

# PEMANFAATAN BATU KARANG KRISTALIN FAK FAK UNTUK CAMPURAN BERASPAL (THE UTILIZATION OF CRYSTALLINE CORAL OF FAK FAK FOR ASPHALT MIXTURE)

H. R. Anwar Yamin

Pusat Litbang Jalan dan Jembatan  
Jl. A.H. Nasution 264 Bandung 40294  
E-mail : anwar.yamin@pusjatan.pu.go.id  
Diterima : 03 Oktober 2011; Disetujui : 07 Desember 2011

## 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 mengoptimisasikan 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

Generally, natural materials such as aggregate and sand are used for road pavement construction. However, those materials are not always available in all areas or sometimes the quality of materials do not meet specified requirements. To overcome those problems, technical engineering in the utilization of local materials is needed so that sub-standard materials or industrial waste materials can be optimally used in road pavement both for asphaltic mixtures and road base materials. The purpose of the study is to optimally use crystallin coral sub-standard deposited in West Papua Propinche especially in Fak Fak and Sorong district. The study reveals that the aggregate from Fak Fak and Sorong is suited for class A base layer, however it should not be used as aggregate for asphalt mixture because it is less adhesive to asphalt

and classified as sub-standard aggregate. Preblended aggregate with cement solution (1 cement: 5 water) can increase aggregate affinity against asphalt, however, it 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% of surfactant into asphalt pen 60. Aggregate of Batu Gantung quarry of Fak Fak which was not allowed to be used as an ingredient of asphalt mixture, now it can be recommended for use in asphaltic mixture by the addition 0.01% of surfactant into asphalt pen 60. To obtain a better result, the addition of additive anti-stripping into asphalt – surfactant blend is not recommended.

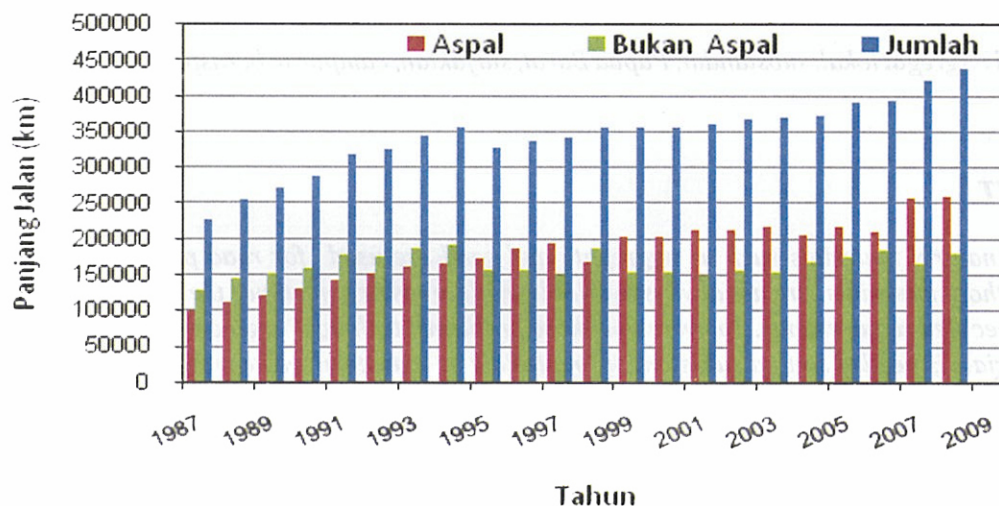
**Keywords :** Local aggregate, sub-standard, West Papua, surfactant, asphaltic mixture

## PENDAHULUAN

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 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.

## KAJIAN 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 pemrosesan 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 atau 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).

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.

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.

Surfaktan dapat diklasifikasi berdasarkan komposisi jumlah atomnya atau berdasarkan komposisi dari ekornya ataupun berdasarkan komposisi dari kepalanya. Berdasarkan jumlah atomnya, surfaktan dapat dikelompokkan sebagai surfaktant 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, menaikan 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.

