahan untuk campuran Latasir berdasarkan kinerja laboratorium. Sifat-sifat Latasir yang diuji hanya sebatas pada sifat-sifat yang disyaratkan dalam Spesifikasi Bina Marga 2010.

## VII. TINJAUAN PUSTAKA

### Agregat

Agregat adalah suatu komponen padat dan keras dengan ukuran yang bervariasi yang merupakan material utama dalam konstruksi perkerasan jalan dan berfungsi sebagai penahan beban serta mengisi rongga. Setiap material dapat menjadi bahan jalan asalkan memenuhi persyaratan spesifikasi yang ada. Tidak ada batasan khusus material apa yang dapat digunakan sebagai bahan jalan. Secara khusus Geological Society, UK mendefinisikan bahwa agregat adalah partikel batuan yang dapat digunakan sebagai bahan perkerasan jalan dengan atau tanpa bahan pengikat (Collins et al. 1985).

Agregat digunakan pada seluruh jenis lapis perkerasan kecuali untuk tanah dasar. Agregat alam dapat digunakan sebagai bahan perkerasan jalan baik secara langsung atau melalui tahapan proses terlebih dahulu. Agregat merupakan bahan utama pembentuk lapis perkerasan, menurut Please et al. (1968) dalam setiap meter persegi perkerasan jalan terdapat 1,3 ton agregat dan karena agregat merupakan bagian terbesar (95%) bahan pembentuk campuran beraspal serta memberikan sumbangan terbesar pada daya dukung perkerasan. Oleh sebab itu, kualitas dan sifat-sifat fisik agregat sangat mempengaruhi kinerja perkerasan (TAI, 1993).

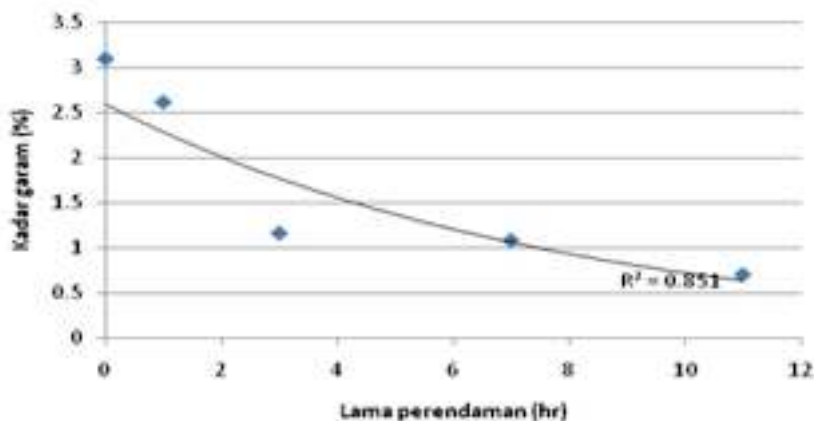
Berdasarkan sumbernya, agregat dapat dikelompokkan dalam tiga kelompok, yaitu agregat alam (natural aggregates), agregat buatan (artificial aggregates) dan agregat hasil pemrosesan (by-product aggregates). Agregat alam adalah agregat yang secara alamiah terdapat di alam dan umumnya digunakan sebagai bahan perkerasan jalan dengan atau tanpa pemrosesan.

### Pasir Laut

Pasir laut adalah salah satu jenis agregat alam yang banyak terdapat di sepanjang garis pantai dan di daratan lainnya yang secara geologi dulunya berupa lautan. Walaupun berdasarkan sifatnya, pasir laut tidak dapat digunakan secara langsung sebagai bahan campuran beraspal karena kandungan garam yang terdapat didalamnya dapat merusak aspal yang berfungsi sebagai binder (bahan pengikat) dalam campuran ini. Namun kenyataannya pada lokasi-lokasi yang tidak mengganggu lingkungan, pasir ini telah banyak dimanfaatkan sebagai bahan jalan. Selain itu, karena sifatnya yang non plastis dan bentuknya yang bulat (rounded), pasir inipun seyogyanya tidak dapat digunakan pula sebagai agregat halus untuk lapis pondasi baik untuk lapis pondasi Klas A apalagi untuk lapis pondasi Klas B.

Seperti telah diuraikan di atas bahwa semua agregat dapat digunakan sebagai

bahan jalan sejauh memenuhi spesifikasi. Semua agregat, tanpa memperhatikan sumber, metode pemerosesan dan mineraloginya, harus cukup memberikan kekuatan geser terhadap beban yang diberikan. Oleh sebab itu, agar dapat digunakan sebagai agregat halus (maksimum 15%) dalam campuran beraspal, baik jenis Laston maupun Lataston atau digunakan sebagai 100% agregat dalam campuran beraspal jenis Latasir, maka kandungan garam dalam pasir laut harus ditiadakan atau diturunkan mendekati nilai nol. Hasil penelitian yang dilakukan oleh Widayat (2010) menunjukkan bahwa kadar garam dalam pasir laut dapat diturunkan dengan cara pencucian. Dengan menggunakan pasir laut dari Pangandaran dengan kadar garam sebesar 3,09%, waktu pencucian yang dibutuhkan untuk menurunkan kadar garam yang terkandung dalam pasir laut tersebut menjadi nol atau mendekati nilai nol, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1, adalah selama 11 hari (Widayat, 2010).



**Gambar 1. Hubungan Kadar Garam Vs Lama Perendaman (Widayat, 2010).**

Dengan metode pencucian ini, Widayat (2010) menggunakan pasir laut pantai sebagai bahan untuk pembuatan Laston, lataston dan Latasir. Perstase penggunaan pasir laut untuk masing-masing campuran tersebut adalah 10%, 28% dan 20%. Dari studinya ini menyimpulkan bahwa campuran beraspal yang dibuat dengan pasir laut yang telah mengalami proses pencucian memberikan kinerja campuran di laboratorium yang relatif sama dengan bila menggunakan pasir biasa.

## Latasir

Latasir (lapis tipis aspal pasir) atau Sand-Sheet (SS) merupakan salah satu jenis campuran beraspal panas yang digunakan sebagai lapis penutup permukaan perkerasan yang terdiri atas agregat halus atau pasir atau campuran keduanya, dan aspal keras yang dicampur, dihampar dan dipadatkan dalam keadaan panas pada temperatur tertentu (BSN, 2008).

Dalam Spesifikasi Umum (Bina Marga, 2010), jenis campuran Latasir dikelompokkan dalam dua kelas, yaitu Latasir kelas A atau SS-A (Sand Sheet-A) dan Latasir kelas B atau SS-B (Sand Sheet-B). Ukuran nominal butir agregat atau pasir untuk SS-A adalah 9,5 mm (3/8 inci) dan 2,36 mm (No. 8) untuk SS-B. Pemilihan SS-A dan SS-B tergantung pada tebal nominal minimum yang diinginkan.

Agregat kasar (tertahan ayakan No.8) yang digunakan untuk pembuatan Latasir dapat berupa kerikil tetapi harus bersih, keras, awet dan bebas dari lempung atau bahan yang tidak dikehendaki lainnya dan memenuhi ketentuan yang diberikan dalam Tabel 1.

Agregat halus untuk Latasir dapat terdiri atas pasir atau hasil pengayakan batu pecah, dan terdiri atas bahan yang lolos ayakan 2,36 mm (No. 8). Agregat halus harus merupakan bahan yang bersih dengan nilai setara pasir minimum 45%, keras dengan nilai abrasi Los Angeles maksimum sebesar 40% dan harus bebas dari bahan yang tidak dikehendaki lainnya. Selain agregat kasar dan halus, untuk memenuhi gradasi Latasir yang disyaratkan, penambahan bahan pengisi (filler) mungkin juga diperlukan.

**Tabel 1. Persyaratan Agregat Kasar untuk Latasir (Bina Marga, 2010)**

Pengujian		Standar	Nilai
Kekeliruan bentuk agregat terhadap larutan natrium magnesium sulfat		SNI 3407:2008	Maks.12 %
Abrasi dengan mesin Angeles	Campuran AC bergradasi kasar	SNI 2417:2008	Maks. 30%
	Semua jenis campuran aspal bergradasi lainnya		Maks. 40%
Kelekatan agregat terhadap aspal		SNI 03-2439-1991	Min. 95 %
Angulintas (kedalaman dari permukaan <10 cm)		DoT's Pennsylvania	95/90
Angulintas (kedalaman dari permukaan =10 cm)		Test Method, PTM No.621	80/75
Partikel Pipih dan Lonjong		ASTM D4791 (1-5)	Maks. 10 %
Material lolos Ayakan No.200		SNI 03-4142-1996	Maks. 1 %



## Latasir dari Bahan Tailing

Tailing adalah bahan hasil buangan dari proses penambangan biji emas, tembaga atau timah yang berukuran seperti pasir. Berdasarkan ukurannya ini, tailing diyakini dapat digunakan sebagai bahan utama pembuatan campuran beraspal jenis Latasir.

Neni (2005) telah melakukan studi pemanfaatan tailing dalam campuran Latasir. Dalam studinya ini, persentase tailing yang dipakai bervariasi hingga 100%. Hasil pengujiannya seperti yang diberikan pada Tabel 2. Dari studinya ini, ia menyimpulkan bahwa tailing dapat digunakan sebagai bahan untuk Latasir. Persentase penggunaan tailing yang menghasilkan Latasir yang masih memenuhi sifat-sifat Latasir yang disyaratkan adalah 45%.

## VIII.HASIL PENGUJIAN PASIR LAUT KAIMANA

Selain terdeposit di sepanjang garis pantai, pasir laut di Kabupaten Kaimana juga terdeposit di daerah perbukitan yang jauh dari laut. Walaupun jauh dari laut, pasir laut daerah ini umumnya masih mengandung garam. Secara fisik, bentuk dan warna pasir laut dari daerah ini seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2 dan sifat-sifatnya seperti yang diberikan pada Tabel 3.

Di kabupaten ini, untuk pekerjaan campuran beraspal, pasir laut tersebut umumnya digunakan sebagai bahan untuk pembuatan Latasir. Informasi yang didapat dari masyarakat setempat diketahui bahwa kinerja Latasir yang dihasilkan tidak begitu baik, karena hanya dapat bertahan selama kurang dari setahun walaupun hanya melayani lalu lintas yang dapat dikategorikan sangat rendah. Kelembaban dan hujan yang frekuensinya cukup tinggi dalam setahun disinyalir merupakan faktor utama yang menyebabkan kerusakan tersebut.

**Tabel 2. Sifat-Sifat Latasir pada Variasi Persentase Tailing pada Kadar Aspal Optimumnya (Neni, 2005)**

NO	SIFAT CAMPURAN	Campuran						KETERANGAN
		0%Tailing	45%Tailing	50%Tailing	55%Tailing	60%Tailing	100%Tailing	
1	Kadar Aspal Optimum (%)	30.30	10.15	10.65	10.80	30.40	14.40	-
2	Kepadatan (ton/m <sup>3</sup> )	2.238	2.245	2.253	2.234	2.214	2.112	-
3	VMA (%)	27.07	26.55	26.37	27.73	27.9	35.24	Min 25
4	VMI (%)	70.42	70.5	69.45	69.32	69.23	6.50	3.0-6.0
5	VFB (%)	5.34	5.75	5.26	4.45	5.55	82.8	Min 75
6	Stabilitas (kg)	545.74	338.07	349.55	600.15	459.15	323	Min 200
7	Regangan (mm)	2.62	2.93	2.68	2.45	2.98	3.9	2-3
8	Modulus (N/mm <sup>2</sup> )	214.71	220.45	209.03	227.29	189.13	83	Min 80
9	Stabilitas Sisa (%)	75	85	75	74	73	91	Min 75
10	Modulus pada 35°C (MPa)	212	304	345	344	411	-	-
11	Ketahanan Terhadap Air							
-	Loss of Marshall strength	0.342	-	-	0.286	-	-	-
-	Stabilitas Dini (kN/meter/m)	123	-	-	147	-	-	-

Catatan : \* Tidak diuji



**Gambar 2. Pasir Laut Kaimana - Papua Barat**

## IX. PEMBAHASAN

Dari studi ini diketahui bahwa pasir laut Kaimana secara alamiah masih mengandung cangkang hewan laut seperti kerang, kepiting dan lain sebagainya dengan ukuran yang bervariasi. Oleh sebab itu, untuk memenuhi persyaratan ukuran agregat maksimum dan gradasi untuk Latasir, sebelum digunakan pasir ini harus diproses terlebih dahulu dengan cara penyaringan. Dari hasil pengujian laboratorium (Tabel 3) diketahui bahwa pasir laut dari daerah ini bersifat non plastis dengan berat jenis yang besar ( $> 2,5 \text{ t/m}^3$ ), penyerapan yang sangat kecil (0,422%) dan memiliki kandungan garam dengan persentase yang sangat kecil, yaitu sekitar 0,81% dari berat total pasir tersebut. Gradasi pasir laut Kaimana hanya mengandung 1,5% partikel yang lolos saringan nomor 200.

