

# PENGARUH TEMPERATUR PADA SIFAT ASPAL BUTON GRANULAR LAPIS

## *THE EFFECT OF TEMPERATURE ON CHARACTERISTIC OF COATED BUTON GRANULAR ASPHALT*

TW Samadhi, IDG Arsa Putrawan, Patricia Putu Widyastiti, Alvin Gunawan

Program Studi Teknik Kimia – Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Bandung  
Email: twsamadhi@che.itb.ac.id

Diterima: 22 September 2015

Direvisi: 24 November 2015

Disetujui: 22 Desember 2015

### ABSTRAK

Pemanfaatan aspal buton yang cadangannya sangat besar perlu dikembangkan untuk substitusi aspal produk samping kilang minyak maupun aspal impor. Penelitian ini ditujukan untuk mengetahui pengaruh variabel-variabel proses pelapisan (coating) terhadap kualitas Aspal Buton Granular (ABG), yang berasal dari tambang Lawele. Penelitian terdiri dari tiga tahap, yaitu persiapan bahan, proses pelapisan, dan uji ABG hasil pelapisan. Bahan pelapis adalah campuran kanji, air dan alkohol (*primary coating*), dan campuran semen dan *fly ash* atau kaolin (*secondary coating*). Proses pelapisan terdiri atas tiga tahap: pelapisan primer, pelapisan sekunder, dan pengeringan aspal hasil pelapisan. Variabel proses pelapisan (*predictor variable*) pada percobaan ini adalah indeks plastisitas bahan pelapis sekunder, kadar semen dalam bahan pelapis sekunder, dan rasio massa ABG terhadap massa bahan pelapis sekunder. Proses pengeringan aspal hasil pelapisan dilakukan pada kondisi udara ambien. Hasil penelitian menunjukkan bahwa tidak ada variabel pelapisan yang memberikan pengaruh yang nyata terhadap variabel respon, yaitu kadar air ABG hasil pelapisan dan variabel respon hasil uji tekan pada temperatur ruang 26°C. Kuat tekan ABG hasil pelapisan pada temperatur 60°C dipengaruhi oleh ketiga variabel pelapisan. Semakin tinggi nilai indeks plastisitas bahan pelapis sekunder, kadar semen dalam bahan pelapis sekunder, dan rasio massa ABG terhadap massa bahan pelapis sekunder, semakin tinggi nilai fraksi lengket ABG hasil uji tekan pada temperatur 60°C. Hasil uji degradasi menunjukkan bahwa pelapis ABG mulai terdegradasi pada temperatur 70°C.

**Kata kunci:** aspal buton granular, pelapisan primer, pelapisan sekunder, kuat tekan, degradasi termal pelapis

### ABSTRACT

*The utilization of abundant buton asphalt needs to be developed for partial substitution of that from by products of oil refineries and from import. The aim of this study is to determine the effect of coating process variables on the quality of Buton Granular Asphalt (BGA), originated from the mine of Lawele. The experimental study consisted of three phases, i.e. preparation of materials, coating process, and physical testing on coated BGA. Material for the primary coating was a mixture of starch, water and alcohol, while for the secondary coating was a mixture of cement and fly ash or kaolin. The coating process consisted of three steps, i.e. primary coating, secondary coating and drying of coated asphalt. When drying was conducted at a temperature of 26°C, there were no-significant effects on plasticity index, cement content in the secondary coat, and mass ratio of secondary coat to asphalt granule on the compressive strength of the asphalt granule. However for drying at 60°C, significant effects of those independent variables on its granule characteristic were observed. Higher values of plasticity index, cement content, and mass ratio gave a higher values of the sticky fraction of granule during the compression test. The coating material started to degrade at 70°C.*

**Keywords:** buton asphalt granule, primary coating, secondary coating, compression strength, thermal degradation

### PENDAHULUAN

Kebutuhan aspal di Indonesia untuk perbaikan dan pembangunan jalan mencapai 1.200.000 ton/tahun. Dari jumlah tersebut, produksi dalam negeri hanya mampu memasok

sekitar 50% dan sebagian besar berasal dari hasil penyulingan minyak bumi oleh Pertamina (Balitbang PU). Sisa kebutuhan aspal Indonesia dicukupi dengan impor dari beberapa negara

penghasil aspal, sehingga dapat dipahami bahwa ketergantungan Indonesia terhadap aspal impor masih tinggi.