## HIPOTESIS

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

## 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.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

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.

### 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*, LAAV : 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 Buni	Batu Gantung	Sakartemen	KM.14+000	KM.86+500	
1	<b>Berat jenis halus</b>						
	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	-	-	
	Penyerapan (Absorption)	0.597	0.361	0.658		-	%
2	<b>Berat jenis kasar</b>						
	Berat jenis (Bulk)	2.581	2.524	2.543	2.639	2.468	
	Berat jenis kering perm. jenuh	2.618	2.584	2.595	2.689	2.538	
	Berat jenis semu (Apparent)	2.680	2.687	2.681	2.778	2.652	
	Penyerapan (Absorption)	1.440	2.412	2.023	1.890	2.812	%
3	<b>Abrasi</b>	20.40	22.97	25.88	22.99	23.22	%
4	<b>Kelekatan</b>	< 95	< 95	< 95	< 95	< 95	%
5	<b>Batas Atterberg</b>				-	-	
	Batas Cair (LL)	NP	NP	NP	-	-	%
	Batas Plastis (PL)	NP	NP	NP	-	-	%
	Inderks Plastis (IP)	NP	NP	NP	-	-	%

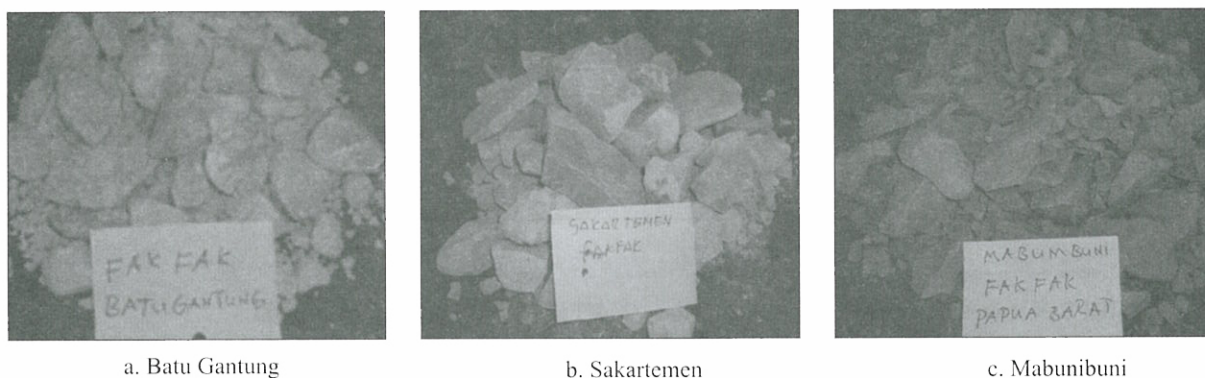
**Tabel 2.** Komposisi Kimia Agregat dari *Quarry* Fak Fak dan Sorong – Papua Barat

Parameter Kimia	Nama Quarry					Satuan
	Fak Fak			Sorong		
	Batu Gantung	Mabuni Buni	Sakartemen	KM. 14	KM.86	
SiO <sub>2</sub>	0.98	4.72	10.41	3.85	0.59	%
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	0.43	0.54	7.56	0.10	%
CaO	<b>53.19</b>	<b>51.03</b>	<b>47.63</b>	45.27	53.57	%
MgO	0.74	0.83	1.31	1.19	0.89	%
Na <sub>2</sub> O	0.01	0.00	0.03	0.02	0.01	%
K <sub>2</sub> O	0.06	0.07	0.08	0.23	0.01	%
TiO <sub>2</sub>	0.06	0.06	0.10	0.19	0.05	%
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	%
SPO <sub>3</sub>	0.02	0.02	0.03	0.16	0.01	%
H <sub>2</sub> O	0.26	0.36	0.58	0.34	0.14	%
HD	42.95	41.52	38.53	40.03	43.85	%

