



PEMANFAATAN AGREGAT SLAG UNTUK PELAKSANAAN CAMPURAN BERASPAL PADA JALAN DENGAN LALU-LINTAS PADAT

Leksmningsih

RINGKASAN

Pemanfaatan agregat slag dari PT Krakatau Steel, Cilegon untuk konstruksi perkerasan jalan. Slag sebagai agregat alternatif terutama untuk daerah yang menghasilkan agregat lokal yang memenuhi persyaratan teknis tetapi tidak baku digunakan untuk perkerasan jalan. Agregat slag dapat digunakan dengan memodifikasi campuran agregat dan slag untuk mendapatkan campuran beraspal yang memenuhi persyaratan.

Penelitian meliputi perencanaan dan pelaksanaan percobaan lapangan campuran beraspal menggunakan agregat slag yang dilakukan pada jalan Percobaan Cileunyi yang mempunyai lalu-lintas padat (>1 juta ESA). Percobaan terdiri dari 2 campuran meliputi : Campuran 1, agregat kasar slag ditambah dengan agregat halus standar yang mempunyai kepadatan 2,525 gr/cc dan Campuran 2, agregat slag kasar dan halus ditambah dengan pasir mempunyai nilai kepadatan 2,700 gr/cc. Campuran 1 yang mempunyai nilai modulus tinggi diletakkan pada jalur lambat, dan diharapkan dapat menahan lendutan dari kendaraan yang sering berhenti (angkutan kota). Campuran 2 dengan nilai modulus yang lebih rendah diletakkan pada jalur cepat sehingga dapat dilalui kendaraan berat dengan waktu pembebanan yang kecil. Pada pengujian perkerasan dengan alat FWD sampai dengan umur 6 bulan, terbukti bahwa nilai modulus campuran 1 lebih tinggi dari campuran 2. Nilai lendutan hampir sama antara kedua campuran. Pada pengujian kekesatan campuran slag lebih kesat dari perkerasan standar pen 60. Kepadatan lapangan tercapai pada umur perkerasan 1 bulan.

SUMMARY

The study describes the use of slag from PT. Krakatau Steel, Califon for road pavement. Slag can be used as alternative aggregate mainly for regions where available aggregate are not commonly used for road pavement. To obtain specified asphalt mix, slag can be used by modifying aggregate and slag.

The research describes the plan and field trial of mixed asphalt using slag aggregate and fine standard aggregate on Cileunyi full-scale Road trial that has a traffic density of > one million ESA, the trial consisted of two kinds of mixed aggregates, i.e : the first, coarse slag aggregate added by fine standard aggregate with a density of 2,525 gr/cc and the second, coarse and fine slag aggregate added by sand with a density of 2,700 gr/cc. The first mix with high modulus was spreaded on slow lane that expected to be able to resist rutting from public transport. The second with lower modulus was spreaded on fast lane so that it could be loaded by heavy vehicles shortly. Having Falling Weight Deflection (FWD) Test for six months, the result indicates that modulus of the first mix is stiffer than the second and both mixes have the same rutting. Skid resistance of slag is higher than the existing pavement. Density can be reached in one month.

I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Kebutuhan akan penyediaan sumber daya alam berupa agregat untuk konstruksi perkerasan jalan terus meningkat, makin berkurangnya agregat standar yang biasa digunakan, maka untuk mengantisipasi kurangnya agregat standar adalah penggunaan agregat lokal, dapat berupa hasil samping produksi pengolahan pabrik atau agregat sub standar.

Agregat sub standar antara lain : kwarsa, silikat, kapur, sedangkan agregat lokal antara lain, slag baja dari PT Krakatau Steel.

Penggunaan agregat sub standar atau lokal tersebut harus mengacu kepada persyaratan teknis antara lain :

- Memberikan alternatif dapat digunakan untuk bahan konstruksi perkerasan jalan.
- Dampak terhadap kelanjutan produksi campuran beraspal, tersedianya deposit agregat lokal yang cukup untuk menjaga tersedianya agregat tersebut.
- Tidak menimbulkan kerusakan terhadap lingkungan pada saat pengambilan bahan tersebut
(Fred Waller, 1993)

Penggunaan bahan lokal atau sub standar yang terbanyak untuk bahan konstruksi jalan adalah : kapur sebanyak 40% umumnya digunakan sebagai bahan untuk lapis pondasi ; slag sebanyak 20% sebagai bahan pondasi perkerasan jalan dan sebagai bahan timbunan dan sisanya sebanyak 20% adalah bahan hasil samping produksi pabrik yang digunakan sebagai bahan tambah aspal seperti fiber, polimer , selulosa, karbon , katalis dan lainnya.

Penggunaan slag untuk lapis pondasi telah dilakukan di laboratorium, yaitu dengan penambahan 20 s/d 30% tanah terhadap 70 s/d 80% slag dapat menaikkan daya dukung tanah dari nilai CBR < 10% menjadi CBR > 80%, sehingga memenuhi persyaratan untuk LPA. Didalam tulisan ini hanya akan dibahas agregat slag sebagai bahan campuran beraspal untuk perkerasan jalan.