Dalam studi ini, proses pencucian dilakukan untuk menghilangkan kandungan garam dalam pasir tersebut. Pencucian dilakukan dengan dua cara, yaitu pertama hanya dengan melakukan perendaman pada pasir tersebut dan yang kedua adalah dengan melakukan perendaman dan pengadukkan. Selanjutnya pasir yang telah dicuci selama waktu tertentu diuji kandungan garamnya. Hasil dari pengujian ini diberikan pada Tabel 4.

Dalam Tabel 4 ditunjukkan bahwa proses pencucian pasir laut Kaimana dengan cara perendaman dapat menurunkan kadar garam pasir laut tersebut, tetapi persentase penurunannya tidak begitu signifikan. Begitu juga bila pada proses perendamannya diikuti dengan proses pengadukkan. Walaupun dengan adanya pengadukan ini persentase penurunan kadar garam yang dihasilkan lebih tinggi dari pada bila dilakukan proses perendaman saja tetapi tetap saja



**Tabel 3. Hasil Pengujian Sifat Pasir Laut Kaimana**

No	Jenis Pengujian	Metoda	Hasil Pengujian Quarry Kaimana	
			Belum Diayak	Hasil Ayakan
1	Atterberg Limit			
	Batas cair (LL), %	SNI 1967 : 2008	NP	NP
	Keras plastis (PI), %	SNI 1966 : 2008	NP	NP
	Indeks plastis (PI), %		NP	NP
2	Berat jenis dan penyerapan	SNI 03-1970-1990		
	Berat jenis (Bulk)		3,10	3,148
	Berat jenis kering perm. jenuh		3,12	3,162
	Berat jenis semu (Apparent)		3,16	3,191
	Penyerapan (Absorption)		0,65	0,422
3	Kadar garam, %		0,720	0,720
4	Analisa saringan, %	SNI 03-1968-1990		
	(1/2")		98,7	
	(3/8")		98,3	100,0
	No. 4		93,6	98,5
	No. 8		84,3	89,0
	No. 10		81,5	84,2
	No. 16		69,2	66,7
	No. 20		54,0	48,2
	No. 30		39,0	33,1
	No. 40		24,9	22,8
	No. 60		14,6	11,4
	No. 80		10,1	7,7
	No. 100		8,2	6,2
	No. 200		2,3	1,5

**Tabel 4. Kandungan Garam pada Pasir Laut Kaimana Sebelum dan Setelah Pencucian**

Kandungan Garam Pasir Laut Kaimana (%)											
Waktu Perendaman Tanpa Pengadukan											
Asli	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0,81	0,76	0,72	0,81	0,73	0,72	0,72	0,75	0,68	0,70	0,68	0,72
Waktu Perendaman Dengan Pengadukan											
0,81	0,59	0,53	0,53	0,46	0,71	0,51	0,35	0,53	0,58	0,49	0,36

persentase penurunan kadar garam dalam pasir laut Kaimana tersebut tidak terlalu signifikan. Penurunan kadar garam yang terjadi akibat proses kedua proses ini kurang dari 0,5%.

Pada studi ini, kecenderungan garis (trendline) hubungan antara lamanya waktu pencucian dengan penurunan kadar garam tidak dapat diperoleh. Hal ini mungkin disebabkan karena ketelitian pengujian yang dilakukan mengingat bahwa kadar garam awal pasir laut Kaimana ini sangat kecil (0,81%) atau dapat juga disebabkan karena proses pencucian yang dilakukan tidak dapat menghilangkan 100% kandungan garam dalam pasir laut tersebut.

Seperti yang selama ini digunakan di Kaimana, dimana pasir laut ini digunakan untuk campuran beraspal jenis Latasir, maka dalam studi inipun pasir laut dari daerah ini juga dicoba untuk digunakan sebagai bahan untuk pembuatan Latasir.

Pada pembuatan benda uji Latasir, proses pencucian pasir laut yang digunakan tidak dilakukan, karena seperti dikatakan di atas bahwa proses pencucian yang dilakukan hanya menghilangkan kandungan garamnya dengan jumlah yang tidak begitu signifikan (kurang dari 0,5%).

Dengan memperhatikan kandungan bahan pengisi (filler) dari pasir laut Kaimana sangat kecil (1,5%), untuk memenuhi persyaratan gradasi Latasir Klas A ataupun Klas B yang disyaratkan dalam spesifikasi Bina Marga 2010, maka dilakukan penambahan bahan pengisi sebanyak 10%. Dengan demikian, penggunaan pasir laut Kaimana dalam Latasir maksimum 90% dari total berat agregat yang dibutuhkan.

Dalam studi ini untuk pembuatan Latasir, jenis filler tambahan tersebut dibuat bervariasi dengan kuantitas total penambahan 10%, yaitu abu batu (10%), kapur (10%), abu batu + kapur (8%+2%) , dan abu batu + semen (8%+2%). Sedangkan bahan pengikat yang digunakan adalah aspal minyak penetrasi 60. Sifat-sifat Latasir yang dihasilkan seperti yang ditunjukkan pada Tabel 5. Pada tabel ini, pengaruh penambahan aditif anti stripping juga ditunjukkan.

Dari Tabel 5 dapat dilihat bahwa sifat Marshall yang dihasilkan oleh campuran Latasir dengan penambahan filler jenis apa saja dapat memenuhi sifat Marshall yang disyaratkan spesifikasi, tetapi tidak satupun dari campuran ini memenuhi sifat Marshall rendamannya. Artinya walaupun Latasir yang dihasilkan dengan penambahan 10% filler ini kuat menahan beban lalu lintas tetapi tidak cukup awet akibat pengaruh kombinasi dari air, panas dan beban khususnya bila filler tambahan yang digunakan adalah 10% kapur.

Kecuali untuk 10% filler jenis kapur, penambahan aditif anti stripping dapat menaikkan nilai stabilitas sisa Latasir yang dihasilkan, tetapi nilainya juga masih berada di bawah nilai yang disyaratkan. Dari semua Latasir yang dihasilkan dengan variasi filler ini, pengaruh aditif anti stripping yang paling besar (25%) terjadi

**Tabel 5. Sifat Latasir dari Pasir Laut Kaimana**

No	Sifat Campuran	Nilai Parameter Dengan Variasi Filler				Spesifikasi BM 2010
		A	B	C	D	
1.	Kadar aspal, (%)	7,00	7,00	7,0	7,75	
2.	Stabilitas, kg	432	487	329	362	Min. 200
3.	Kelelehan, mm	2,75	2,20	2,41	2,22	2 - 3
4.	Marshall Quotient, kg/mm	157	221	147	164	Min. 80
5	VMA, %	45,9	35,0	32,8	35,5	Min. 20
6	VIM, %	5,25	3,67	4,00	3,78	3,0 - 6,0
7	VFB, %	87,7	89,5	87,8	90	Min. 75
8	Kepadatan, kg/m <sup>3</sup>	1,833	1,852	1,826	1,854	-
9	Stabilitas sisa, %					
	- Tanpa anti stripping	36%	Hancur	50	60%	
	- Dengan anti stripping	49%	Hancur	75%	75%	Min. 90

Catatan

A = Dengan penambahan 10 % Abu batu

B = Dengan penambahan 10% kapur

C = Dengan penambahan 8% abu batu + 2% kapur

D = Dengan penambahan 8% abu batu + 2% semen

pada Latasir dengan filler dari 8% abu batu dan 2% kapur. Walaupun begitu, nilai stabilitas sisa yang dihasilkannya sama dengan bila menggunakan filler dari 8% abu batu dengan 2% semen. Dari studi ini dapat diketahui juga bahwa, aditif anti stripping tidak memberikan pengaruh pada nilai stabilitas sisa Latasir yang dibuat dengan menggunakan 10% kapur.

## X. KESIMPULAN DAN SARAN

### Kesimpulan

Beberapa hal yang dapat disimpulkan dari studi antara lain yaitu :

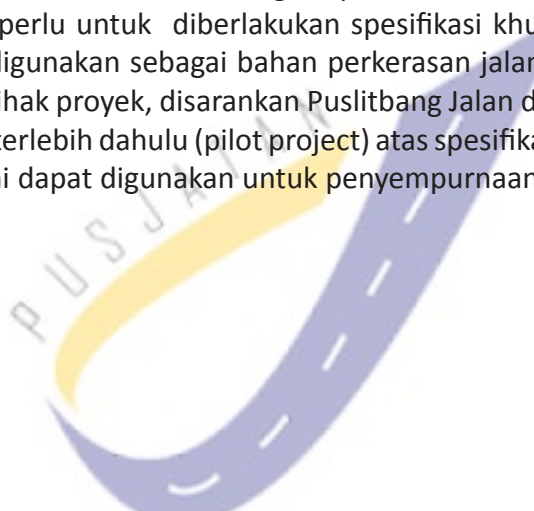
- Kandungan garam pasir laut Kaimana adalah sangat kecil, hanya 0,81%.
- Proses pencucian dengan cara merendam pasir laut Kaimana dalam air, baik tanpa ataupun dengan Pengadukan dapat menurunkan kadar garam pasir laut tersebut tetapi dengan jumlah yang tidak signifikan (kurang dari 0,5%).
- Untuk memenuhi gradasi Latasir Klas A ataupun Klas B yang disyaratkan dalam spesifikasi Bina Marga 2010, gradasi asli pasir laut Kaimana memerlukan penambahan bahan pengisi (filler) sebanyak 10%.
- Latasir dari pasir laut Kaimana yang dibuat dengan penambahan filler jenis abu batu, kapur ataupun semen dapat memenuhi sifat Marshall yang

disyaratkan spesifikasi, tetapi tidak satupun dari campuran ini memenuhi sifat Marshall rendamannya.

- Penambahan 10% filler yang merupakan kombinasi dari 8% abu batu dengan 2% kapur atau 2% semen dapat menaikkan stabilitas sisa Latasir dari pasir laut Kaimana yang dihasilkan walaupun nilainya masih berada di bawah nilai stabilitas sisa yang disyaratkan.
- Kecuali untuk Latasir dari pasir laut Kaimana yang dibuat dengan menggunakan 10% kapur, penambahan aditif anti stripping juga dapat menaikkan nilai stabilitas sisa Latasir yang dihasilkan tetapi masih di bawah nilai yang disyaratkan.
- Pengaruh aditif anti stripping pada stabilitas sisa secara dominan terjadi pada Latasir dari pasir laut Kaimana dengan filler tambahan dari 8% abu batu dan 2% kapur dari pada filler tambahan dari 8% abu batu dan 2% semen. Walaupun begitu, nilai stabilitas sisa yang dihasilkannya adalah sama.
- Aditif anti stripping tidak memberikan pengaruh pada nilai stabilitas sisa Latasir yang dibuat dari pasir laut Kaimana dengan penambahan 10% kapur.

## Saran

Mengingat bahwa tidak satupun stabilitas Marshall sisa Latasir dari pasir laut Kaimana yang didapatkan setelah dilakukan perbaikan gradasi dengan penambahan variasi jenis filler dan aditif anti stripping belum juga dapat memenuhi persyaratan Latasir sesuai dengan Spesifikasi Umum Bina Marga 2010, maka dipadangkan perlu untuk diberlakukan spesifikasi khusus agar pasir laut Kaimana ini dapat digunakan sebagai bahan perkerasan jalan. Namun, sebelum diberlakukan oleh pihak proyek, disarankan Puslitbang Jalan dan Jembatan dapat melakukan uji coba terlebih dahulu (pilot project) atas spesifikasi khusus tersebut. Hasil dari uji coba ini dapat digunakan untuk penyempurnaan spesifikasi khusus tersebut.



## PUSTAKA

- Bina Marga, (2010), Spesifikasi Umum Buku III, Direktorat Jeneral Bina Marga Kementrian Pekerjaan Umum.
- BSN, 2008, Spesifikasi Lapis Tipis Aspal Pasir (Latasir), Standar Nasional Indonesia, SNI 6749:2008, Badan Standardisasi Nasional.
- Collins, I and Fox, R. A., (1985), "AGGREGATES : Sand, Gravel and Crushed Rock Aggregates for Construction Purposes", Geological Society, Engineering Geology, No. 1. Special Publication, England.
- Neni K, (2005), Pemanfaatan Tailing Untuk Campuran Lapis Tipis Aspal Pasir (Latasir) pada Perkerasan Jalan, Jurnal Litbang Jalan, Vol, 22 No. 1.
- Please A. and Pike D.C., (1968), " The Demand of Road Aggregates", Transport and Road Research Laboratory, Crowthorne, UK, RL. 185.
- TAI, (1993), Mix design Methods-For Asphalt Concrete and Other Hot Mix. The Asphalt Institute
- Widayat, (2010), Pengembangan Teknologi Pemanfaatan Bahan Lokal dan substandar, Laporan Penelitian Puslitbang Jalan dan Jembatan 2011, Bandung.