Indonesia memiliki cadangan aspal alam di Pulau Buton (Asbuton) mencapai 760 juta ton [5]. Aspal alam tersebut menjadi alternatif yang sangat menarik untuk menunjang pasokan aspal di dalam negeri mengingat besarnya cadangan aspal alam (diperkirakan cukup untuk 200 tahun mendatang pada laju konsumsi kini), sementara itu cadangan minyak bumi makin menipis.

Untuk mempermudah transportasi dan distribusi Asbuton secara komersial, perlu dilakukan pemrosesan terlebih dahulu. Salah satunya adalah modifikasi asbuton menjadi Aspal Buton Granular (ABG) yang dapat dikemas dan didistribusikan dalam karung plastik. Pada tahun 2007, ABG telah digunakan untuk perkerasan jalan sepanjang 1.200 km di 14 propinsi di Indonesia [3].

Meskipun ABG telah mulai digunakan secara komersial, namun pemrosesan Asbuton menjadi ABG tersebut masih mengalami banyak kendala. Ketika disimpan dan diangkut, ABG di dalam karung yang ditumpuk mengakibatkan cairan aspal dalam ABG merembes keluar dan menyebabkan ABG saling menempel antara satu butiran dengan lainnya dan terbentuk gumpalan.

Salah satu solusi untuk mengatasi masalah ini, ABG diberi pelapis (coating) yang diharapkan mampu mencegah aglomerasi butiran-butiran. Hasil percobaan pendahuluan menunjukkan bahwa pelapisan sebaiknya terdiri dari lapisan primer dan lapisan sekunder dengan jumlah yang tepat [1]. Semakin banyak bahan pelapis sekunder, ABG dapat semakin menempel, karena bahan pelapis sekunder dan jumlah semen dalam bahan pelapis tersebut.

Bahan pelapis primer yang digunakan adalah campuran air, alkohol, dan kanji. Air berfungsi untuk mengikat semen yang berada dalam pelapis sekunder, alkohol berfungsi untuk mempercepat proses pengeringan lapisan dan menjaga kanji agar tidak cepat busuk. Bahan utama pelapis sekunder adalah semen yang dicampur dengan bahan-bahan lain, misalnya tanah liat (clay), kapur, *fly ash*, dan *bottom ash*. Semen berfungsi sebagai pengikat bahan-bahan pelapis tersebut dan mengikat kelembaban selama penyimpanan.

Bahan-bahan pelapis sekunder harus bersifat tidak larut dalam aspal (*oliophobic*) dan higroskopis. Sifat *oliophobic* diperlukan agar bahan ini mampu menahan cairan aspal untuk

tidak merembes keluar permukaan batuan aspal. Sifat hidrofilik diperlukan agar pelapis sekunder dapat menyatu dengan pelapis primer, sehingga kedua lapisan menempel dengan baik pada ABG serta mengikat air lembab [1].

Kaolin dan lempung dapat digunakan sebagai salah satu campuran bahan pelapis sekunder. Campuran lempung dan air bersifat plastis dan ditambahkan pada kaolin untuk meningkatkan sifat plastis kaolin [2].

*Fly ash* adalah abu sisa pembakaran yang terbawa gas cerobong hasil pembakaran, dengan ukuran sangat halus. Komponen *fly ash* bervariasi tergantung pada komposisi batubara yang dibakar. Secara umum *fly ash* mengandung  $\text{SiO}_2$  dan  $\text{CaO}$  dalam kadar cukup besar. *Fly ash* kelas C (ASTM C618) memiliki kandungan  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , dan  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  sekitar 50%, dan yang kelas F mencapai 70% [4].

Kaolin dan *fly ash* mempunyai perbedaan nilai indeks plastisitas yang cukup tinggi. Indeks plastisitas merupakan suatu nilai yang menunjukkan sifat konsistensi material berbutir halus pada berbagai variasi kadar air, dan diukur atas dasar batas kondisi cair dan plastis campuran material dengan air [6]. *Fly ash* tergolong dalam material non plastis dan memiliki indeks plastisitas nol, sedangkan kaolin memiliki indeks plastisitas sebesar 13,9 [7].