1.2. Tujuan dan Sasaran

Tujuan penelitian untuk menentukan proses penggunaan agregat slag agar dapat digunakan sebagai bahan konstruksi perkerasan jalan.

Sasaran penelitian untuk pembuatan Pedoman Penggunaan Agregat Slag sebagai Bahan Konstruksi Perkerasan Jalan.

II. KAJIAN PUSTAKA

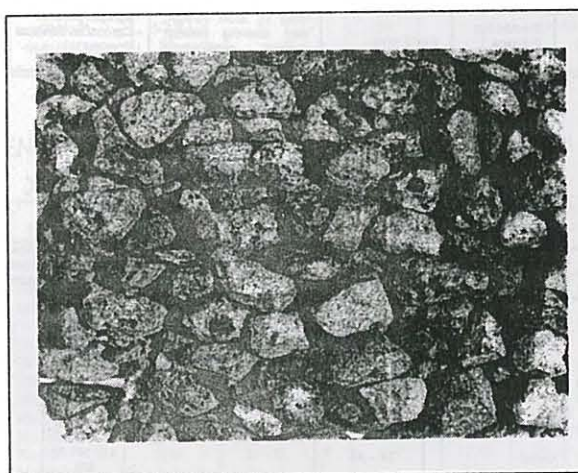
Produksi Slag

Slag besi dan baja yang dihasilkan oleh PT Krakatau Steel di Cilegon, dapat berupa agregat buatan, mempunyai permukaan yang kasar, berbentuk kubus. Slag sebagai hasil limbah dari dapur listrik umumnya terdiri dari beberapa macam unsur, yang utama adalah kapur, magnesium, besi dan mangan.

Permukaan agregat slag yang kasar disebabkan oleh terperangkapnya gas ketika slag panas mengalami proses pendinginan, lubang-lubang gas tidak saling berhubungan dan tidak bersifat porous, bila agregat terbelah karena proses pemecahan, maka kekasaran permukaan tidak hilang sampai butir terkecil sekalipun, karena agregat slag mempunyai kekerasan yang tinggi digabungkan dengan sifat tidak porous tersebut menyebabkan agregat ini sangat baik sebagai bahan perkerasan jalan, karena memberikan daya adhesi yang tinggi terhadap aspal dan kekesatan yang baik.

Produksi slag di Indonesia dihasilkan sebagai limbah dari dapur listrik yang dituang dalam keadaan panas dan cair , dipindahkan dengan slag pot carrier ke tempat penimbunan untuk proses pendinginan.

Setelah dingin dan mengeras, diangkut dan dimasukkan ke dalam processing plant dengan ban berjalan, slag dibawa ke pemecah slag, setelah dipecah slag melalui beberapa bidang magnet yang memisahkan slag yang masih mengandung metal, slag yang tidak mengandung metal disaring sehingga menjadi agregat slag menurut ukuran yang diperdagangkan (lihat gambar 1).



Gambar 1. Agregat slag produksi PT Krakatau Steel

Pada tahun 2000 kurang lebih 3,1 juta ton slag dari besi dan baja diproduksi di Australia dan New Zealand, pusat regional terbesar adalah di Port Kambla dan Whyalla untuk Blast Furnace Iron Slag (BFS) dan Steel Furnace Slag (SFS), sedangkan Electric Arc Furnace Steel Slag (EAFS) diproduksi dalam jumlah kecil di Melbourne, Sydney dan New Castle.

Dari 3,1 juta ton produksi slag: 75% digunakan secara efektif setelah diproduksi menjadi Blast Furnace Slag (BFS), Granulated Slag, Blast Oxygen Slag (BOS) dan Electric Arc Furnace Slag (EAFS) (lihat Tabel.1). Penggunaan slag yang naik secara signifikan adalah sebagai bahan konstruksi perkerasan jalan. Produksi slag yang dihasilkan di Australia telah mempunyai kualitas yang seragam dan memenuhi standar ISO 9000. (Australian Slag Association, ASA 1990).

Tabel 1.
PROSES PRODUKSI SLAG DAN PENGGUNAANNYA (ASA,1990).

No	Sumber	Nama	Proses produksi	Penggunaan
1	Blast Furnace Iron Slag (BFS)	Rock Slag / air cooled slag	Dengan pendinginan udara berbentuk sebagai bongkah	- Pondasi - Bahan timbunan - Agregat campuran semen
		Granulated Slag/ slag sand	Pemecahan dengan penyemprotan air dengan tekanan tinggi	- Pondasi - Bahan timbunan - Stabilisasi - Campuran semen - Reinforced earth
		Ground Granulated Slag	Granulated slag dihaluskan seperti semen	- Bahan tambah beton semen - Stabilisasi
		Pelletised slag (Tidak diproduksi di Australia)	Pembuatan pellet dari molten slag panas, dengan pendinginan udara.	- Produksi semen - Lightweight agregat utk concrete
	Expanded slag/ lightweight slag (Tidak diproduksi di Australia)	Pendinginan slag menjadi lapis tipis diikuti pemecahan dan penyaringan	- Lightweight agregat utk masonry dan beton struktur - Agregat kasar	
2	Basic Oxygen Steel Slag	BOS Slag	Slag yg telah dipecah dan disaring setelah melalui pendinginan dengan air dan udara	- agregat penutup - Campuran beraspal - Pondasi - timbunan
3	Electric Arc Furnace Steel Slag	EAFS Slag	Slag yg telah dipecah dan disaring setelah melalui pendinginan dengan air dan udara	- agregat penutup - Campuran beraspal - Pondasi - timbunan