# Kajian Pelaksanaan Teknologi Daur Ulang Dengan Campuran Beraspal Panas di Ruas Jalan Cirebon-Losari

**Ir. Nyoman Suaryana, MSc**

Puslitbang Jalan dan Jembatan

Jl. A. H. Nasution 264 Bandung

e-mail : nyoman.suaryana@pusjatan.pu.go.id

## **Abstrak:**

*Rehabilitasi dan pemeliharaan jalan membutuhkan biaya besar, waktu dan material yang banyak. Pemanfaatan kembali atau re-use/recycling material perkerasan untuk rehabilitasi dan pemeliharaan jalan memberikan banyak keuntungan dibandingkan dengan metoda konvensional. Diantara keuntungan tersebut antara lain adalah penghematan agregat, aspal dan energi. Karena teknologi recycling menjadi alternatif yang menarik untuk rehabilitasi dan pemeliharaan jalan, maka Pusjatan melaksanakan kajian pelaksanaan teknologi recycling. Pada tahun 2008 kajian difokuskan pada teknologi recycling dengan campuran beraspal panas. Hasil yang kajian menunjukkan bahwa pemakaian RAP (Recycled Asphalt Pavement) dalam campuran beraspal panas harus memperhatikan karakteristik aspal yang ada dan kadar air RAP. Penetrasi aspal RAP yang rendah akan menyebabkan campuran rentan terhadap retak, sementara kadar air yang tinggi akan menyebabkan penurunan temperatur campuran yang tinggi. Pemanfaatan RAP, selain lebih ekonomis karena mengurangi penggunaan aspal dan agregat, ternyata ada indikasi dapat meningkatkan kinerja campuran.*

**Keywords:** Recycling, RAP (Recycled Asphalt Pavement), HMRA (Hot Mixture Recycled Asphalt)

## Pendahuluan

Jalan merupakan salah satu prasarana transportasi yang dapat menunjang peningkatan perekonomian nasional. Kondisi jalan yang ada sekarang sebagian telah mengalami kerusakan dan memerlukan biaya penanganan yang besar. Dalam pelaksanaannya selain memerlukan biaya yang besar juga semakin kekurangan material yang memenuhi persyaratan. Teknologi daur ulang merupakan salah satu alternatif pemecahan karena efektif dan efisien. Penggunaan kembali (daur ulang) aspal dan agregat eks perkerasan selain ekonomis juga menunjang kebutuhan akan konservasi sumber daya alam. Keuntungan lain yang dapat diperoleh antara lain adalah :

- peningkatan kekuatan struktural perkerasan dapat diperoleh tanpa meninggikan elevasi permukaan jalan.
- perbaikan kualitas lapis pondasi dapat dilaksanakan dengan cepat.

Untuk menerapkan teknologi daur ulang dengan benar, maka perlu dilakukan kajian dan uji coba skala penuh. Dari hasil uji coba tersebut diharapkan diperoleh metoda perencanaan dan metoda pelaksanaan daur ulang yang tepat guna.

Beberapa teknologi daur ulang yang telah diteliti oleh Pusat Litbang Jalan dan Jembatan pada skala penuh adalah :

- Tahun 2006, daur ulang dengan bahan tambah semen, di jalan Pantura Palimanan-Jatibarang Jawa Barat panjang 1 km, sebagai lapis pondasi untuk lalu-lintas berat.
- Tahun 2007, daur ulang dengan bahan tambah foam bitumen dan filler semen, di jalan pantura Palimanan-Jatibarang Jawa Barat, sebagai campuran lapis beraspal yang dicampur secara dingin untuk lalu-lintas berat.

Dalam rangka pengembangan teknologi daur ulang, pada tahun 2008 dilakukan uji coba skala penuh daur ulang campuran beraspal panas di Ruas Jalan Cirebon – Losari Jawa Barat. Sementara lapisan fondasi direcycling menggunakan CTRB dan CMRFB (in plant).

Penggunaan recycling base (CTRB) dimaksudkan untuk memperbaiki kinerja lapis pondasi existing. Dari hasil pengujian (test pit dan uji laboratorium) lapis pondasi existing tersebut kualitasnya banyak yang tidak memenuhi syarat, seperti gradasi yang halus dan nilai CBR di bawah persyaratan.



Pelaksanaan CMRFB dipilih in plant karena lebih mudah pengendalian kualitasnya dan dari sisi efesiensi (dalam hal ini, karena ada pekerjaan CTRB terlebih dahulu) tidak berbeda banyak dengan pelaksanaan in place.

Tujuan dari kegiatan ini adalah tersedianya teknologi alternatif untuk penanganan kerusakan jalan yang dapat memanfaatkan kembali bahan eks perkerasan.

Teknologi daur ulang (recycling atau reuse) material perkerasan existing untuk pekerjaan rehabilitasi, rekontruksi dan pemeliharaan jalan telah dikembangkan semenjak tahun 1915. Penggolongan teknologi daur ulang pada umumnya menggunakan pendekatan : (i) prosedur daur ulang yang digunakan, (ii) jenis material perkerasan yang akan di daur ulang dan perkerasan yang dihasilkan, (iii) kekuatan struktural yang diperoleh dari daur ulang. Menurut TRB (Transportation Research Board, 1980) penggolongan teknologi daur ulang adalah sebagai berikut:

- a. Daur ulang permukaan (surface recycling), pelaksanaan daur ulang pada perkerasan dengan tebal kurang dari 25 mm dengan menggunakan heater planer, heater-scarifier, hot milling, cold planning atau alat cold milling. Pelaksanaan daur ulang dilaksanakan menerus dalam satu lintasan, dan jika diperlukan ditambahkan agregat baru dan modifier. Teknologi ini efektif digunakan untuk memperbaiki kerusakan perkerasan seperti pelepasan butir (raveling), alur (rutting), kegemukan (flushing) dan gelombang (coorugation).
- b. Daur ulang di tempat untuk permukaan dan base (In place surface and base recycling), Pelaksanaan daur ulang di tempat dengan ketebalan lebih dari 25 mm, yang diikuti dengan pembentukan kembali dan pemadatan. Jika diperlukan dapat ditambahkan agregat baru dan modifier. Teknologi ini digunakan untuk meningkatkan kekuatan struktural lapisan perkerasan. Eks perkerasan distabilisasi dengan menggunakan kapur, semen, aspal dan bahan kimia lainnya. Kelemahan dari metoda ini adalah pelaksanaan pengendalian mutu tidak sebaik pada daur ulang di pusat instalasi (In plant). Salah satu teknologi yang saat ini sedang diteliti adalah CTRB (Cement Treated Recycling Base) dan CMRFB (Cold Mix Recycling Foam Bitument). Teknologi CTRB merupakan teknologi daur ulang dengan cara menstabilisasi lapis pondasi (terutama agregat) dengan semen, sementara CMRFB stabiliasi eks perkerasan beraspal dengan aspal yang dibusakan (foam bitument).
- c. Daur ulang di pusat instalasi (central-plant recycling), pelaksanaan daur ulang dimulai dengan penggarukan perkerasan dan pengangkutan eks perkerasan ke pusat instalasi. Pengolahan dilakukan dipusat instalasi dengan atau tanpa penambahan agregat baru dan modifier, dan selanjutnya diangkut

kembali kelapangan untuk digelar, dibentuk dan dipadatkan. Salah satu teknologi yang saat ini sedang diteliti adalah CMRFB (Cold Mix Recycling Foam Bitument) dan HMRA (Hot Mix Recycling Asphalt). Teknologi CMRFB merupakan teknologi daur ulang dengan cara menstabilisasi eks perkerasan beraspal dengan aspal yang dibusakan (foam bitument), sementara HRMA menggunakan eks perkerasan beraspal dengan jumlah terbatas untuk campuran beraspal panas.

HMRA (*Hot Mix Recycling Asphalt*) atau Daur Ulang Campuran Beraspal Panas adalah campuran antara *Reclaimed Asphalt Pavements* (RAP) dengan agregat yang dicampur di Unit Pencampur Aspal (UPA), dihampar dan dipadatkan dalam keadaan panas pada temperatur tertentu.

Menurut The Asphalt Institute MS-20, Jika jumlah penggunaan RAP tidak lebih kecil dari 20 % maka campuran beraspal dapat menggunakan aspal dengan penetrasi biasa yaitu aspal dengan pen 60.

Menurut Spesifikasi Superpave, pemakaian HMRA tidak disarankan untuk lapis permukaan pada kategori lalu-lintas > 30.000.000 ESAL.

Persyaratan campuran beraspal dengan menggunakan bahan RAP lebih kecil dari 20 % mengikuti ketentuan campuran beraspal konvensional.

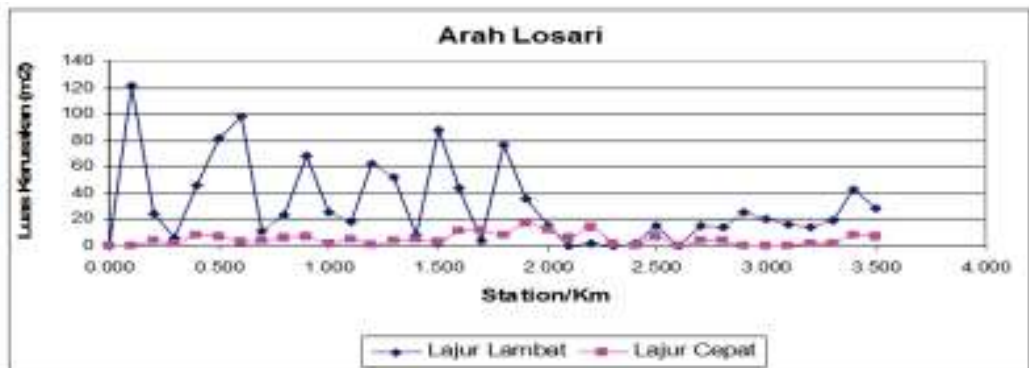
Secara garis besar metodologi penelitian dilaksanakan dengan cara membandingkan antara kajian literatur, kajian laboratorium yang dibandingkan dengan hasil uji coba skala penuh di lapangan. Kegiatan dilaksanakan dengan urutan, dimulai dari percobaan di laboratorium berdasarkan literatur yang ada, perencanaan detil dan selanjutnya uji coba lapangan. Pada saat uji coba di lapangan akan diamati perilaku teknis perkerasan recycling mulai dari perencanaan campuran, metoda pelaksanaan sampai dengan pengendalian mutu lapangan. Monitoring secara berkala dalam waktu minimal 2 tahun. Hasil dari masing-masing kegiatan tersebut akan digunakan untuk mengkaji ulang SPM (Standar, Pedoman, Manual).

Lokasi kegiatan uji coba skala penuh teknologi daur ulang tahun 2008 adalah pada ruas jalan Cirebon – Losari, pada Km 26+500 – Km 30+000 Cirebon.

# Pembahasan

## Perencanaan Teknis

Survei kondisi perkerasan dilakukan secara visual untuk melihat kondisi kerusakan perkerasan yang ada. Survei kondisi dimaksudkan untuk mengetahui tingkat kerusakan yang terjadi pada perkerasan serta pada bahu dan saluran samping. Hasil survei disajikan dalam gambar berikut.



Gambar 1. Kerusakan Perkerasan Arah Losari



Gambar 2. Kerusakan Perkerasan Arah Cirebon

Dari hasil survei kondisi yang dilaksanakan pada awal tahun 2008, nampak kerusakan yang terjadi umumnya berupa retak dan lubang, dan kerusakan lebih banyak terjadi pada lajur lambat.

Untuk mengetahui kekuatan sisa dilakukan pengujian lendutan setiap interval 50 m pada lajur lambat dan cepat dengan alat FWD (Falling Weight Deflectometer). Namun mengingat kondisi kerusakan yang ada, maka pengujian lendutan dilaksanakan hanya pada lokasi yang masih memungkinkan (perkerasan masih berperilaku elastis). Hasil yang diperoleh pada Gambar 3 dan 4.



Gambar 3. Nilai Lendutan Perkerasan Arah Losari



Gambar 4. Nilai Lendutan Perkerasan Arah Cirebon

Untuk mengetahui struktur perkerasan jalan maka diperlukan pembuatan lubang uji (testpit). Hasil pengujian CBR dengan alat DCP menunjukkan nilai CBR tanah dasar mulai 2,9 % sampai dengan 20 %. Untuk mengetahui volume lalu-lintas dan VDF pada ruas jalan yang telah dipilih, yaitu pada ruas jalan Cirebon – Losari, dilakukan pengumpulan data skunder di P2JJ Provinsi Jawa Barat.