Penelitian yang dilaporkan dalam makalah ini terkait dengan pengembangan aspal granular dari aspal alam agar dapat digunakan sebagai bahan tambahan dalam campuran pengerasan jalan sehingga mengurangi penggunaan aspal petroleum ataupun aspal impor. Tujuan penelitian ini adalah mengetahui pengaruh variabel-variabel proses pelapisan terhadap kualitas ABG hasil pelapisannya. Variabel-variabel proses tersebut adalah indeks plastisitas bahan pelapis sekunder, perbandingan massa ABG terhadap bahan pelapis sekunder, dan kadar semen dalam bahan pelapis sekunder.

## BAHAN DAN METODE

Bahan utama yang digunakan dalam penelitian ini adalah Aspal Buton Granular (ABG) yang berasal dari tambang Lawele. Bahan pelapisan primer yang digunakan adalah campuran air, alkohol (etanol 70%), dan kanji, sedangkan bahan pelapisan sekunder yang digunakan adalah campuran semen (yang tersedia di pasar lokal) dengan *fly ash* (PLTU Paiton) dan campuran semen dengan kaolin (dari Bangka).

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah gelas kimia, batang pengaduk, alat semprot, *ball mill*, *compartment drier*, dan alat-alat uji. Pada tahap persiapan bahan dilakukan granulasi secara manual terhadap Asbuton sehingga diperoleh ABG. Kemudian dilakukan proses pelapisan menggunakan *ball mill*. Percobaan dibagi menjadi dua bagian yaitu percobaan pendahuluan dan percobaan utama.

Pada percobaan pendahuluan dilakukan uji terhadap ABG tanpa pelapisan, penentuan kadar semen minimum dalam bahan pelapisan sekunder, dan penentuan waktu pengeringan melalui penyusunan kurva pengeringan ABG. Pada percobaan utama dilakukan pengujian terhadap ABG terlapis, dengan parameter-parameter yang telah ditetapkan pada percobaan pendahuluan. Uji yang dilakukan meliputi uji tekan pada temperatur rendah dan temperatur tinggi, uji degradasi, dan penentuan kadar kelembaban ABG. Pengeringan dilakukan pada *Compartment Drier*. Pengujian sifat fisik ini dilakukan di Laboratorium Teknologi Mineral, Program Studi Teknik Kimia ITB.

Uji degradasi ABG hasil pelapisan dilakukan pada temperatur kamar dan 60°C di dalam alat uji tekan. Bagian bawah alat uji tekan berbentuk silinder terbuka untuk meletakkan sampel (Gambar 1). Bagian atas berfungsi sebagai penekan sampel. Untuk pengukuran kadar kelembaban, digunakan cawan porselen, oven, dan neraca analitik.

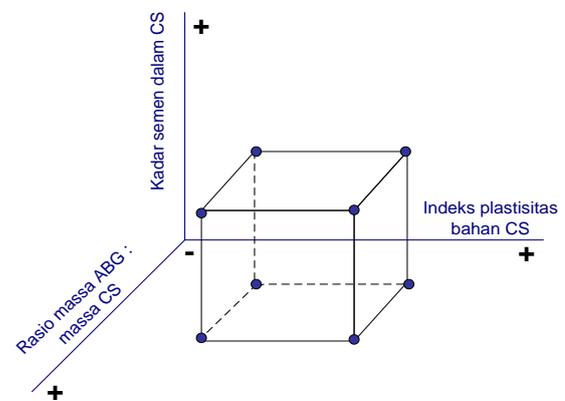
Pengujian terhadap ABG tanpa pelapisan ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik ABG sebelum dilakukan proses pelapisan. ABG yang digunakan pada pengujian ini adalah ABG tanpa pelapisan yang berjumlah 200 butir. Uji yang dilakukan meliputi uji tekan pada temperatur ruang, temperatur tinggi, uji degradasi, dan penentuan kadar air ABG.