Tabel 2.
PERSYARATAN FISIK AGREGAT SLAG UNTUK BAHAN PERKERASAN JALAN.(ASA 1990)

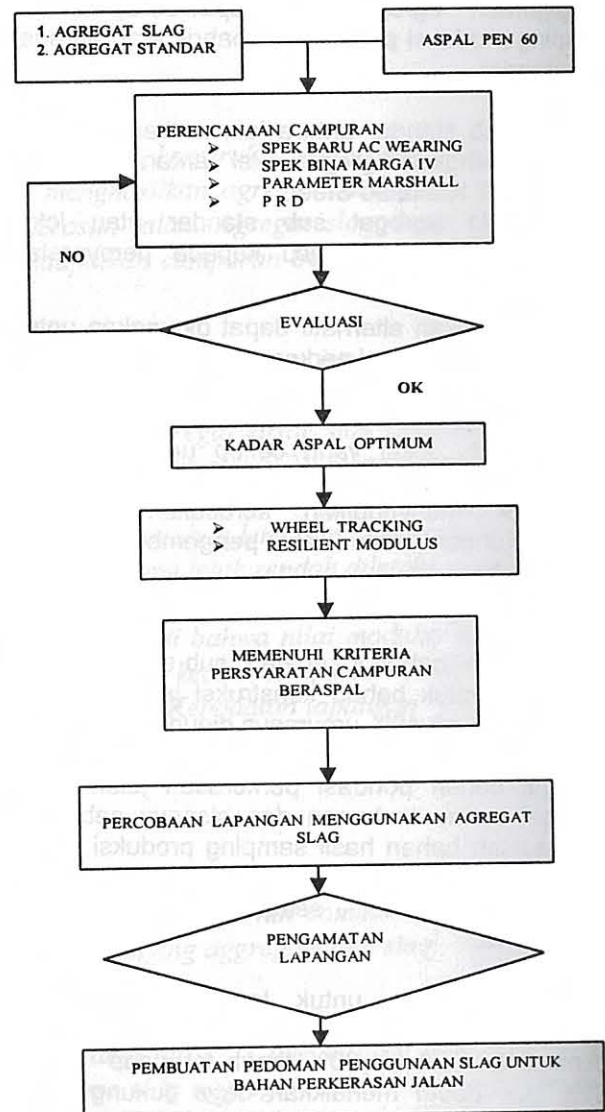
No	Pengujian	Steel slag			Metode	Syarat agregat standar
		Iron Slag BFS / Rock slag	BOS Slag	EAS Slag		
1	Berat jenis, Kg/m ³ - Kering (dry) - Jenuh (SSD)	2,450 – 2550 2,550 – 2,650	3,300-3,400 3,350-3,450	>3,300 >3,400	ASI 141.558	> 2,5 > 2,5
2	Kekuatan kering (KN)	85 – 100	>275	>250	ASI 141.23	-
3	Kekuatan basah (KN)	65 – 90	230 – 300	240 – 300		-
4	Variasi kekuatan basah dan kering (%)	10 – 20	5 – 20	5 – 15		-
5	Penyerapan (%)	4 – 7	1 – 2 (kasar) 2 – 4 (halus)	1 – 2 (kasar) 2 – 4 (halus)	ASI 141.558	< 3
6	Abrasi	37 – 43	12 – 18	>16	ASI 141.23	< 40
7	Polished stone value (PSV)	-	58 – 63	58 – 63	141.41&42	> 45
8	Pelapukan	-	<4	<4	ASI 141.24	< 12

III. METODOLOGI

3.1. Metode penelitian

Metode penelitian dimulai dari pembuatan Bagan alir percobaan, peralatan dan sampel percobaan.

3.1.1 Bagan Alir Kegiatan



Rencana kerja dimulai dari :

1. Pengujian mutu agregat slag, agregat standar dan bahan aspal.
2. Perencanaan campuran beraspal dengan spesifikasi baru AC Wearing
 - a). Saring agregat slag dan standar untuk setiap no.saringan, tentukan gradasi perencanaan campuran menggunakan spek baru AC/ WC.

b). Lakukan percobaan campuran beraspal menggunakan agregat slag dan agregat standar sesuai dengan gradasi ideal diatas garis fuller.

c). Lakukan PRD untuk menentukan kadar aspal optimum dengan VIM <5 %, lakukan pengujian stabilitas sisa pada kadar aspal optimum.