Berdasarkan data lalu-lintas yang ada, maka dilakukan perhitungan nilai CESA (Cumulative Equivalent Standard Axle) dengan menggunakan metoda Bina Marga, dengan hasil adalah sebagai berikut :

- Umur Rencana 5 tahun : 58,8 Juta ESAL
- Umur Rencana 10 tahun : 133,9 Juta ESAL

Mengingat keterbatasan anggaran, maka perencanaan tebal perkerasan didasarkan pada umur rencana 5 tahun. Metoda perencanaan yang digunakan adalah AASHTO 1993 dengan asumsi koefisien kekuatan relatif per inchi masing-masing lapisan perkerasan adalah ; CTRB: 0,18 (asumsi nilai UCS > 35 kg/cm<sup>2</sup>),

CMRFB 0,26 (asumsi nilai ITS > 300 kPa), AC-BC : 0,40, dan AC-WC Mod.: 0,44, diperoleh hasil perhitungan diperlihatkan pada Tabel 1.

**Tabel 1. Hasil Perhitungan Tebal Perkerasan**

	Tipe I	Tipe II
CTRB	30,0 Cm	30,0 Cm
CMRFB	16,0 Cm	-
HMRA AC-BASE	-	12,5 Cm
HMRA AC-BC	6,5 Cm	6,5 Cm
AC-WC Modifikasi	5,0 Cm	5,0 Cm

## Kajian Laboratorium dan Pembuatan JMF

Sebelum pembuatan DMF, terlebih dahulu dilakukan simulasi pengaruh proporsi RAP dalam campuran, yaitu pengaruhnya ke temperatur, pengaruhnya ke sifat-sifat aspal, dan pengaruhnya pada sifat-sifat campuran.

**Tabel 2. Pengaruh RAP pada Sifat-Sifat Aspal**

No.	Jenis Pengujian	0% RAP	10% RAP	15% RAP	20% RAP	100 % RAP	satuan
1.	Penetrasi	68	64	61	54	20	%
2.	Titik Lembek	50.2	50.4	51.6	53.3	65.5	%
3.	Daktilitas	>140	>140	>140	>140	>140	Cm
4.	RTFOT	0.0567	0.0729	0.0887	0.1138	0.3169	%
5.	Penetrasi LOH	53	44	41	35	13	0,1 mm
6.	Titik Lembek LOH	53.2	54.2	54.8	57.2	66.8	°C
7.	Daktilitas LOH	>140	>140	>140	>140	20	Cm

**Tabel 3. Pengaruh Kadar RAP dan Kadar Air pada Temperatur Campuran**

No.	Uraian	10% - RAP				15% - RAP				20% - RAP			
		0%	2%	4%	6%	0%	2%	4%	6%	0%	2%	4%	6%
1	Temp. Aggregat	140,0	140,0	140,0	140,0	140,0	140,0	140,0	140,0	140,0	140,0	140,0	140,0
2	Temp. RAP	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0
3	Temp. Aspal	155,0	155,0	155,0	155,0	155,0	155,0	155,0	155,0	155,0	155,0	155,0	155,0
4	Temp. Campuran awal	145,8	144,9	143,3	129,3	141,9	139,5	129,0	122,2	137,4	130,4	119,7	113,9
	1 mm	145,8	144,9	143,3	129,3	141,9	139,5	129,0	122,2	137,4	130,4	119,7	113,9
	2 mm	145,8	144,8	143,4	129,3	141,9	134,4	128,8	122,2	137,4	130,4	118,2	113,8
	5 mm	145,8	144,6	143,4	122,0	142,1	134,1	128,0	121,9	137,4	130,3	117,2	112,4
	10 mm	145,8	144,3	142,8	120,3	141,9	133,7	128,1	121,4	137,2	129,8	115,4	108,4
	15 mm	145,3	143,8	141,9	119,1	141,8	132,4	127,4	120,3	136,9	129,9	114,4	102,2
	30 mm	143,8	141,9	137,9	114,8	138,4	128,4	123,7	118,8	135,2	124,4	112,7	98,1
	45 mm	138,5	135,1	132,4	109,6	132,7	121,6	118,9	112,4	128,9	119,3	106,7	92,1
	60 mm	139,1	138,1	125,8	104,5	125,2	119,7	114,0	109,2	118,8	112,9	102,8	84,2
5	% Jal Pengukuran	10,17	12,07	12,59	12,40	14,25	14,15	14,11	13,40	9,34	10,3	10,20	10,00
6	Seleksi Pengukuran	10,17	14,07	13,59	13,40	15,25	15,15	15,11	14,40	10,34	11,3	11,20	17,00

Berdasarkan hasil simulasi laboratorium tersebut, maka dibuat DMF dengan menggunakan bahan RAP sekitar 10 % untuk AC-Binder dan sekitar 15 % untuk AC-Base.

## 1. HRMA AC-BASE

Gradasi agregat AC-BASE (maksimum size 1,5 inchi) dengan menggunakan RAP sebanyak 14,2 % diperlihatkan pada Gambar 5 dan karakteristik campuran diperlihatkan pada Tabel 4.



**Gambar 5. Gradasi AC-Base dengan RAP 14,2 %**



Percobaan pemadatan dilaksanakan di lapangan dengan memvariasikan jumlah lintasan TR (Tire Roller), yaitu 12, 14 dan 16 passing. Sementara pemadatan awal dilaksanakan 1 passing dengan pemadat Tandem. Kepadatan lapangan > 98 % diperoleh dengan jumlah passing 14 kali.

Berdasarkan hasil DMF, Trial Mix dan percobaan pemadatan maka ditentukan JMF (Job Mix Formula) seperti diperlihatkan pada Tabel 4.

**Tabel 4. Resume JMF HRMA AC-BASE**

DESCRIPTION	TEST RESULT			PERSYARATAN
	DMF	TRIAL	JMF	
Asphalt Content (%)	4.9	4.81	5.03	
Density (gr/cm <sup>3</sup> )	2.385	2.399	2.392	-
Voids In Mix ( VIM ) (%)	4.7	4.51	4.83	3.5 - 5.5
Voids In Mix ( VIM Refusal ) (%)	3.7	3.15	3.35	2.6 min
Voids Filled Asphalt (%)	67.5	68.6	67.5	60 min
Voids Mineral Aggregate ( VMA ) (%)	14.6	14.4	14.8	13 min
Stability (kg)	2600	2117.3	2138.2	1,600 min
Stability After 24 Hour at 60° C (%)	82.1	82.1	82.1	80 min
Flow (mm)	5.6	5.7	5.77	5.0 min
Marshall Quotient (kg/mm)	420.0	372.0	372.7	300 min
Thick Film Asphalt (micron)	12.0	11.4	10.5	8.0 min

## 2. HRMA AC-BINDER

Gradasi agregat AC-Binder (maksimum size 1 inchi) dengan menggunakan RAP sebanyak 9,5 % .



**Gambar 6. Gradasi AC-Binder dengan RAP 9,5 %**

Percobaan pemadatan dilaksanakan di lapangan dengan memvariasikan jumlah lintasan TR (Tire Roller), yaitu 12, 14 dan 16 passing. Sementara pemadatan awal dilaksanakan 1 passing dengan pemadat Tandem. Kepadatan lapangan > 98 % diperoleh dengan jumlah passing 14 kali.

Berdasarkan hasil DMF, Trial Mix dan percobaan pemadatan maka ditentukan JMF (Job Mix Formula) seperti diperlihatkan pada Tabel 5.

**Tabel 5. Resume JMF HRMA AC-BINDER**

DESCRIPTION	TEST RESULT			PERSYARATAN
	DMF	TRIAL	JMF	
Asphalt Content (%)	5.4	5.42	5.46	
Density (gr/cm <sup>3</sup> )	2.368	2.381	2.379	-
Voids In Mix ( VIM ) (%)	4.7	4.98	4.48	3.5 5.5
Voids In Mix ( VIM Refusal ) (%)	3.75	3.02	2.90	2.5 min
Voids Filled Asphalt (%)	71	67.6	71.1	63 min
Voids Mineral Aggregate ( VMA ) (%)	15.85	15.4	15.5	14 min
Stability (kg)	1165	1082.0	1011.3	800 min
Stability After 24 Hour at 60° C (%)	81.5	81.5	81.5	80 min
Flow (mm)	3.4	3.5	3.31	3.0 min
Marshall Quotient (kg/mm)	320.0	311.7	305.8	250 min
Thick Film Asphalt (micron)	12.1	10.6	10.4	8.0 min

## Perencanaan Teknis

### 1. Pengendalian Mutu

Dalam Spesifikasi Khusus, pengendalian mutu yang perlu dilakukan dalam pekerjaan HMRA AC-BASE dan HMRA AC-BINDER antara lain seperti diuraikan di bawah ini.

- Kepadatan HMRA yang telah dipadatkan, seperti yang ditentukan dalam SNI 03-6757-2002, tidak boleh kurang dari 98% Kepadatan Standar Kerja (*Job Standard Density*). Nilai tunggal setiap pengujian minimum 94,8 % JSD.
- Pengujian produksi harian, meliputi kadar aspal, gradasi dan pengujian marshall.

Hasil-hasil pengujian menunjukkan pelaksanaan pekerjaan HMRA AC Binder dan AC BASE memenuhi syarat. Tipikal hasil pengendalian mutu diperlihatkan pada Gambar 7,8 dan 9.

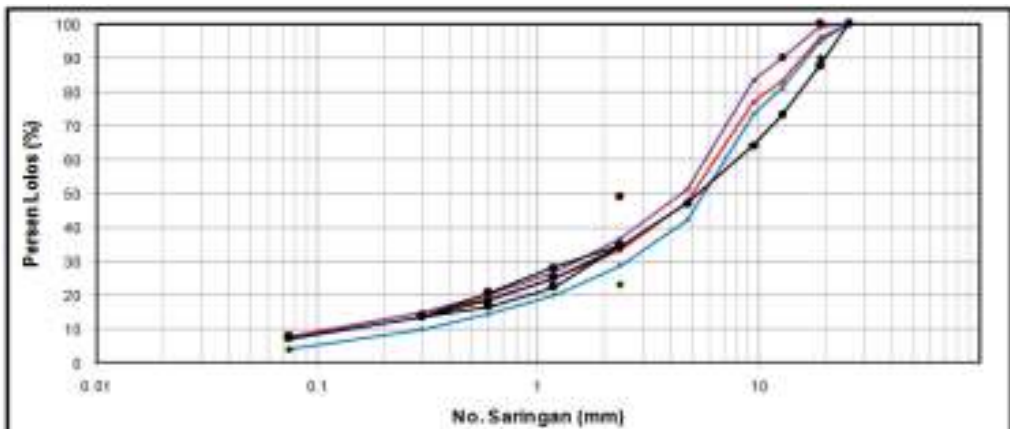
Secara umum hasil yang diperoleh telah memenuhi persyaratan. Namun kerataan lapis di bawah HRMA AC-Binder, yaitu lapisan CMRFB perlu mendapat perhatian. Lapisan CMRFB tersebut dihampar dengan



menggunakan Grader dan homogenitas campuran (RAP) yang bervariasi dapat menyebabkan kerataan permukaan tidak sebaik jika menggunakan lapisan AC-Base.