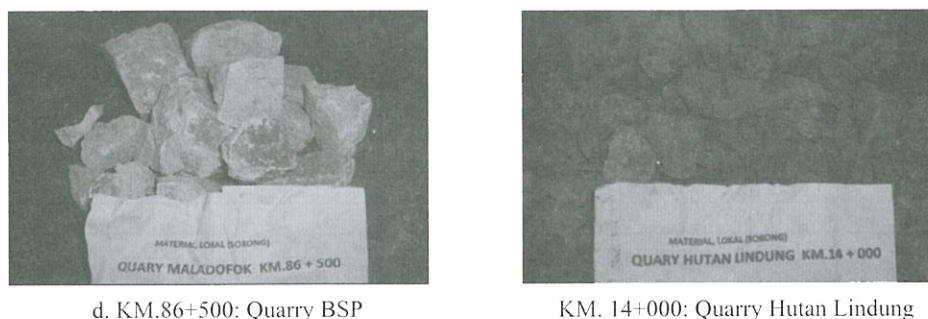
Dari Tabel 1 dapat dilihat bahwa agregat dari *quarry* Fak Fak dan Sorong memiliki sifat natural (*natural properties*) yang sangat baik dengan nilai abrasi antara 20 – 37% dan berat jenis bulk berkisar antara 2, 2,5 dan penyerapan kurang dari 1%. Namun demikian agregat dari *quarry-quarry* ini memiliki 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 absorbsinya yang terlampau 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

### Kelekatatan Agregat-Aspal

Kelekatatan agregat terhadap aspal adalah suatu sifat yang masuk dalam katagori konsesus properties (The Asphalt Institute, 1996), artinya dengan suatu intervensi nilai dari parameter ini dapat diubah atau ditingkatkan. Dalam hal ini, nilai kelekatatan 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 kelekatannya terhadap aspal dibatasi hanya maksimum 2% saja. Hal ini bertujuan apabila kelekatannya 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 (Direktorat Jenderal 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 Kelekatatan 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 Kelekatatan Aspal Pen 60

<i>Quarry</i> Agregat	Kadar Sulfaktan Dalam Aspal			
	0%	0,05%	0,1%	0,2%
	Persentase Kelekatatan			
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



(pretreatment) dengan mencampuran 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 (*sulfactant*). 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 (Direktorat Jenderal 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

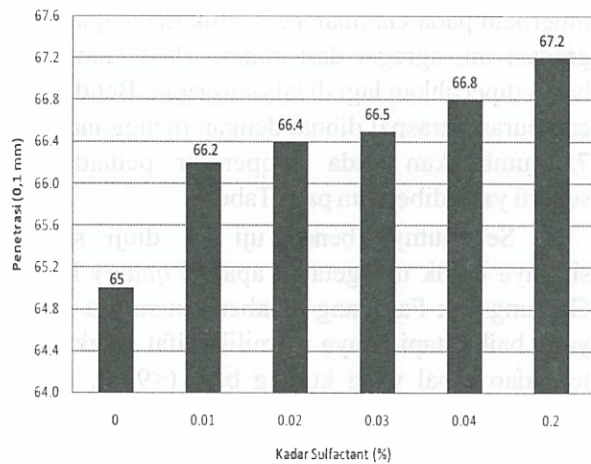
sehingga tegangan permukaan aspal tersebut diharapkan juga akan menurun dengan menurunnya tingkat kekentalan aspalnya. Pada Gambar 7 ditunjukkan pengaruh penambahan surfaktan pada viskositas aspal. Pada gambar ini dapat dilihat bahwa kekentalan aspal akan semakin menurun sejalan dengan persentase penambahan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