3. Perencanaan campuran beraspal dengan spesifikasi Bina Marga IV.

a). Saring agregat slag kasar tertahan saringan no.4

b). Saring agregat standar , slag dan pasir lolos saringan No.4

c).Lakukan percobaan campuran beraspal di laboratorium menggunakan agregat slag dan agregat standar sebagai blanko, untuk agregat slag dengan komposisi Kasar : Sedang : halus : 20 : 20 : 60 dan untuk agregat standar 20:18 : 62

d). Untuk campuran agregat slag dan agregat standar , Lakukan perencanaan **Campuran 1** yang terdiri dari agregat kasar slag (tertahan # no.4) : agregat halus standar (lolos # no.4) dengan perbandingan 40 : 60

e).Untuk campuran agregat slag dan pasir , Lakukan perencanaan **Campuran 2** yang terdiri dari agregat kasar slag (tertahan # no.4) : agregat halus slag (lolos # no.4) : pasir lolos # no.4 dengan perbandingan 43 : 22 : 35

f). Parameter yang diuji : Marshall, Kadar aspal optimum, Stabilitas sisa , penurunan deformasi dan stabilitas sisa.

3.2. Peralatan dan Sampel Pengujian

3.2.1. Peralatan yang digunakan

- Peralatan pengujian aspal
- Peralatan pengujian agregat
- Peralatan Marshall
- Peralatan PRD
- Peralatan Wheel Tracking
- Peralatan Ummata
- Peralatan pelaksanaan lapangan
- Peralatan pengamatan lapangan

3.2.2 Sampel pengujian

- Aspal keras Pen 60/70
- Agregat standar
- Agregat Slag
- Pasir Cimalaka

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Hasil pengujian mutu aspal dan agregat

Tabel 3 .
HASIL PENGUJIAN MUTU ASPAL PEN 60

N o	Pengujian	Metode SNI	Satuan	Pen 60	Syarat
1	Penetrasi	06-2456-1991	0,1mm	62	60 - 79
2	Titik Lembek	06-2434-1991	°C	49	48 - 58
3	Daktilitas	06-2432-1991	cm	>140	min 100
4	Titik Nyala	06-2433-1991	°C	327	min 200
5	Kehilangan Berat (RTFOT)	06-2440-1991	% berat	0,0839	maks 1
6	Penselelah RTFOT	06-2456-1991	% semula	86(53,4)	min 75
7	Titik lembek stlh RTFOT	06-2434-1991	C	51,8	
8	Daktilitas setelah RTFOT	06-2432-1991	cm	>140	min 54
9	Berat Jenis	06-2441-1991	-	1,0315	min 1
10	Kelaurutan	06-2438-1991	%	99+	min 99
11	Temperatur		°C	155	-
	- Pencampuran	06-6441-2000	°C	145	-
	- Pematatan		°C		-

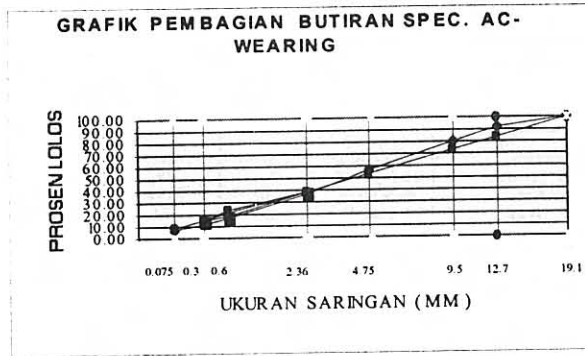
Tabel 4.
PENGUJIAN MUTU AGREGAT UNTUK CAMPURAN SPEK AC WEARING COURSE

N o	Pengujian	Agregat standar			Agregat Slag			Syarat
		Kasar	Sedang	Halus	Lolos #3/4" tahan # 3/8"	Lolos #3/8" tahan # No.4	Lolos # No.4	
1	Saringan, % lolos							
	1"	100			100			
	¾"	77,09			50	100		
	½"	26,59	100					
	3/8"	2,83	54,54	100			100	
	No.4	2,01	9,29	81,62			76,40	
	No.30	1,62	4,84	40,12			38,12	
	No.50	1,54	4,01	28,94			30,10	
	No.100	1,44	3,1	19,47			16,43	
	No.200	1,39	2,6	14,95			10,36	
2	Berat jenis							
	-Bulk	2,659	2,642	2,648	3,481	3,481	3,359	> 2,5
	-SSD	2,697	2,687	2,700	3,534	3,534	3,409	> 2,5
	-Apparent	2,763	2,765	2,792	3,678	3,678	3,533	> 2,5
	Penyerapan	1,414	1,685	1,937	1,521	1,521	1,460	< 3
3	Keausan	20	-	-	16,31	-	-	< 40
4	Kelekatatan	95+	95+	-	95+	95+	-	95+
5	Impact	19	-	-	13,91	-	-	< 30
6	Kepipihan	19,24	-	-	-	-	-	< 25
7	Setara pasir	-	-	54,5	8,72	-	55,18	> 50
8	Pelapukan	0,55	0,24	0,15	1,12	-	-	< 12
9	Polishing Stone Value (PSV)							
	-sebelum	52,5			55			> 45
	-sesudah	50			53			

Tabel 5.
PENGUJIAN MUTU AGREGAT UNTUK CAMPURAN SPEK BINA MARGA IV.