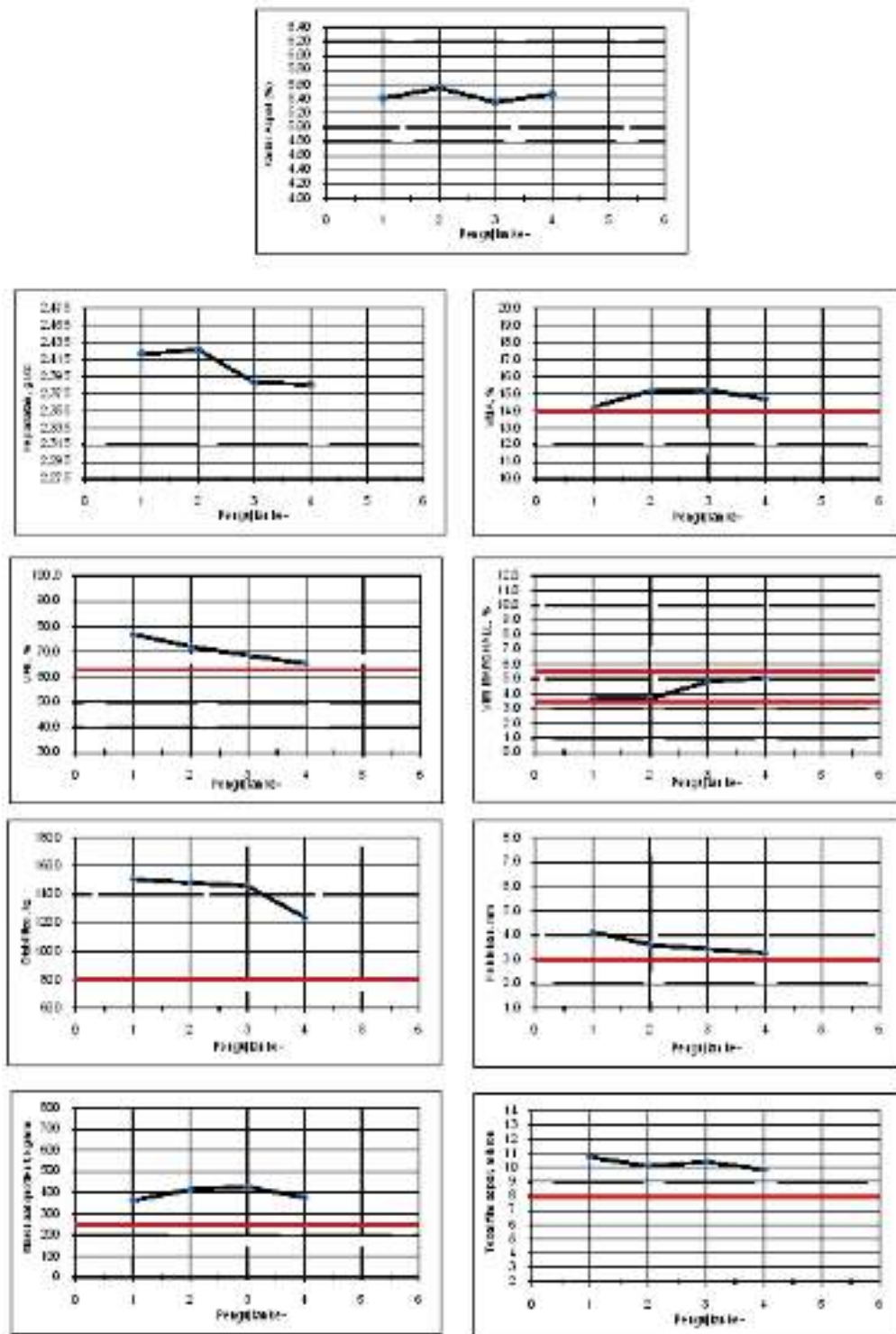
**Gambar 7. Kepadatan Lapangan HMRA AC-Binder (Arah Cirebon)**



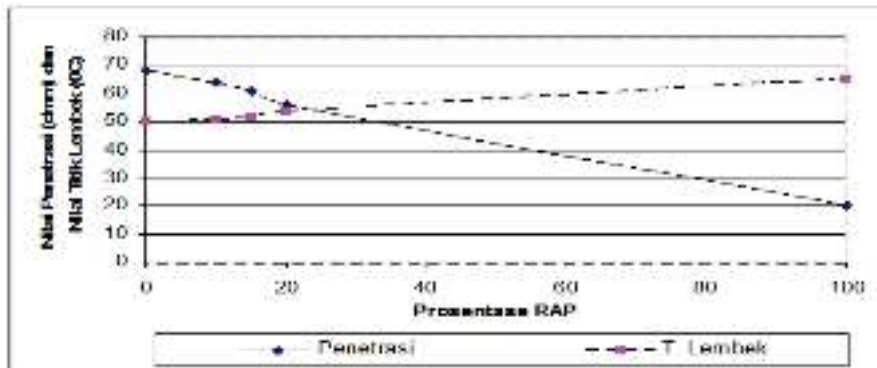
**Gambar 8. Gradasi Campuran Harian HMRA AC-Binder (arah Cirebon)**

## 2. Evaluasi

HMRA yang dilaksanakan pada kegiatan uji coba skala penuh ini terdiri dari dua jenis yaitu AC-Base (maksimum size 1 ½ inchi) dan AC-Binder (maksimum size 1 inchi). Penggunaan RAP akan mempengaruhi karakteristik aspal dan temperatur campuran. Penggunaan RAP yang banyak akan menurunkan penetrasi aspal dan menaikkan titik lembek. Hal tersebut karena aspal dalam RAP mempunyai nilai penetrasi yang rendah karena telah mengalami proses penuaan selama melayani lalu-lintas. Pada gambar di bawah ini, perubahan karakteristik aspal tersebut diperlihatkan dengan jelas.

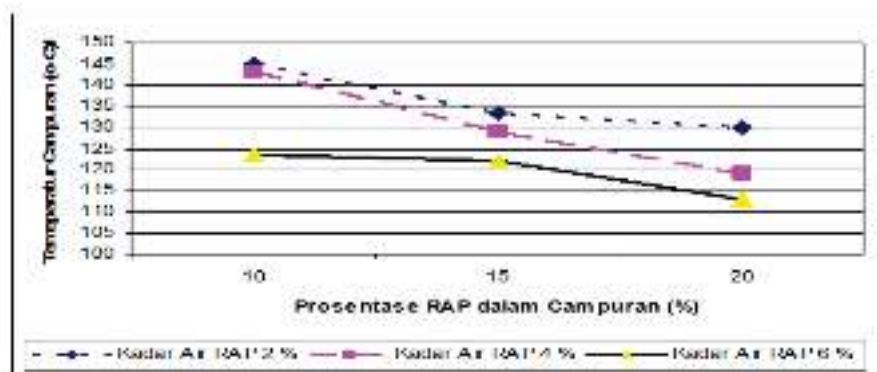


Gambar 9. Karakteristik Campuran Harian HMRAAC-Binder (arah Cirebon)



**Gambar 10. Pengaruh RAP pada Karakteristik Aspal**

Mengingat RAP dimasukkan ke dalam campuran dalam kondisi dingin (temperatur setempat) maka makin banyak RAP yang digunakan, temperatur campuran semakin turun. Dalam gambar di bawah temperatur agregat yang digunakan adalah 170 oC dan temperatur aspal 155 oC.



**Gambar 11. Pengaruh RAP pada Temperatur Campuran**

Berdasarkan hasil kajian literatur dan hasil simulasi di laboratorium di atas, maka untuk AC-Base digunakan RAP 15 % dan untuk AC-Binder digunakan RAP sebanyak 10 %. Pengamatan lapangan selama produksi AC-Base dengan RAP sebesar 15 % menunjukkan temperatur campuran masih memenuhi syarat, yaitu bervariasi dari 145° C sampai dengan 165°C

HMRA dengan kandungan RAP 10% dan 15%, masih dapat memenuhi persyaratan gradasi dan persyaratan karakteristik campuran yang ditetapkan. Sumbangan aspal dari RAP (kadar aspal RAP rata-rata 5 %) adalah sekitar 0,5 % – 0,75 % terhadap total campuran atau sekitar 10 % terhadap total kebutuhan aspal. Nilai stabilitas campuran

relatif lebih tinggi dibandingkan dengan campuran tanpa RAP, hal ini kemungkinan disebabkan karena adanya penurunan nilai penetrasi aspal.

Berdasarkan hasil pengujian lapangan, kepadatan HMRA AC-Base dan HMRA AC-Binder rata-rata diatas 98 % yang berarti telah memenuhi persyaratan. Seperti telah diperkirakan sebelumnya, maka nilai stabilitas dari campuran HMRA rata-rata tinggi, yaitu untuk HMRA AC Base mencapai 2200 kg, dan untuk HMRA AC-Binder mencapai 1500 kg (persyaratan untuk stabilitas minimum untuk penggunaan aspal modifikasi adalah > 1000 kg). Berdasarkan data sebelumnya titik lembek campuran juga mengalami peningkatan. Untuk sementara dapat diprkirakan kinerja HMRA akan lebih baik dibanding campuran beraspal konvensional, namun hal itu akan dikaji lebih lanjut pada saat dilakukan monitoring.

Berdasarkan nilai karakteristik campuran yang dihasilkan, HMRA dapat dilaksanakan dengan baik dan tidak banyak berbeda dengan campuran beraspal panas konvensional. Hal-hal yang harus diperhatikan adalah :

- Penurunan temperatur campuran dipengaruhi oleh kadar air RAP, sehingga penyimpanan RAP harus terlindung dari hujan.
- Pemasokan RAP di AMP dapat dilakukan melalui pemasok filler dan ditimbang pada timbangan filler. Namun harus diperhatikan kapasitas bin filler dan karakteristik dari RAP, yaitu ukurannya yang relatif besar dan RAP masih mengandung aspal yang lengket jika terkena panas.

RAP dapat dimasukkan langsung ke mixer AMP, dan yang perlu diperhatikan adalah takaran RAP harus sudah sesuai. Dalam hal ini diperlukan penimbangan RAP di luar

## Monitoring

Monitoring hasil pekerjaan baru dilaksanakan sampai dengan umur perkerasan jalan 5 bulan. Hasil monitoring menunjukkan belum ditemukannya kerusakan pada perkerasan terutama retak dan deformasi palstis.

## Penutup

Kegiatan penelitian ini secara fisik telah selesai dikerjakan, dan monitoring pada umur perkerasan 5 bulan telah dilaksanakan. Beberapa kesimpulan yang dapat disampaikan adalah sebagai berikut :

- a. Pemakaian RAP dalam campuran beraspal panas harus memperhatikan karakteristik aspal yang ada dan kadar air RAP. Penetrasi aspal RAP yang rendah akan menyebabkan penurunan penetrasi aspal gabungan, sementara

kadar air yang tinggi akan menyebabkan penurunan temperatur. Pemakaian RAP kurang dari 15 % seperti dalam uji coba ini, masih dapat dilaksanakan dengan baik dan memenuhi persyaratan. Untuk pemakaian lebih dari proporsi tersebut perlu pemakaian aspal dengan penetrasi yang lebih tinggi, pemanasan RAP atau penggunaan recycling agent untuk meremajakan aspal pada RAP.

- b. Secara umum pemanfaatan RAP, selain lebih ekonomis karena mengurangi penggunaan aspal dan agregat, ternyata ada indikasi dapat meningkatkan kinerja campuran. Kinerja campuran ditingkatkan karena aspal RAP mempunyai penetrasi yang rendah sekitar 20 dmm, sehingga dapat berfungsi sebagai additif.
- c. Spesifikasi dan pedoman pelaksanaan HMRA masih perlu dilengkapi, terutama dengan metoda pemasukan RAP pada AMP.
- d. Penggunaan AC-WC (aspal konvensional) dengan penambahan filler semen 2 % ada indikasi dapat meningkatkan kinerja campuran beraspal, khususnya untuk lalu-lintas berat. Hal ini terlihat dari nilai stabilitas dinamis yang mencapai 2200 lintasan/menit, dan nilai ini mendekati persyaratan untuk penggunaan aspal modifikasi, yaitu minimum 2500 lintasan/menit. Namun kajian lebih lanjut akan dilaksanakan pada saat dilakukan monitoring.
- e. Penggunaan semen lebih tepat untuk RAM dan kurang sesuai untuk RAP, sehingga prosentase RAP dalam CTRB sebaiknya dibatasi maksimum sekitar 30 % dari total campuran.

Beberapa saran yang dapat disampaikan adalah sebagai berikut :

- a. Hasil yang diperoleh masih perlu dikaji lebih lanjut dengan melakukan monitoring dan kajian teknis pada tahun-tahun berikutnya.
- b. Perlu dipertimbangkan untuk mencoba HMRA dengan kadar RAP yang lebih tinggi dari 20 % terutama untuk untuk lalu-lintas sedang dan rendah.