Uji tekan pada temperatur ruang maupun temperatur tinggi dilakukan untuk mengetahui kemampuan ABG menahan beban tekan yang diberikan. Kemampuan tersebut ditunjukkan melalui nilai fraksi lengket ABG setelah melalui uji tekan. Bila semakin banyak ABG yang lengket setelah uji tekan dilakukan (nilai fraksi lengketnya tinggi), maka dapat dikatakan bahwa ABG memiliki kemampuan menahan tekanan yang kurang baik. Uji tekan temperatur ruang dilakukan pada temperatur 26°C dan uji tekan temperatur tinggi dilakukan pada temperatur 60°C. Pada percobaan ini terdapat tiga variabel bebas dan banyaknya percobaan dihitung

berdasarkan metoda eksperimental  $2^k$  full factorial (lihat di Gambar 2).



Gambar 1. Alat Uji Tekan



Gambar 2. Kombinasi Variabel untuk Tempuhan yang Diambil

Metoda analisis percobaan data didasarkan pada metoda analisis varians (ANOVA) dengan menguraikan varians total dalam data menjadi varians karena *main effect* dan karena *interaction effect*. Dengan demikian dihasilkan model respons yang diasumsikan sebagai model empirik linear dan dinyatakan dalam persamaan berikut.

$$Y_i = a_0 + a_1x_1 + a_2x_2 + a_3x_3 + a_{12}x_1x_2 + a_{13}x_1x_3 + a_{23}x_2x_3 + a_{123}x_1x_2x_3 + \varepsilon_{rr} \quad (1)$$

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Pengujian Asbuton Granular Tanpa Pelapis

Berdasarkan Tabel 1 dapat dilihat bahwa ABG tanpa pelapisan tidak kuat menahan beban tekan yang diberikan sehingga seluruh ABG tersebut menempel (fraksi lengket 100%). Hal ini dapat terjadi karena ketika menerima beban tekan, cairan aspal dalam ABG yang bersifat lengket merembes keluar permukaan butiran ABG sehingga ABG menempel satu sama lain.

Tabel 1. Fraksi Lengket pada Uji Tekan

Perc.	fraksi lengket	
	T = 26°C	T = 60°C
1	100%	100%
2	100%	100%



Gambar 3. ABG dengan Fraksi Lengket 100%

Uji degradasi dilakukan untuk mengetahui temperatur degradasi ABG yaitu temperatur ketika cairan aspal dalam ABG merembes ke luar permukaan. Hal ini dapat diamati melalui perubahan warna lapisan permukaan ABG menjadi lebih mengkilap dan butiran ABG tersebut menjadi lebih lengket. ABG tanpa pelapisan yang belum terdegradasi dan hasil uji degradasi ditunjukkan dalam Gambar 3.

Berdasarkan data pengamatan pada uji degradasi tersebut, maka dapat disimpulkan bahwa temperatur degradasi untuk ABG tanpa pelapisan adalah 35°C. Hal ini menunjukkan bahwa pada temperatur 35°C, cairan aspal dalam ABG mulai merembes ke permukaan sehingga mempermudah ABG menempel satu sama lain.



(a) ABG tanpa pelapis yang terdegradasi



(b) Hasil uji degradasi percobaan 1



(c) Hasil uji degradasi percobaan 2

Gambar 4. Hasil ABG Tanpa Pelapisan yang Belum Terdegradasi dan Hasil Uji Degradasi

Pada Gambar 4 dapat dilihat perbedaan antara ABG yang belum terdegradasi dengan ABG yang telah mengalami degradasi. Pada ABG yang telah terdegradasi, cairan aspal yang merembes tampak dari permukaan butiran ABG yang lebih mengkilap. Selain itu, permukaan butiran ABG terasa lebih lengket. Kadar air ABG tanpa pelapisan sangat rendah (lihat Tabel 2).

Tabel 2. Kadar Air ABG Tanpa Pelapisan

Perc.	Temperatur (°C)	Waktu (menit)	Kadar Air
1	35	45	0,002%
2	35	45	0,015%

Jadi ABG tanpa pelapisan kurang tahan terhadap tekanan dan temperatur. Diharapkan pelapisan dapat meningkatkan ketahanan tekan dan temperatur ABG disimpan.