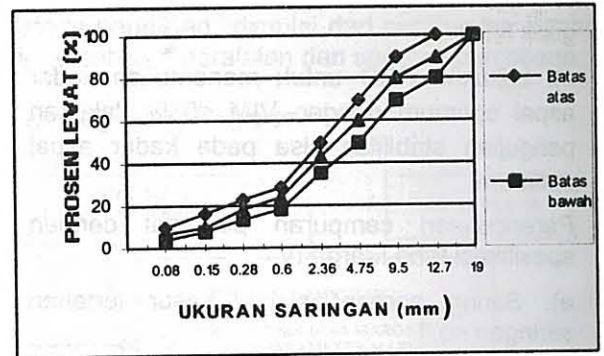
N o	Pengujian	Standar ex Pwk			Slag		Pasir ex Cimalaka Lolos # no.4
		Kasar	Sedang	Halus	Kasar Tertahan # no.4	Halus Lolos # no.4	
1	Analisa saringan, % lolos						
	1"	100			100		
	¾"	98,7			84,05		
	½"	39,6	100		33,82		
	3/8"	17,7	92,4	100	0,29	100	100
	No.4	5,1	36	99,8	-	58,86	82,28
	No.8	4,3	14,1	71,9	-	20,98	46,36
	No.30	2,6	8	36,9	-	12,02	31,31
	No.50	2,3	7,3	31,4	-	3,36	22
	No.100	2,2	5,8	22	-	2,97	12,41
	No.200	1,6	4,4	14,9	-		
2	Berat jenis						
	-Bulk	2,593	2,615	2,540	3,481	3,359	2,690
	-SSD	2,604	2,674	2,698	3,534	3,409	2,725
	-Apparent	2,754	2,779	2,824	3,678	3,533	2,787
3	Penyerapan	2,320	2,376	2,130	1,521	1,460	1,294
4	Setara Pasir	-	-	52,3	-	55,2	69,49

4.2. Perencanaan campuran beraspal dengan Spek Baru AC/WC



Gambar 3. Grafik pembagian butir spek baru AC Wearing

4.3. Perencanaan campuran beraspal dengan gradasi Spek Bina Marga IV



Gambar 4. Grafik pembagian butir spek Bina Marga IV

Tabel 6.
KADAR ASPAL OPTIMUM SPEK AC WEARING COURSE

No	Pengujian	Hasil			Syarat
		Aggregat standar	Aggregat slag	Aggregat kasar slag + agregat halus standar	
1	K.Aspal Optimum,%	6,05	6,0	5,8	-
2	Kepadatan,gr/cc	2,345	3,035	2,732	-
3	VMA,%	16,82	17,39	17,17	>15 %
4	VIM,%	3,7	3,7	3,9	>2,5 %
5	VFB,%	78,02	78,94	81,60	> 65%
6	Stabilitas, Kg	1159,7	1333,2	1360,9	> 800Kg
7	Flow, mm	3,6	3,9	3,2	3-5 mm
8	Marshall Quotient,kg/mm	325,3	338,5	371,1	>300
9	Stabilitas sisa,% semula	84	84,3	74,6	Kg/mm >75%

Tabel 7.
HASIL PENGUJIAN WHEEL TRACKING SPEK AC WEARING COURSE

Waktu	Lintasan	Jenis campuran	
		Aggr standar	Aggr slag
0	0	0	0
1	21	1,01	1,31
5	105	1,86	2,16
10	210	2,38	2,59
15	315	2,76	2,80
30	630	3,58	3,47
45	945	4,19	3,91
60	1260	4,67	4,34
DO		2,75	2,92
RD		0,032	0,029
DS		1312,5	1465,1

Tabel 8.
PENGUJIAN RESILIENT MODULUS PADA KADAR ASPAL OPTIMUM SPEK AC/WC

Pengujian	K.a optimum	Resilient modulus (Mpa) pada temperatur		
		25°C	35°C	45°C
		Standar	6,05	2666
Slag	6,0	2575,5	1075,3	600,5

Tabel 9.
KADAR ASPAL OPTIMUM SPEK BM IV

No	Pengujian	Hasil				Syarat
		Aggregat standar	Aggregat slag	Campuran 1 (agg kasar slag + agg halus standar)	Campuran 2 (agg kasar slag + agg halus slag + pasir)	
1	K.Aspal Optimum,%	6,5	6,8	6,4	7,0	-
2	Kepadatan,gr/cc	2,340	2,865	2,525	2,700	-
3	VMA,%	17,45	20,89	18,59	20,63	>16 %
4	VIM,%	3,80	4,63	3,38	5,0	3 - 5 %
5	VFB,%	78,23	77,98	81,83	75,22	> 65%
6	Stabilitas, Kg	1383	1527,5	1027,6	1138,5	> 800Kg
7	Flow, mm	3,37	3,73	3,50	4,07	> 2 mm
8	Marshall Quotient,kg/mm	411,1	409,5	293,6	254,9	200-500 Kg/mm
9	Stabilitas sisa, % semula	82,3	86,5	79,5	82,1	>75%