## Daftar Pustaka

- AASHTO, 1993, Guide for Design of Pavement Structures, AASHTO, Washington DC, USA.
- ASPHALT INSTITUTE, 1986, Asphalt Hotmix Rcyling. Manual Series No. 20 (MS-20). The Asphalt Institute, Kentucky, USA
- ASPHALT INSTITUTE, 1983, Principle of Construction of Hotmix Asphalt Pavements. Manual Series No. 22 (MS-22). The Asphalt Institute, Kentucky, USA
- PUSJATAN, 2008, Spesifikasi Umum dan Spesifikasi Khusus, Pusat Litbang Jalan dan Jembatan (Pusjatan), Balitbang - Dep. PU, Bandung .
- TRB (Transportation Research Board), 1980, Guidelines For Recycling Pavement Materials, TRB, Washington, USA
- TRB (Transportation Research Board) (1980). Hot In-Place Recycling of Asphalt Concrete, TRB, Washington, USA
- WIRTGEN (2004). Cold Recycling Manual. Wirtgen, Jerman



# Pengkajian Nilai Modulus Resilien Daur Ulang Campuran Dingin Dengan Aspal Busa (*Cold Mix Recycling Foamed Bitumen*)

**Dr. Djoko Widajat, MSc**

Puslitbang Jalan dan Jembatan  
Jl. A. H. Nasution 264 Bandung  
Email : joko\_w@yahoo.com

## **ABSTRAK**

*Daur ulang campuran dingin dengan aspal busa (foamed bitumen) merupakan salah satu alternatif teknologi yang dapat diaplikasikan pada pemilihan strategi penanganan suatu proyek rehabilitasi jalan. Konstruksi ini ramah lingkungan dan dapat mengurangi emisi udara yang terjadi pada suatu proyek pekerjaan jalan. Bahan campuran dapat terdiri dari bahan garukan yang mengandung aspal (RAP), agregat segar dengan atau tanpa penambahan semen. Kriteria campuran daur ulang dengan aspal busa ditentukan berdasarkan nilai Indirect Tensile Strength (ITS), Tensile Strength ratio (TSR) dan Unconfined Compressive Strength (UCS). Sedangkan tolok ukur kekakuan campuran dinyatakan dalam parameter Modulus Resilient (MR). Besaran ITS dan MR ini dipengaruhi oleh temperatur pengujian di laboratorium atau lapangan. Dari hasil pengujian terhadap beberapa benda uji campuran yang diuji pada beberapa variasi temperatur menunjukkan bahwa semakin besar temperatur pengujian, nilai ITS dan MR akan menurun. Terdapat hubungan regresi yang cukup signifikan antara dua parameter MR dengan ITS dalam bentuk regresi pangkat. Prediksi ini dapat digunakan sebagai pendekatan dalam menentukan nilai coefficient layer dalam perencanaan tebal perkerasan.*

*Kata kunci : daur ulang campuran dingin, aspal busa, RAP, ITS, Modulus Resilien, koefisien lapisan*



## ABSTRACT

*Cold mix recycling with foamed bitumen is a technology alternative which can be implemented in selecting treatment strategy for road rehabilitation project. This construction is an environment friendly and can reduce air emission on road project. Mix material can be consist of Reclaimed Asphalt Pavement (RAP), virgin aggregate with or without cement addition. The criteria of recycling with foamed bitumen mixture based on value of Indirect Tensile Strength (ITS), Tensile Strength ratio (TSR) and Unconfined Compressive Strength (UCS). Whereas the mix stiffness based on Resilient Modulus (MR). The value of ITS and MR is influenced by laboratory testing or field temperature. The result from some specimens which were tested in some temperature variations shows that the increased of test temperature, the ITS and MR decreased. There is significantly fair correlation between two parameters MR and ITS in power regression type. This prediction can be used as guide to determine coefficient layer in pavement thickness design.*

**Key word :** cold mix recycling, foamed bitumen, RAP, ITS, Resilient Modulus, coefficient layer

## PENDAHULUAN

Pada beberapa periode terakhir ini teknologi daur ulang makin berkembang khususnya daur ulang campuran dingin menggunakan aspal busa (foamed bitumen). Teknologi ini merupakan salah satu alternatif dalam pemilihan penanganan pada proyek pemeliharaan jalan dengan cara memanfaatkan dan mengolah kembali bahan garukan perkerasan yang ada sebagai bahan baru. Selain dapat mengurangi penggunaan bahan baru, pelaksanaan pekerjaan daur ulang campuran dingin dapat mengurangi emisi udara yang terjadi pada suatu proyek. Kazmierowski (2009) menyatakan bahwa pada pekerjaan daur ulang campuran dingin untuk jalan yang terdiri dari 2 (dua) lajur, setiap kilometer panjang pelaksanaan pekerjaan mengeluarkan emisi udara (SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> dan CO<sub>2</sub>) sebesar 50% lebih rendah dibandingkan dengan cara konvensional campuran aspal panas.

Pada campuran dingin penggunaan aspal busa sebagai bahan pengikat merupakan salah satu inovasi yang berkembang pada beberapa tahun terakhir ini dengan mengadaptasi pengalaman yang dilakukan oleh negara lain khususnya Eropa yang telah lebih dahulu melaksanakan pekerjaan ini. Aspal busa ini dihasilkan dari suatu aspal yang dipanaskan pada temperatur sekitar 160°C kemudian didistribusikan pada tekanan tertentu dan pada waktu yang bersamaan

air diinjeksikan dan bertemu dengan aspal panas pada suatu ruangan kecil (chamber) dan kemudian keluar membentuk busa aspal.

Pada pekerjaan daur ulang campuran dingin, aspal busa dapat dicampur dengan RAP (Reclaimed Asphalt Pavement) yang merupakan bahan garukan mengandung aspal lama. Sebagai pemenuhan gradasi atau peningkatan kualitas dari campuran, RAP dapat ditambah fraksi agregat baru dan bahan pengisi (filler).

Kualitas dari campuran dingin di laboratorium antara lain dapat dinyatakan dengan suatu kriteria besarnya Indirect Tensile Strength (ITS) dan / atau Resilient Modulus (MR).

Pengujian ITS pada paper ini dilakukan dengan metode statis, alat portable, sederhana dan hasil uji cukup teliti sedangkan pengujian Resilient Modulus menggunakan metode dinamis, hasil uji cukup akurat, bentuknya besar dan sulit untuk berpindah-pindah ke suatu proyek. Besaran yang dihasilkan dari pengujian merupakan parameter yang dapat digunakan untuk pendekatan dalam mengetahui nilai coefficient layer lapis perkerasan.

Paper ini khususnya membahas tentang kedua parameter tersebut yang dimaksudkan untuk mengetahui besar dan hubungannya pada suatu variasi temperatur. Tersedianya hubungan kedua parameter diharapkan dapat memberi jalan keluar untuk mendapatkan tingkat elastisitas suatu campuran secara memadai.

## KAJIAN PUSTAKA

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

RAP merupakan bahan hasil pemrosesan penggarukan perkerasan jalan yang mengandung aspal dan agregat. Material ini dihasilkan ketika lapisan aspal diangkat untuk rekonstruksi, pengembalian lapis permukaan ataupun pembongkaran perkerasan akibat pemasangan utilitas. Apabila dihancurkan dan disaring secara baik, RAP mengandung agregat berlapis aspal semen yang berkualitas tinggi. (<http://www.fhwa.dot.gov/publications/research/infrastructure/structure/97148/rap131.cfm>).

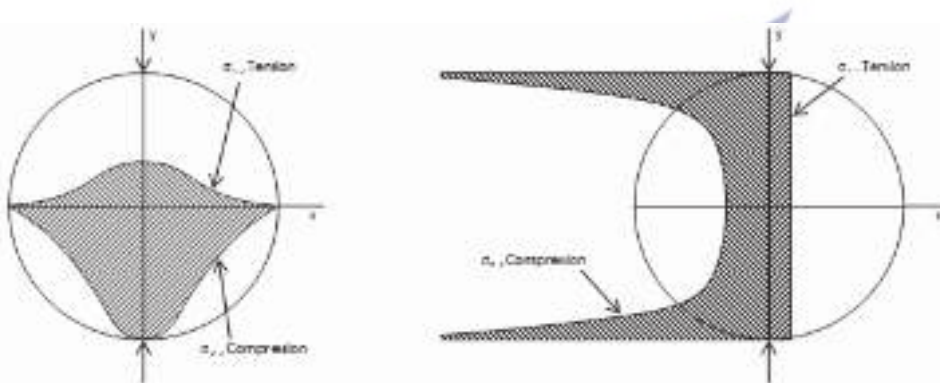
Penggunaan RAP juga menurunkan limbah yang timbul dan membantu memecahkan masalah pembuangan dari bahan baku konstruksi. Pada tahun 1996, diestimasi sebanyak 33% dari lapis beraspal di Amerika Serikat didaur ulang menjadi campuran beraspal panas (Sullivan 1996 dalam Al Qamadi et al 2007). Oleh karena itu, setelah 30 tahun penggunaannya, RAP tidak hanya

menjadi alternative yang menguntungkan di masa yang akan datang, tetapi juga akan menjadi suatu kebutuhan untuk menjaga kestabilan ekonomi dalam bidang konstruksi (Al Qamadi et al 2007).

### Campuran Kuat Tarik Tak Langsung (*Indirect Tensile Strength, ITS*)

Berdasarkan Spesifikasi Khusus Pusjatan 2007, kriteria campuran daur ulang dengan aspal busa yang digunakan berdasarkan nilai Indirect Tensile Strength (ITS) TSR (Tensile Retained Strain) dan Unconfined Compressive Strength (UCS). Kriteria ini sebagai pendekatan terhadap perilaku campuran untuk mengetahui besarnya tegangan yang terjadi dan pengaruhnya terhadap air. Berdasarkan Wirtgen (2004), nilai coefficient layer untuk mengetahui kekuatan struktur lapis perkerasan dapat didekati dengan besarnya nilai ITS.

Pengujian ITS dapat dilakukan dengan cara statis dan dinamis, namun pada campuran dingin dengan aspal busa digunakan metode statis yang diperkirakan dianggap lebih simple dan alat sederhana dan mudah untuk dibawa dari proyek satu ke proyek lain. Pengujian dilakukan dengan cara memberikan beban terhadap strip selebar sekitar 10% dari diameter benda uji yang diletakkan mendatar pada sisi tebal benda uji Marshall dengan diameter 10 cm dan tinggi 5 cm. Pengujian ITS ditentukan dengan cara mengukur beban maksimum yang diperlukan hingga benda uji runtuh berdasarkan kecepatan deformasi 50,8 mm/menit pada axis diameter sesuai dengan ASTM D 4123-82. Tegangan tarik dan tekan yang terjadi yang dianalisa oleh Franch dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Distribusi tegangan tarik dan tekan pada uji ITS (digambar dari Yoder EJ and Witzak MW, 1975).

Tegangan tarik yang terjadi (ITS) merupakan fungsi dari beban yang terjadi, tebal dan diameter benda uji yang dapat dinyatakan dalam persamaan ITS =

$2P_{max}/\pi t d$  dimana P adalah total beban yang diberikan (Lb), t = tinggi benda uji (in) dan d = diameter benda uji (in).

Untuk menentukan TSR pengujian dilaksanakan pada kondisi kadar air yang berbeda yaitu kondisi kering dan rendaman berdasarkan Wirtgen ITS kering diuji pada temperatur 25°C setelah dirawat (cured) 72 jam sedangkan untuk ITS basah diuji pada temperatur 25°C setelah direndam dalam air juga pada temperatur 25°C.

### **Perkembangan nilai ITS lapangan**

Nilai ITS besarnya bervariasi tergantung dari material RAP atau material lainnya yang digunakan. Widajet D (2007) menyatakan bahwa ada kecenderungan nilai ITS akan naik dengan bertambahnya usia campuran, nilai ITS lapangan makin lama makin bertambah besar. Hal ini berdasarkan pengujian dari pengambilan benda uji di lapangan diameter 10 cm (core drill) sampai dengan umur sekitar 2 tahun. Demikian pula halnya dengan nilai modulus yang cenderung naik dengan bertambahnya masa pelayanan jalan yang mengindikasikan bahwa kekakuan campuran makin lama makin besar.

### **Modulus campuran aspal busa**

Resilient modulus bukan merupakan parameter kekuatan (strength), tetapi merupakan tingkat elastisitas atau kekakuan material (stiffness) yang secara teoritis didapat dari hubungan antara tegangan dengan regangan suatu material. MR dapat digunakan antara lain sebagai penilaian untuk mengetahui sifat dasar material, untuk memprediksi stress, strain dan displacement, serta dapat digunakan sebagai pendekatan perencanaan tebal perkerasan.

Dalam perencanaan tebal perkerasan perkerasan (AASHTO 1993) dalam mengestimasi besarnya structural layer coefficient type Bituminous-Treated Bases (a2) untuk beton aspal atau material stabilisasi, Resilient modulus (EBS) berdasarkan pengujian pada temperatur 20°C (68 oF) berdasarkan NCHRP project menggunakan alat penguji pada metode ASTM D 4123.

Pada paper ini besarnya modulus campuran beraspal diuji dengan alat UMATTA (Universal Material Testing Apparatus) pada variasi temperatur 20 °C – 45 °C dengan waktu pembebanan 124 milli seconds (ms) setara dengan frekwensi 1,33 Hz pada standar uji pada ITSM (Indirect Tensile Stiffness Modulus), BSI 1993 (Shell Bitumen, 2003). Benda uji berupa briket Marshall yang ditumbuk sebanyak masing-masing sisi 75 pukulan dan dikondisikan pada temperatur sesuai dengan temperatur pengujian masing-masing selama 2 x 60 menit.

Sri Sunaryono (2007) menyatakan bahwa terdapat hubungan yang signifikan antara nilai ITS dengan ITSM.

## HIPOTESIS

Hubungan antara besarnya nilai modulus dan ITS tergantung dari besarnya temperatur pengujian. Makin tinggi temperatur pengujian nilai modulus dan ITS campuran dingin dengan aspal busa akan semakin rendah.