**Penentuan Kadar Semen Minimum**

Pada penelitian sebelumnya, ABG dengan pelapis sekunder yang memiliki kadar semen yang tinggi (10%) justru menyebabkan ABG menjadi lengket. Pada percobaan ini, kadar

semen dalam pelapis sekunder divariasikan, dan hasilnya disajikan pada Tabel 3 dan Tabel 4.

Tabel 3. Fraksi Lengket ABG pada Uji Tekan Temperatur 26°C

Pelapis sekunder	Fraksi lengket
<i>Fly ash</i> tanpa semen	0%
<i>Fly ash</i> + semen 2%	0%
<i>Fly ash</i> + semen 4%	0%
<i>Fly ash</i> + semen 6%	0%
<i>Fly ash</i> + semen 8%	0%

Terlihat bahwa pada uji tekan temperatur kamar (26°C), kadar semen dalam pelapis sekunder tidak mempengaruhi fraksi lengket (Tabel 3). Tetapi pada uji tekan 60°C, kadar semen sangat menentukan fraksi lengket (Tabel 4). Jika *fly ash* diganti dengan kaolin, kadar semen tidak lagi mempengaruhi fraksi lengket. Hasil uji tekan dan fraksi lengket ini disajikan pula pada Gambar 6.

Dari Gambar 6 ini, disimpulkan dengan jelas bahwa kadar semen dalam pelapis sekunder sebaiknya disekitar 5%, yang memberi fraksi lengket terendah. Jika kadar semen dinaikkan, pelapis sekunder dikawatirkan mudah terlepas dari ABG dan menyerap banyak air dari lembab udara.

Tabel 4. Fraksi Lengket ABG pada Uji Tekan Temperatur 60°C

pelapis sekunder	Fraksi lengket	
	Perc. 1	Perc. 2
<i>Fly ash</i> tanpa semen	6,0%	13,0%
<i>Fly ash</i> + semen 2%	8,0%	11,0%
<i>Fly ash</i> + semen 4%	9,5%	0,0%
<i>Fly ash</i> + semen 6%	0,0%	4,5%
<i>Fly ash</i> + semen 8%	4,0%	5,0%
Kaolin tanpa semen	0,0%	1,0%
Kaolin + semen 2%	1,0%	0,0%
Kaolin + semen 4%	0,0%	0,0%
Kaolin + semen 6%	0,0%	0,0%
Kaolin + semen 8%	0,0%	1,0%

**Pengeringan ABG Hasil Pelapisan**

Ternyata komposisi pelapis sekunder sangat menentukan lama pengeringan ABG terlapis (Tabel 5).

Tabel 5. Pengeringan ABG Hasil Pelapisan

No.	Pelapis sekunder dengan ke semen	Laju pengeringan konstan (menit ke-)	Laju pengeringan menurun (menit ke-)	Massa awal (gram)	Massa akhir (gram)	Massa kering (gram)
1	<i>Fly ash</i>	0 – 135	140 – 265	60,28	57,02	54,69
2	<i>Fly ash</i>	0 – 175	180 – 225	61,09	57,03	56,40
3	Kaolin	0 – 135	140 – 260	77,01	71,57	67,93
4	Kaolin	0 – 145	150 – 305	66,94	62,24	60,33

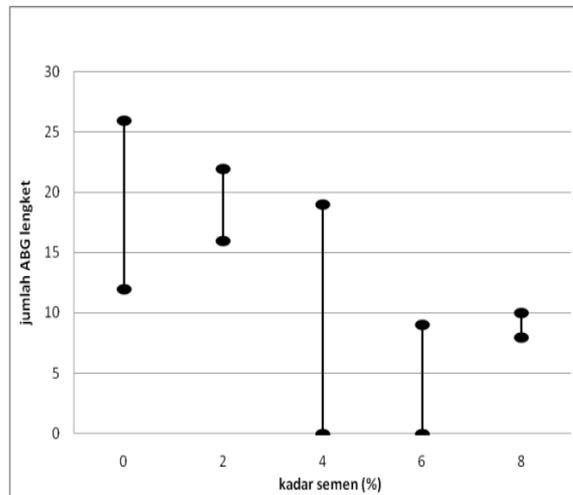
**Hubungan antara Variabel Prediktor dan Respon**

Hasil evaluasi percobaan dengan tiga variabel pediktor dan empat respon (*factorial experiment*) disajikan pada Tabel 6.