Tabel 10.
HASIL PENGUJIAN WHEEL TRACKING SPEK BM IV

Waktu	Lintasan	Jenis campuran			
		Aggr standar	Aggr slag	Campuran 1	Campuran 2
0	0	0	0	0	0
1	21	0,82	0,72	1,09	0,99
5	105	1,60	1,18	1,63	1,75
10	210	2,16	1,46	1,93	2,29
15	315	2,58	1,68	2,14	2,70
30	630	3,60	2,17	2,56	3,64
45	945	4,50	2,55	2,87	4,41
60	1260	5,41	2,91	3,12	5,13
DO		1,97	1,45	2,12	2,25
RD		0,0607	0,0243	0,0167	0,0480
DS		692,3	1802,1	2520	875

Tabel 11.
HASIL PENGUJIAN RESILIENT MODULUS PADA KADAR ASPAL OPTIMUM SPEK BM IV

Pengujian	K.a optimum	Resilient modulus (Mpa) pada temperatur			
		25°C	35°C	45°C	60°C
		Standar	6,5	3915	1541
Slag	6,4	3249	1458	891	258
Campuran 1	6,4	4203	1953	1070	385
Campuran 2	7,0	2780	794	524	230

4.4. Pembahasan

1. Perencanaan laboratorium campuran beraspal dengan spesifikasi AC/WC

a). Stabilisasi Marshall pada kadar aspal optimum agregat slag + standar mempunyai stabilitas lebih tinggi 17,3 % dan agregat slag mempunyai stabilitas lebih tinggi 15 % terhadap agregat standar.

b). Pengujian Wheel Tracking memperlihatkan campuran beraspal dengan agregat slag dan agregat standar. Penurunan deformasi campuran beraspal dengan agregat slag dan agregat standar hampir sama, kenaikan stabilitas dinamis agregat slag lebih tinggi 12 % terhadap agregat standar.

c). Pengujian Modulus dengan alat Ummata pada kadar aspal optimum setelah melalui PRD, campuran beraspal menggunakan agregat slag dan agregat standar mempunyai nilai yang sama

2. Hasil perencanaan campuran beraspal dengan Spek Bina Marga IV.

a). Stabilitas Marshall pada kadar aspal optimum, agregat slag mempunyai stabilitas lebih tinggi 10,4% terhadap agregat standar, untuk campuran 1 penurunan stabilitas sebesar 25,7% dan campuran 2 sebesar 17,7% terhadap standar.

b). Pengujian Wheel Tracking memperlihatkan campuran slag mempunyai penurunan deformasi sebesar 53,8% terhadap standar. Campuran 1 penurunan sebesar 57,7%. Campuran 2 penurunan deformasi sama dengan standar. Campuran beraspal dengan slag menunjukkan kenaikan stabilitas dinamis sebesar 2,6 kali, Campuran 1 sebesar 3,6 kali dan Campuran 2 sebesar 1,3 kali terhadap standar.

c). Pengujian resilient modulus pada kadar aspal optimum, menunjukkan resilient modulus (M_r), campuran 1 mempunyai modulus lebih tinggi dari agregat standar dan agregat slag. Campuran 2 mempunyai modulus terendah dari keseluruhan campuran. Campuran dengan agregat slag pada temperatur tinggi menunjukkan angka yang lebih kecil dari standar.

V. PELAKSANAAN LAPANGAN

5.1. Perhitungan lalu - lintas pada jalan Percobaan Cileunyi

Tabel 12.
EKIVALEN BEBAN SUMBU (ESA)
Jalan Percobaan Cileunyi

JENIS KENDARAAN	FAKTOR DISTRIBUSI	L.H.R 2000	E (FAKTOR)	KUMULATIF ESA		
				ESA-2000	ESA-2007	ESA-2012
M.P T/B Kecil & sedang	0.800	25.362	0.004	48.513	197.674	355.521
	0.600	669	0.061	19.615	79.923	143.743
Truk besar (T 1.2H)	0.700	1.598	1.065	949.525	3.869.009	6.958.499
	0.700	2.290	0.159	203.526	829.305	1.491.522
Bus besar						
Gandengan	0.700	20	1.320	14.390	58.634	105.455
				1.235.569	5.034.544	9.054.738

Keterangan :