## METODOLOGI

Metodologi pengujian dilakukan dengan mengadakan pengujian di laboratorium terhadap benda uji campuran dingin dengan aspal busa. RAP berasal dari suatu ruas jalan Pantura (daerah Cirebon) dan agregat dari suatu quarry bahan (daerah Majalengka) di Jawa Barat, sedangkan pembentukan aspal busa dan pencampuran material dilakukan dengan menggunakan alat WLB 10 S kepunyaan PT Stabilised Pavement Indonesia (SPI).

Benda uji terdiri dari beberapa variasi bahan campuran yang meliputi :

- 100% RAP+FB (aspal busa),
- RAP+FB+1%PC,
- RAP+Agregat+FB+1% PC(Portland Cement),
- RAP+Agregat+FB+1,5%PC dan
- RAP+Agregat+FB+0%PC.

Masing-masing variasi campuran dengan variasi penambahan FB dengan persentase 1,5% - 3,5%.

### Kadar air dan Berat Isi kering benda uji

Sebelum ditambah aspal busa (FB) campuran antara RAP, agregat dan semen, nilai kadar air optimum dan Berat Isi kering campuran ditentukan dengan cara Modified Proctor yang kemudian dikoreksi kadar airnya dengan metode Wirtgen (2004).

### Pengujian laboratorium

Pengujian benda uji meliputi ITS dan MR Umatta dengan variasi temperatur pengujian 20°C, 25 °C dan 40 °C. Besarnya variasi temperatur dilakukan dengan beberapa pertimbangan antara lain bahwa:

- Nilai coefficient layer untuk perencanaan tebal perkerasan AASHTO ditentukan pada MR dengan temperatur pengujian 20°C.

- Temperatur ruang di Indonesia sekitar 25° - 27 ° C.
- Temperatur perkerasan lapangan berkisar 40 °C - 50 °C.

Pengujian ini dilakukan guna mengetahui sejauh mana pengaruh temperatur terhadap nilai ITS dan MR, selanjutnya dilakukan analisa untuk mendapatkan hubungan antara ITS dan MR.

## HASIL DAN ANALISA DATA

### Perubahan nilai ITS akibat perbedaan temperatur.

Hasil pengujian ITS dengan komposisi bahan: 100% RAP+FB, RAP+FB+1%PC, RAP+Agr+FB+1% PC, RAP+Agr+FB+1,5%PC dan RAP+Agr+PC dapat dilihat pada Gambar 2 - Gambar 6. Gambar tersebut menunjukkan hubungan antara nilai ITS dengan variasi persentase FB pada variasi temperatur pengujian yang memperlihatkan bahwa penggunaan jumlah FB yang besar tidak selalu memberikan kenaikan nilai ITS.

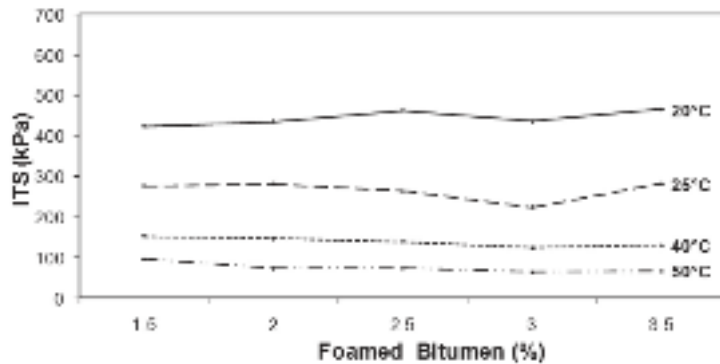
Dalam perencanaan, penentuan kadar aspal busa ditentukan berdasarkan nilai ITS yang optimum dan mempertimbangkan besarnya nilai TSR dan nilai UCS. Agar campuran lebih flexible penggunaan aspal busa minimum agar dibatasi tidak terlalu rendah.

Makin tinggi temperatur pengujian, nilai ITS makin menurun. Temperatur pengujian mempunyai pengaruh besar terhadap besarnya nilai ITS, pengujian pada 40°C dapat menurunkan nilai ITS hingga 50% dibandingkan apabila benda uji diuji pada temperatur 25°C (temperatur ruangan).

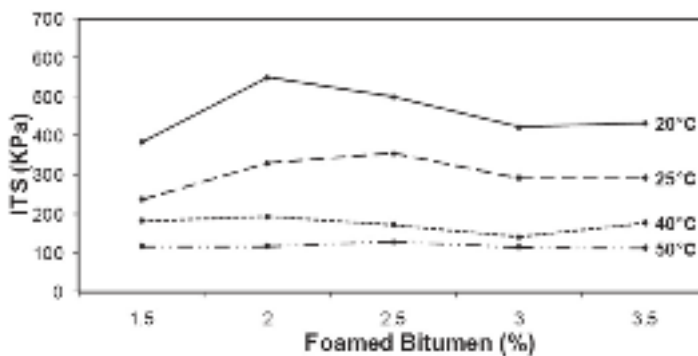
Seperti terlihat pada gambar, penambahan agregat pada campuran FB dapat menaikkan nilai ITS demikian pula dengan penambahan filler semen. Hal ini diperkirakan karena gradasi campuran menjadi lebih baik sehingga bidang yang terselimuti oleh aspal busa menjadi lebih banyak dengan demikian kohesi antara partikel lebih besar.

Pada tipikal contoh dengan RAP 100% dan temperatur pengujian 25°C (Gambar 2) nilai ITS yang dihasilkan < 300 kPa, namun dengan penambahan agregat tanpa semen nilai ITS yang dihasilkan dapat menjadi lebih besar (Gambar 5), demikian pula pada penambahan semen tanpa agregat (Gambar 3). Kenaikan nilai ITS akan menjadi lebih besar lagi apabila campuran terdiri dari RAP + agregat + semen (Gambar 4 dan 6), kadar semen makin besar umumnya ITS makin besar. Perbaikan gradasi campuran dengan agregat maupun semen dapat mempengaruhi nilai TSR yang merupakan rasio dari ITS unsoaked dan soaked. TSR dengan 0% semen terlihat kecil, hal ini diperkirakan gradasi dari campuran

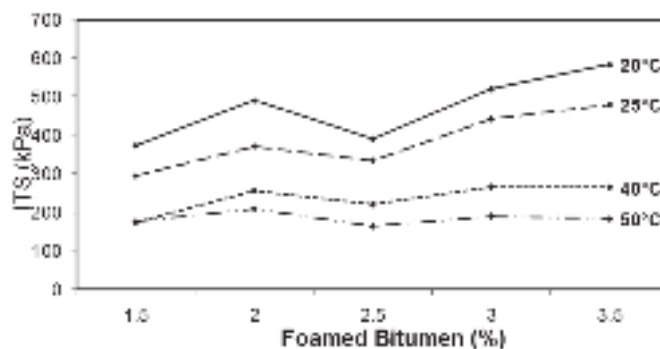
dengan agregat+semen lebih rapat dibandingkan dengan non semen, disamping semen sebagai pengikat awal dari campuran (Gambar 7), penambahan semen dapat mengurangi pengaruh air terhadap campuran aspal busa.



Gambar3. Hubungan ITS Vs %FB dengan RAP+1% PC pada variasi temperatur pengujian.

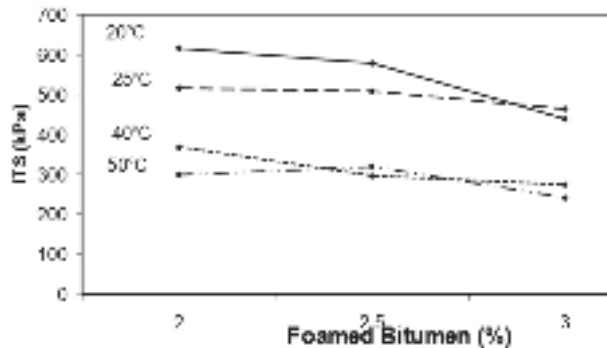


Gambar 4. Hubungan ITS Vs %FB dengan RAP+ agregat+1% PC pada variasi temperatur pengujian.

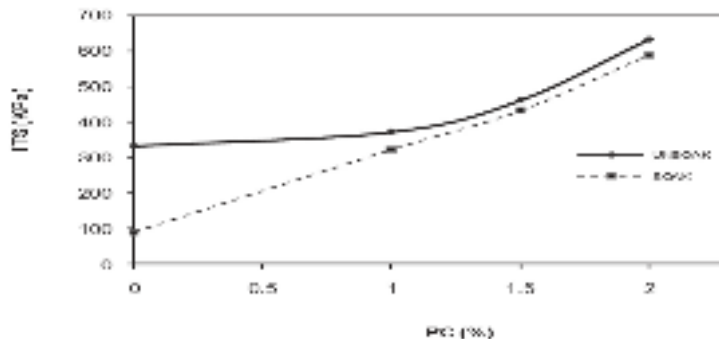


Gambar 5. Hubungan ITS Vs %FB dengan RAP+ agregat+0% PC pada variasi temperatur pengujian.





Gambar 6. Hubungan ITS Vs %FB dengan RAP+ agregat+1,5% PC pada variasi temperatur pengujian.



Gambar 7. Hubungan ITS soaked dan unsoaked Vs %PC pada 2,5% FB.

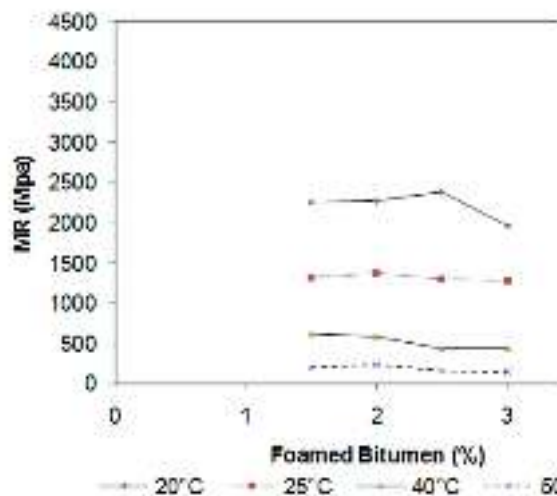
### Perubahan nilai Resilient Modulus (MR) akibat perbedaan temperatur

Pengujian Resilient Modulus dilakukan pada benda uji campuran dengan komposisi 100% RAP+FB, RAP+FB+1%PC, RAP+Agr+FB+1% PC, RAP+Agr+FB+1,5%PC dan RAP+Agr+PC. Hasil pengujian modulus MR campuran dengan variasi persentase aspal busa pada temperatur pengujian 20°C, 25°C, 40°C dan 50°C dapat dilihat pada Gambar 8 – Gambar 11. MR diuji pada persentase FB antara 1,5-3%. Nilai optimum dari MR antara 2-2,5% FB.

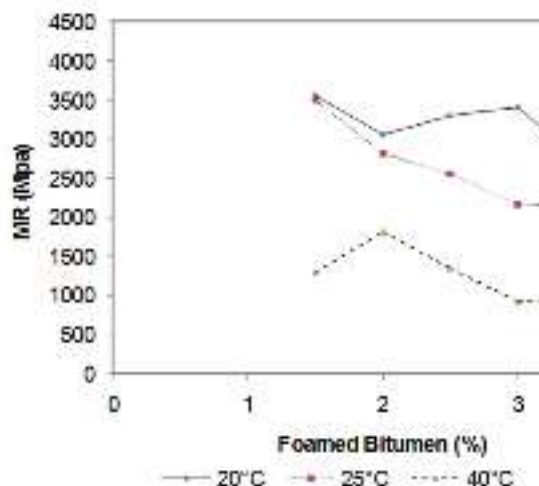
Seperti halnya pada hasil pengujian ITS, pada umumnya nilai MR menurun dengan bertambahnya temperatur pengujian. Pada temperatur rendah nilai MR umumnya lebih tinggi dibandingkan pengujian pada temperatur tinggi.

Pada temperatur ruang untuk benda uji 100% RAP dan variasi FB MR sekitar 1500 MPa sedangkan pada temperatur 40°C nilai MR turun hingga 500 MPa

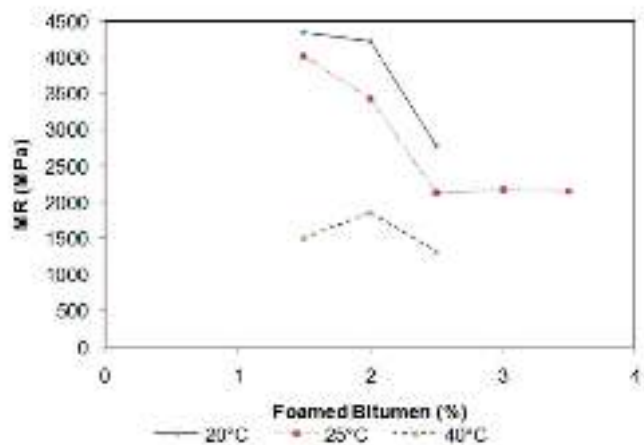
dan pada 50°C sekitar 250 MPa (Gambar 8). Penambahan semen pada benda uji memberikan pengaruh dapat menaikkan nilai MR (Gambar 9) yang berarti campuran makin kaku, demikian pula dengan perubahan komposisi campuran RAP dengan agregat +semen nilai MR ini dapat makin besar (Gambar 10). Hal ini diperkirakan karena adanya perbaikan gradasi campuran sehingga kepadatan benda uji menjadi lebih besar.