Dalam penelitian ini diuji dua hipotesis berikut ini.

- a. Hipotesis nol ( $H_0$ ): dugaan bahwa nilai rata-rata sampel tidak berbeda secara signifikan dengan sampel pembandingnya (variabel prediktor tidak berpengaruh terhadap respon).
- b. Hipotesis alternatif ( $H_a$ ): dugaan terhadap segenap situasi yang tidak tercakup dalam

Dari data uji pengeringan ini, pengeringan ABG terlapis sebaiknya dilakukan dengan lama minimum 330 menit (sedikit di atas lamanya pengeringan ABG dengan pelapis semen dan kaolin). Dengan waktu 330 menit ini, pengeringan ABG terlapis dijamin telah selesai.



Gambar 5. Pengaruh Kadar Semen dalam Pelapis Sekunder terhadap Fraksi Lengket ABG

hipotesis nol (variabel prediktor berpengaruh terhadap variabel respon).

Kedua hipotesis tersebut diuji dengan dengan  $\alpha$ -value test:  $H_0$  ditolak jika nilai  $\alpha$  lebih besar atau sama dengan nilai  $\alpha$  (diambil 0,05 untuk tingkat kepercayaan 95%).

Pengaruh variabel prediktor terhadap respon berupa kadar air ABG hasil pelapisan ditunjukkan pada Tabel 7. Nilai *Effect* positif menunjukkan bahwa semakin besar nilai variabel prediktor, maka semakin besar pula nilai responnya dan sebaliknya.

Tabel 6. Hasil Percobaan Utama

Perc. (standar)	Perc. (aktual)	Variabel prediktor			Variabel respon			Temp. degradasi (°C)
		P, indeks plastis	R, rasio massa	S, kadar semen	Kadar air	Fraksi lengket uji tekan		
						T = 26°C	T = 60°C	
1	5	0,0	2,5	5%	1,57%	0	0,0	> 75
2	10	13,9	2,5	5%	1,25%	0	2,0	> 75
3	1	0,0	5,0	5%	1,00%	0	0,0	> 75
4	8	13,9	5,0	5%	0,25%	0	2,0	> 75
5	4	0,0	2,5	10%	1,18%	2	0,0	> 75
6	6	13,9	2,5	10%	1,35%	0	1,0	> 75
7	3	0,0	5,0	10%	1,03%	2	2,5	70
8	2	13,9	5,0	10%	1,18%	1	6,0	75
9	15	0,0	2,5	5%	1,64%	0	0,0	> 75
10	13	13,9	2,5	5%	1,40%	0	2,0	> 75
11	9	0,0	5,0	5%	1,47%	1	0,0	> 75
12	11	13,9	5,0	5%	1,06%	0	2,0	> 75
13	16	0,0	2,5	10%	1,23%	0	0,0	> 75
14	14	13,9	2,5	10%	1,11%	0	0,0	> 75
15	7	0,0	5,0	10%	1,30%	0	1,5	> 75
16	12	13,9	5,0	10%	1,18%	0	4,5	> 75

Tabel 7. Pengaruh Prediktor terhadap Kadar Air ABG Terlapis (Tingkat Kepercayaan 95%)

Variabel Prediktor	Effect	Coefficient	$\alpha$ -value
Constant		1,2000	0,000
P	-0,2050	-0,1025	0,146
R	-0,2825	-0,1412	0,057
S	-0,0100	-0,0050	0,939
P*R	-0,0775	-0,0388	0,560
P*S	0,2250	0,1125	0,115
R*S	0,2375	0,1187	0,099
P*R*S	0,0725	0,0362	0,585

**Pengaruh Prediktor terhadap Kadar Air**

Dari Tabel 7 dapat dilihat bahwa tidak ada satupun variabel prediktor yang berpengaruh terhadap kadar air ( $\alpha$ -value > 0,05). Namun apabila dievaluasi dengan tingkat kepercayaan yang lebih rendah, variabel prediktor R (rasio massa ABG/massa bahan pelapis sekunder) memberikan pengaruh pada respon kadar air ABG.