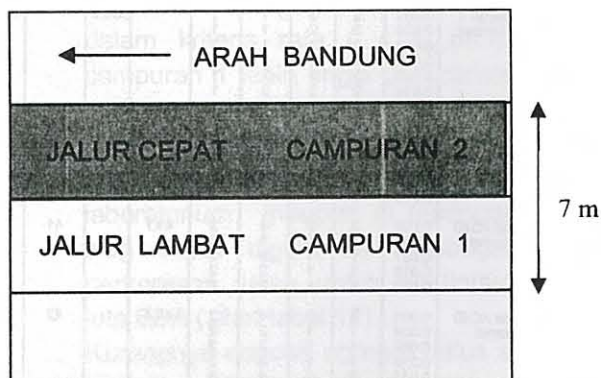
- Perkembangan lalu-lintas diestimasi semua kelas kendaraan sebesar 6% untuk 5 tahun pertama dan 3% untuk 5 tahun kedua .
- Kumulatif ESA = LHR x Faktor distribusi x Damaging Faktor (E) x $365 \times (((1 + r)^n) - 1/r)$ (Perencanaan tebal perkerasan lentur, 1987).

5.2. Percobaan Lapangan

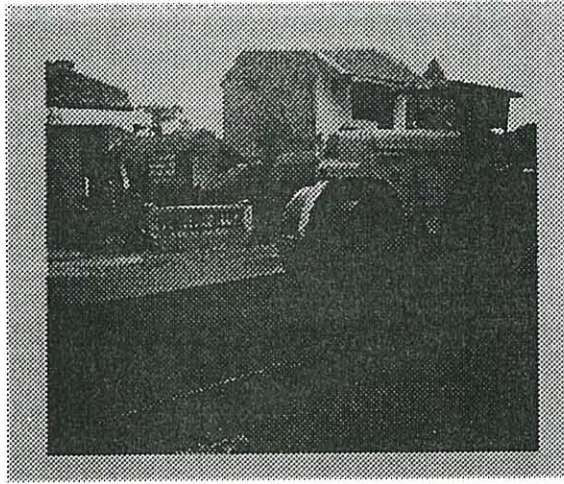
Percobaan lapangan dilaksanakan pada jalan percobaan Cileunyi dengan dua jalur, jalur cepat dan jalur lambat, masing-masing sepanjang 20 meter. Percobaan dilaksanakan pada tanggal 28 Oktober 2002.

Pelaksanaan lapangan terdiri dari dua macam campuran :

- 1). Campuran 1, terdiri dari agregat kasar slag (tertahan # No.4) dengan agregat halus standar (lolos # No.4) dengan perbandingan 40 : 60, kadar aspal optimum 6,4%
- 2). Campuran 2, terdiri dari agregat kasar slag (tertahan # No.4), agregat halus slag (lolos # No.4) dan pasir Cimalaka (lolos #No.4) dengan perbandingan 43 : 22: 35, kadar aspal optimum 7%.
- 3). Sebagai pembanding digunakan AC pen 60 berumur ± 3 bulan.



Gambar 5. Skema pelaksanaan lapangan pada jalan percobaan Cileunyi



Gambar 6.
Pelaksanaan percobaan lapangan

5.3. Pengamatan setelah pelaksanaan

5.3.1. Pengamatan setelah pelaksanaan

Tabel 13
HASIL PENGUJIAN CAMPURAN SETELAH
PELAKSANAAN

No	Jenis Campuran	Kepadatan (gr/cc)			Kadar aspal (%)		Gradasi (% lolos)		
		Lab	1 hr	1 bln	awal	setelah	gradasi	Awal	setelah
1	Campuran 1 Jalur lambat	JRD 2,330 (92% lab)	JRD 2,508 (100% lab)		6,5	6,7	100	100	100
		JRL 2,545 (100% Lab)	JRL 2,551 (100% lab)				5/4 3/8 No.4 No.8 No.30 No.50 No.100 No.200	87,4 80 60 42,5 23,5 18 12 7	87,4 71,4 48,1 33,8 17,4 13,0 8,0 4,9
2	Campuran 2 Jalur cepat.	JRD 2,565 (95% lab)	JRD 2,688 (100% lab)		7,0	6,23	100	100	100
		JRL 2,571 (95% lab)	JRL 2,642 (100% lab)				5/4 3/8 No.4 No.8 No.30 No.50 No.100 No.200	93,1 71,5 57,1 41,7 20,8 13,0 8,4 5,0	92,7 78,1 53,7 38,7 19,8 14,5 8,0 5,0

Tabel 14.
HASIL PENGAMATAN KONDISI SAMPAI UMUR 6 BULAN

No	Jenis campuran	Titik	Kondisi Alur (mm)				Kecelakaan (BPN)			
			1 Bulan		6 Bulan		1 Bulan		6 Bulan	
			JRL	JRD	JRL	JRD	Standar	Slag	Standar	Slag
1	Campuran 1 Jalur lambat	0.001	2	3	1	1		53,6		56
		0.004	3	2	1	1				
		0.007	2	3	1	3				
		0.010	2	3	1	2				
		0.013	3	2	2	1				
		0.016	2	2	2	1				
2	Campuran 2 Jalur cepat.	0.001	2	2	3	2		52,3		57
		0.004	3	2	3	2				
		0.007	2	2	1	1				
		0.010	1	3	1	1				
		0.013	2	2	1	2				
		0.016	3	2	1	1				
3	Standar AC 60 Jalur lambat	0.001	2	3	4	3	43,7		41	
		0.004	1	1	3	2				
		0.007	1	1	3	2				
		0.010	1	1	2	2				
		0.013	3	1	2	2				
4	Standar AC 60 Jalur cepat	0.001	3	2	4	3	45,4		42	
		0.004	1	1	3	2				
		0.007	1	1	3	2				
		0.010	1	1	3	2				
		0.013	2	2	4	3				