**Gambar 8. Hubungan MR Vs % FB dengan variasi temperatur pengujian, pada 100% RAP.**



**Gambar 9. Hubungan MR Vs % FB dengan variasi temperatur uji, 100% RAP+1% PC.**



Gambar 10.

Hubungan MR Vs Kadar FB dengan variasi temperatur pengujian, pada 100% RAP + agregat + 1 % PC.

## PEMBAHASAN

### Penentuan kadar aspal busa

Memperhatikan hubungan besarnya ITS dan kadar aspal busa (Gambar 2 – Gambar 6) untuk seluruh variasi temperatur dan tipe campuran, besarnya nilai ITS berfluktuasi turun naik dan tidak selalu didapat nilai ITS maksimum pada suatu titik penambahan kadar aspal busa. Diperkirakan hal ini karena variasi RAP dan kadar aspal yang terkandung didalam campuran bervariasi. Hal ini akan berpengaruh pada cara perencanaan menentukan kadar aspal busa yang optimum, sehingga sebagai pendekatannya dalam penentuan kadar aspal busa di laboratorium perlu dipertimbangkan selain besarnya nilai ITS langsung (unsoaked) juga ITS rendaman (soaked), nilai TSR (Tensile Strength Retained) yang saling berkaitan serta nilai UCS. Supaya campuran dapat mencapai homogenitas dengan kuantitas kadar aspal busa yang mencukupi, kadar aspal busa umumnya antara 1,7% - 2,5% (Asphalt Academy, 2009). Heitzman (2007) mengkaji pada beberapa ruas jalan di Iowa (USA) dan mendapatkan bahwa pada pekerjaan daur ulang campuran dingin di tempat (in place) kadar aspal busa dalam perencanaan campuran yang digunakan adalah 2% yang kemudian dalam pelaksanaan lapangan disesuaikan menjadi 1,80%; penentuan kadar busa berdasarkan kekuatan (strength) basah. Adanya pengaruh beban yang signifikan, daur ulang pada wilayah tersebut dibatasi penggunaannya untuk kendaraan truk lebih kecil dari 400 buah per hari.

## Hubungan nilai ITS dan MR pada temperatur pengujian 20°C, 25 °C, 40°C, dan 50°C.

Nilai ITS dari Gambar 2 - Gambar 6 serta nilai MR pada Gambar 8 - Gambar 10 dapat ditentukan hubungannya pada masing-masing temperatur pengujian. Berdasarkan analisa dan regresi data hubungan masing- masing nilai ITS dan MR pada temperatur pengujian adalah sebagai berikut :

Nilai ITS :

- $ITS_{20^{\circ}C} = 1,269 ITS_{25^{\circ}C}$  ;  $R^2 = 0,72$  ..... 1)
- $ITS_{40^{\circ}C} = 0,590 ITS_{25^{\circ}C}$  ;  $R^2 = 0,83$  ..... 2)
- $ITS_{50^{\circ}C} = 0,476 ITS_{25^{\circ}C}$  ;  $R^2 = 0,72$  ..... 3)

Nilai MR :

- $MR_{20^{\circ}C} = 1,312 MR_{25^{\circ}C}$  ;  $R^2 = 0,64$  ..... 4)
- $MR_{40^{\circ}C} = 0,548 MR_{25^{\circ}C}$  ;  $R^2 = 0,66$  ..... 5)
- $MR_{50^{\circ}C} = 0,148 MR_{25^{\circ}C}$  ;  $R^2 = 0,26$  (rendah) ... 6)

Rentang data tidak beraturan (scatter) sehingga nilai koefisien determinasi kurang besar, hal ini diperkirakan dari sifat dan homogenitas campuran. Koefisien determinasi ( $R^2$ ) hubungan nilai  $ITS_{50^{\circ}C}$  dengan  $MR_{50^{\circ}C}$  sebesar 0,26 (kurang tinggi) sehingga persamaan 6) perlu ada pengujian lebih lanjut.

## Hubungan nilai ITS dengan MR

Muthen KM (1998) menyatakan bahwa pada campuran dengan aspal busa tensile strength dan modulus turun dengan naiknya temperatur. Pada percobaan ini penurunan kedua parameter mendukung pendapat tersebut.

Hubungan nilai ITS dengan MR pada temperatur pengujian 25°C dapat dilihat pada Gambar 11 yang menyatakan bahwa:

$$MR \text{ (MPa)} = 0,131 ITS_{1,675}, R^2 = 0,75 \text{ ..... 7)}$$

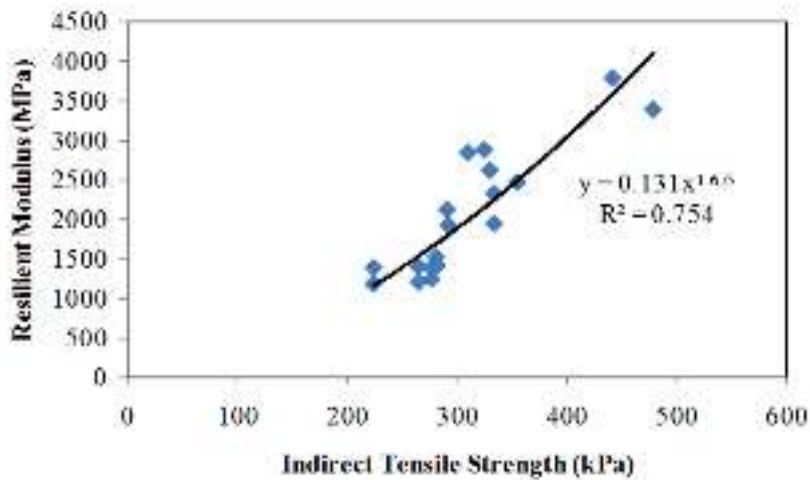
Hubungan tersebut dapat berkorelasi dengan hipotesis sebagai berikut :

$H_0$  : tidak terdapat hubungan yang signifikan antara ITS dan MR.

$H_1$  : terdapat hubungan yang signifikan antara ITS dan MR.

Dengan uji statistik (metode Rank Spearman) dapat dihitung nilai  $r_s$  dengan kriteria pengujian : bila nilai  $r_{hitung} \geq r_{tabel}$  maka  $H_0$  ditolak dan bila  $r_{hitung} < r_{tabel}$  maka  $H_0$  diterima. Hasil perhitungan didapat  $r_s = 0,898$  yang menunjukkan bahwa hubungan (korelasi) antara MR dan ITS adalah kuat. Karena nilai  $r_{hitung} =$

0,898 > dari nilai  $r_{tabel} = 0,399$  ( $\alpha=5\%$ ), maka disimpulkan  $H_0$  ditolak artinya terdapat hubungan yang signifikan antara ITS dan MR.



Gambar 11. Hubungan nilai ITS dan MR pada temperatur 25°C.

Pada pengujian dengan temperatur rendah nilai ITS dan MR yang dihasilkan tinggi, sedangkan sebaliknya pada temperatur uji tinggi nilai yang dihasilkan dua parameter tersebut rendah. Besar MR cenderung naik dengan kenaikan besaran ITS.

### Penentuan coefficient layer

Berdasarkan hubungan koefisien layer dan nilai ITS pada Wiertgen 2004 untuk campuran dingin pada nilai ITS 300 MPa coefficient layer sekitar 0,26 (per inch).

Dengan menggunakan Gambar 11, sebagai contoh pada ITS =300 kPa (kriteria yang disyaratkan untuk campuran dengan aspal busa), nilai MR pada temperatur 25°C sekitar 1800 MPa, sehingga pada temperatur 20°C (68°F) nilai MR sekitar 2300 MPa (Persamaan 4). Berdasarkan AASHTO 1993 nilai coefficient layer lapis stabilisasi dengan aspal untuk lapis pondasi pada MR 2300 MPa (temperatur 20°C) identik dengan 0,28 per inch. Terdapat perbedaan antara nilai coefficient layer yang ditentukan berdasarkan ITS pada metode Wiertgen dan hasil analisa dari Gambar 11, walau demikian perbedaan relatif tidak terlalu besar.

# KESIMPULAN DAN SARAN

## Kesimpulan

Memperhatikan hasil kajian pada campuran dingin dengan aspal busa, dapat disimpulkan sebagai berikut :

- Penambahan agregat baru dan atau semen pada campuran dingin dengan aspal busa dan RAP, dapat menaikkan besarnya ITS.
- Pada hubungan besarnya ITS dan kadar aspal busa menunjukkan bahwa untuk seluruh variasi temperatur dan tipe campuran, besarnya nilai ITS berfluktuasi turun naik dan tidak selalu didapat nilai ITS maksimum pada suatu titik penambahan kadar aspal busa.
- Pada pengujian dengan temperatur rendah nilai ITS dan MR yang dihasilkan tinggi, sedangkan sebaliknya pada temperatur uji tinggi nilai yang dihasilkan dua parameter tersebut rendah. Besar MR cenderung naik dengan kenaikan besaran ITS.
- Dari analisa data dan regresi terdapat hubungan yang cukup baik ( $R^2=0,75$ ) antara parameter Indirect Tensile strength dan Resilient Modulus campuran dingin dengan aspal busa.

## Saran

Dari hasil pengujian dan pembahasan disarankan sebagai berikut :

- Dalam penentuan kadar aspal busa optimum di laboratorium agar dipertimbangkan selain besarnya nilai ITS langsung (unsoaked) juga ITS rendaman (soaked), nilai TSR (Tensile Strength Retained) yang saling berkaitan serta nilai UCS. Agar ditentukan besarnya kadar busa minimum pada campuran.
- Hubungan ITS dan MR ini dapat digunakan sebagai pendekatan awal dalam menentukan coefficient layer lapisan dalam menentukan SN pada perencanaan tebal perkerasan khususnya daur ulang menggunakan aspal busa sebagai pengikat.

## Daftar Pustaka :

1. (<http://www.fhwa.dot.gov/publications/research/infrastructure/structure/97148/rap131.cfm>). User guideslines for waste and by product materials in pavement construction. Publication number : FHWA-RD-97-148.
2. American Association of State Highway and Transportation Officials (1993). AASHTO Guide for Design of Pavement Structures 1993. Washington, DC.
3. Asphalt Academy (2009). A guide for the design and construction of bitumen emulsion and foamed bitumen stabilization materials. Published by Asphalt Academy c/o CSIR Built environment, Pretoria. ISBN 978-0-7988-5582-2.
4. Heitzman M (2007). Cold in place recycling forensic study on US Highway 34 Union County, Iowa. Proceedings of the 2007 Mid Continent Transportation Research Symposium, Ames, Iowa, August 2007.
5. Kazmierowski T ( 2009). In place pavement recycling-The playback of green. Thirteenth Annual Minnesota Pavement Conference, February 12, 2009. Ministry of Transportation Ontario.
6. Muthen KM (1998).Foamed Asphalt Mixes. Contract Report CR-98/077. CSIR Transportek, Pretoria.
7. Pusat Penelitian dan Pengembangan Jalan dan Jembatan. (2007). Spesifikasi khusus Daur ulang Campuran Dingin dengan aspal busa sebagai lapis pondasi. J Badan Penelitian dan Pengembangan Pekerjaan Umum. Jakarta.
8. Shell Bitumen (2003). The Shell Bitumen Handbook. Published for Shell Bitumen by Thomas Telford Publishing. Thomas Telford Ltd, 1 Heron Quay, london E14 4JD.
9. Sri Sunaryono (2007). Tensile strength and stiffness modulus of foamed asphalt applied to a grading representative of indonesian road recycled pavement materials. *Dinamika TEKNIK SIPIL*, Volume 7, Nomor 1, Januari 2007 : 1-10.
10. Widajat Djoko dan Sjahdanulirwan M.(2008). Kinerja daur ulang campuran dingin dengan foam bitumen pada lalu lintas berat. *Jurnal litbang* vol 26 No No 3 Desember 20 09. ISSN:1907-0284.
11. Wirtgen Gmbh (2004). Cold Recycling Manual. Hohner Strasse 2. 53578 Windhagen.
12. Yoder EY, Witczak MW (1975). Principles of pavement Design. A Wiley-Interscience publication. NewYork. London. Sydney. Toronto.