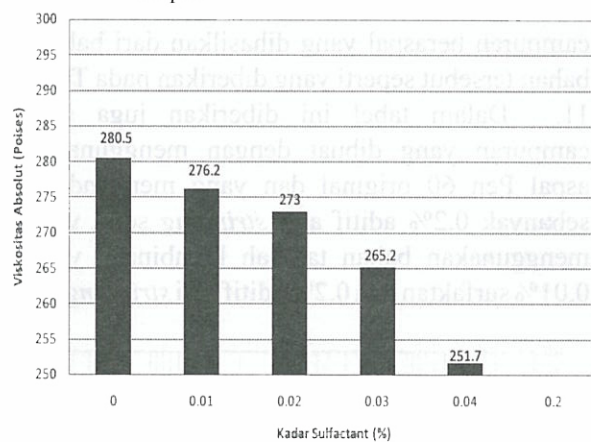
Walaupun dari segi penetrasi dan kehilangan berat penambahan 0,2% atau mungkin dengan kadar yang lebih tinggi lagi masih dapat diterima, tetapi dari segi titik lembek aspal yang dihasilkannya hal ini belum tentu dapat diterima, karena semakin tinggi penambahan surfaktan dalam aspal, akan semakin turun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

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

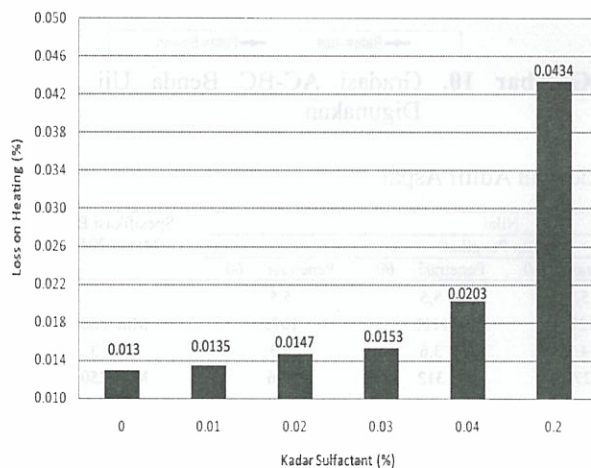
No.	Kadar Surfaktan Dalam Aspal (%)	Penetrasi (dmm )	Titik Lembek (°C)	Kehilangan Berat (%)	Viskositas (Poises)
1.	0,00	65,0	49,0	0,0130	280,5
2.	0,01	66,2	48,1	0,0185	276,2
3.	0,02	66,4	47,9	0,0147	273,0
4.	0,03	66,5	47,5	0,0153	265,2
5.	0,04	66,8	47,2	0,0203	251,7
6.	0,20	67,2	47,8	0,0434	-



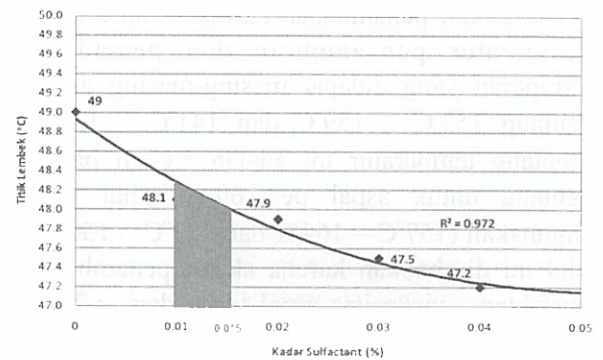
**Gambar 6.** Pengaruh Surfaktan terhadap Kekerasan Aspal



**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 dirumuskan 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)*	153-159	-
	- Pemasakan (°C)*	141-146	-

Catatan : \* Temperatur pencampuran dan pemasakan 5°C lebih rendah dari aspal pen 60 original

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

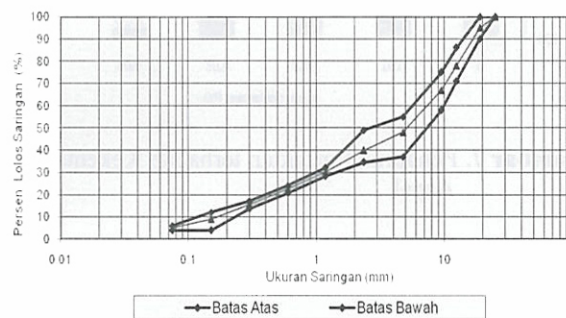
### Analisis Campuran Beraspal

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 pembanding.