Semakin besar rasio massa ABG terhadap massa bahan lapisan sekunder, maka semakin rendah kadar air dari ABG hasil pelapisan. Semakin besar rasio massa ABG : massa bahan pelapis sekunder menunjukkan jumlah bahan pelapis sekunder yang semakin sedikit. Yang juga berarti bahwa kadar semen yang semakin rendah, maka semakin rendah kadar air dari ABG hasil pelapisan.

**Pengaruh Prediktor terhadap Hasil Uji Degradasi**

Dari Tabel 6 dapat dilihat bahwa temperatur degradasi dari setiap variasi proses pelapisan relatif sama, yakni di atas 70°C. Temperatur di atas 70°C dianggap sudah tidak relevan untuk diteliti lebih lanjut, mengingat bahwa kondisi temperatur maksimum lapangan saat penyimpanan dan pengangkutan aspal adalah 60°C. Sehingga dapat dikatakan bahwa tidak terdapat variabel proses pelapisan yang memberikan pengaruh secara signifikan terhadap hasil uji degradasi dari ABG hasil pelapisan.

**Pengaruh Variabel Prediktor terhadap Hasil Uji Tekan pada 26°C dan 60°C**

Analisa statistik pengaruh variabel prediktor terhadap variabel respon hasil uji tekan pada temperatur ruang ditunjukkan pada Tabel 8. Hasil evaluasi menunjukkan bahwa tidak ada pengaruh prediktor terhadap kuat tekan ( $\alpha$ -value > 0,05).

Tetapi pengaruh variabel prediktor terhadap hasil uji tekan pada temperatur 60°C sangat nyata (Tabel 9). Disamping itu, hampir semua *Effect* bernilai positif, yang artinya bahwa makin tinggi plastisitas pelapis sekunder, makin besar nilai fraksi lengketnya.

Tabel 8. Pengaruh Prediktor terhadap Kuat Tekan dalam Uji Tekan 26°C (Tingkat Kepercayaan 95%)

Variabel Prediktor	Effect	Coefficient	$\alpha$ -value
Constant		0,3750	0,094
P	-0,5000	-0,2500	0,242
R	0,2500	0,1250	0,545
S	0,5000	0,2500	0,242
P*R	0,0000	0,0000	1,000
P*S	-0,2500	-0,1250	0,545
R*S	0,0000	0,0000	1,000
P*R*S	0,2500	0,1250	0,545

Tabel 9. Pengaruh Prediktor terhadap Kuat Tekan dalam Uji Tekan 60°C (Tingkat Kepercayaan 95%)

Variabel Prediktor	Effect	Coefficient	$\alpha$ -value
Constant		1,46875	0,000
P	1,93750	0,96875	0,000
R	1,68750	0,84375	0,000
S	0,93750	0,46875	0,007
P*R	0,68750	0,34375	0,028
P*S	-0,06250	-0,03125	0,814
R*S	1,68750	0,84375	0,000
P*R*S	0,68750	0,34375	0,028

Variabel prediktor rasio massa ABG terhadap massa bahan pelapis sekunder juga menunjukkan nilai *Effect* yang positif. Hal ini menunjukkan bahwa semakin besar rasio massa ABG terhadap bahan pelapis sekunder (di atas 5:1), maka semakin besar pula fraksi lengket ABG pada uji tekan temperatur 60°C.

Pada variasi rasio massa ABG/massa lapisan sekunder 5:2, rata-rata jumlah bahan pelapis yang terserap adalah 15,25 gram atau 68,03%. Sedangkan pada variasi rasio 5:1, jumlah bahan pelapis yang terserap adalah 5,93 gram atau 55,37%. Tentu saja, semakin banyak bahan pelapis sekunder yang terserap, maka semakin tebal lapisan yang terbentuk. Karenanya, cairan aspal tidak dapat menembus lapisan pelapis tersebut.

Variabel prediktor kadar semen dalam bahan pelapis sekunder, memberi nilai *Effect* positif. Jadi semakin banyak semen dalam bahan pelapis sekunder, maka semakin tinggi nilai fraksi lengket dari ABG terlapis. Dengan jumlah semen dalam pelapis sekunder yang semakin banyak, maka semakin banyak pula air yang dapat diikat di dalam pelapis sekunder. Akibat

lainnya, bahan pelapis sekunder menjadi mudah terlepas dari ABG. Hal ini disebabkan air bersifat polar, dan cairan aspal nonpolar.

## KESIMPULAN DAN SARAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa tidak ditemukan pengaruh variabel prediktor yang signifikan terhadap kadar air ABG hasil pelapisan, kuat tekan dan degradasinya pada uji tekan 26°C. Hasil uji tekan ABG terlapis pada temperatur tinggi 60°C menunjukkan bahwa indeks plastisitas bahan pelapis sekunder, rasio massa ABG terhadap bahan pelapis sekunder, dan kadar semen dalam pelapis sekunder memiliki pengaruh sebanding dengan fraksi lengket ABG terlapis (nilai *Effect* positif).

Persamaan empirik hubungan tiga variabel prediktor terhadap respon hasil uji tekan pada temperatur 60°C dapat dinyatakan dengan persamaan berikut.

$$Y_4 = 1,94 + 1,69R + 0,94S + 0,69PR + 1,69RS + 0,69PRS \quad (2)$$

Sebaiknya terhadap ABG terlapis juga diuji ketahanannya terhadap beban kejut seperti perlakuan nyata ketika disimpan ke dalam gudang atau ditransportasikan.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada rekan-rekan Alinda Dwitawidi, dan Bambang Eko Prabowo. Penelitian ini terlaksana dengan bantuan teknis Pak Firman dan Pak Yanto dari *Laboratorium Teknologi Mineral dan Bahan Anorganik, TK-ITB*.

## DAFTAR SIMBOL

$a_0, a_1, a_2, a_3, a_{12}, a_{13}, a_{23}, a_{123}$  = koefisien persamaan hubungan variabel prediktor dan respon

$H_0$  = hipotesis nol

$H_a$  = hipotesis alternatif

P = indeks plastisitas bahan pelapis sekunder

R = rasio massa ABG terhadap pelapis sekunder

S = kadar semen dalam bahan pelapis sekunder

$x_1$  = indeks plastisitas bahan pelapis sekunder

$x_2$  = rasio massa ABG/ pelapis sekunder

$x_3$  = kadar semen dalam bahan pelapis sekunder

$Y_i$  = variabel respons

$\epsilon_{\pi}$  = error

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Dwitawidi, Alinda dan Prabowo, B.E., 2009, "Kajian *Coating* Aspal Buton Granular", *Laporan Penelitian S1 Teknik Kimia*, ITB.
- [2] Peere, Robert dan Church, John A., 1994, *Mining Engineers, Handbook*, Wiley Eastern Private Limited, New Delhi.
- [3] Suhartono, Amiruddin Tumulo, dan M. Mahmud, 2007, "Peningkatan Kinerja Aspal Buton sebagai Bahan Alternatif Perkerasan Jalan dengan Teknologi Lasbutag Campuran Panas, Spesifikasi Teknis Setara Aspal Beton", *Laporan Khusus* PT. Reka Konsultama.
- [4] Gamage, N; K. Liyanage; S. Fragomeni, and S. Setunge, "Overview of Different Types of Fly Ash and Their Uses as A Building and Construction Material", [http://www. Academia.edu/2311198/](http://www.Academia.edu/2311198/), diakses: Oktober 2015.
- [5] Ana Noviani, Aspal Buton Mampu Penuhi 360 Tahun Kebutuhan Nasional, *Bisnis.com*, Jakarta, 7 April 2015.
- [6] SNI 1966:2008, *Cara Uji Penentuan Batas Plastis dan Indeks Plastisitas Tanah*.
- [7] ASTM D4318-10e1, *Standard Test Methods for Liquid Limit, Plastic Limit, and Plasticity Index of Soils*.