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 (Direktorat Jenderal Bina Marga, 2010) seperti yang

diberikan pada Gambar 10. Untuk mendapatkan gradasi ini, agregat dari *quarry* Batu Gantung harus dipecahkan lagi di laboratorium. Benda uji campuran beraspal dibuat dengan menggunakan 75 tumbukkan pada temperatur pemadatan seperti yang diberikan pada Tabel 6.

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*.



Gambar 10. Gradasi AC-BC Benda Uji yang Digunakan

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	5,5	5,5	5,5	5,5	
2.	Stabilitas, kg	1075	1271	1111	1075	1075	1075	1075	1075	Min. 800
3.	Kelelahan, mm	4,3	4,7	3,6	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	Min. 3
4.	Marshall Quotient, kg/mm	250	270	312	206	206	206	206	206	Min. 250
5.	VMA, %	14,1	17,7	17,8	14,7	14,7	14,7	14,7	14,7	Min. 14
6.	VIM, %	3,6	3,6	3,6	4,6	4,6	4,6	4,6	4,6	" "
7.	VFB, %	66,4	68,9	69,2	62,5	62,5	62,5	62,5	62,5	Min. 63
8.	Kepadatan, kg/m <sup>3</sup>	2,4	2,4	2,4	2,3	2,3	2,3	2,3	2,3	-
9.	Stabilitas sisa, %	86,4	98,2	88,2	71,2	71,2	71,2	71,2	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 Quotiennya. Selain itu, juga dapat menaikkan daya tanah 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.

## KESIMPULAN DAN SARAN

### Kesimpulan

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

1. 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.
2. *Preblended* agregat Fak Fak secara kering ataupun dalam kondisi kering jenuh permukaan (SSD) dengan kapur, semen ataupun *mill powder* tidak meningkatkan daya lekatnya terhadap aspal.
3. *Preblended* agregat dengan larutan semen (1 semen : 5 air) dapat meningkatkan daya lekatnya terhadap aspal.
4. 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.
5. 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.
6. Temperatur pencampuran dan pemadatan campuran beraspal akibat dari penambahan 0,01% surfaktan ini masing-masing adalah 5°C lebih rendah dari temperatur untuk aspal pen 60 original, yaitu dalam rentang 153°C – 159°C dan 141°C – 146°C
7. 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.

8. 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.
9. 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.
10. 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.

### DAFTAR PUSTAKA

- Asphalt Institute. 1993. *Mix design methods for asphalt concrete and other hot mix*. Kentucky: The Asphalt Institute.
- \_\_\_\_\_. 1996. *Superpave mix design*. Superpave Manual Series No. 2. Kentucky: The Asphalt Institute

- AUSTROADS.1998. *Guide to stabilization in road works*. Sydney: Austroads
- Collins, I. and R.A Fox. 1985. *Aggregates: sand, gravel and crushed rock aggregates for construction purposes*. Engineering Geology, (1) Special Publication. England: Geological Society
- Direktorat Jenderal Bina Marga. 2010. *Spesifikasi umum buku III*. Jakarta: Ditjen Bina Marga.
- Ingles, O.G. and J.B.Metcalf. 1972. *Soil stabilization, principles and practice*. Sydney: Butterworth
- Please, A. and D.C. Pike. 1968. *The demand of road aggregate*. TRL LR 185. Crowthorne: TRL
- Salager, Jean Louis.2002. *Surfactants, types and uses, laboratory of formulation, interfaces, rheology and process*. Venezuela: Universidad De Los Andes.
- Sherwood, P.T. 1995. *Alternative materials in road construction*. London: Thomas Telford
- Waller, fred.1993. *Use of waste materials in hot mix asphalt*. ASTM STP 1193. Conshocken: ASTM