JRD = jejak roda dalam, JRL = jejak roda luar

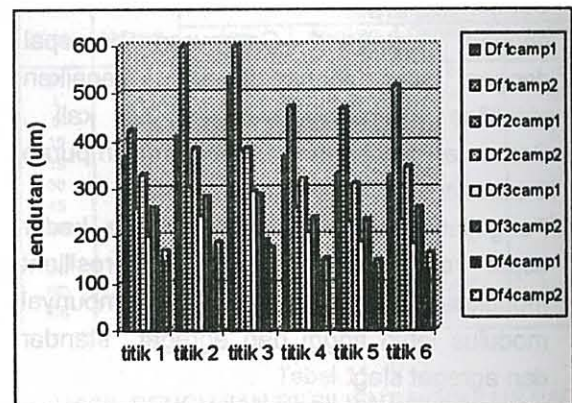
Tabel 15.
HASIL PENGAMATAN PERKERASAN
UMUR 1 BULAN DENGAN ALAT FWD

No	Jenis campuran	Titik	Lendutan (um)				Modulus (Mpa)		
			Df 1	Df 2	Df 3	Df 4	E 1	E 2	E 3
1	Campuran 1 Jalur lambat	0.001	346	238	189	133	2490	614	359
		0.004	411	310	242	171	3365	400	233
		0.007	530	386	299	198	2379	286	167
		0.010	416	308	244	175	3216	395	231
		0.013	362	280	224	159	5411	366	214
		0.016	348	251	202	145	3695	471	275
2	Jalur cepat.	0.001	416	324	251	170	3545	344	201
		0.004	558	408	308	206	1888	256	150
		0.007	555	399	309	203	2067	238	139
		0.010	486	356	274	176	2533	271	158
		0.013	424	305	229	151	2223	359	210
		0.016	447	331	258	169	3109	267	156

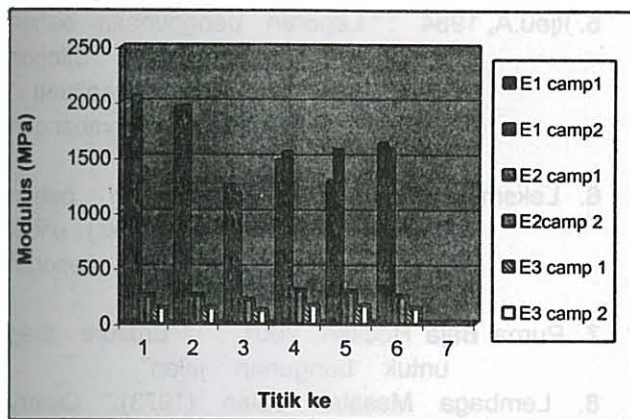
Tabel 16.
HASIL PENGAMATAN PERKERASAN
UMUR 6 BULAN DENGAN ALAT FWD

No	Jenis campuran	Titik	Lendutan (um)				Modulus (Mpa)		
			Df 1	Df 2	Df 3	Df 4	E 1	E 2	E 3
1	Campuran 1 Jalur lambat	0.001	366	258	200	144	1650	245	142
		0.004	409	301	242	175	1920	250	142
		0.007	532	381	293	192	1240	218	121
		0.010	365	259	207	148	1469	300	163
		0.013	330	232	189	137	1280	291	158
		0.016	327	233	185	126	1621	245	142
2	Campuran 2 Jalur cepat.	0.001	425	331	261	170	2045	246	140
		0.004	597	386	284	187	1960	249	141
		0.007	596	384	287	177	1166	209	119
		0.010	472	320	240	153	1544	291	165
		0.013	468	311	234	150	1562	283	161
		0.016	513	345	260	163	1575	236	134

5.3.2. Pembahasan hasil pengamatan umur 6 bulan.



Gambar 7. Hasil pengamatan lendutan umur 6 Bulan



Gambar 8. Hasil pengamatan modulus umur 6 bulan

Pada pengamatan umur 6 bulan, sifat perkerasan masih mengikuti pengamatan perkerasan umur 1 bulan yaitu: lendutan campuran 2 (slag + pasir) lebih tinggi dari campuran 1 (slag+ standar), sehingga modulus campuran 1 akan lebih tinggi dari modulus campuran 2. Lendutan masih memenuhi persyaratan < 2000 um, dan modulus masih memenuhi persyaratan > 200 Mpa, tidak terjadi retak, kekesatan > 55 BPN

VI. KESIMPULAN

6.1. Hasil perencanaan campuran beraspal menggunakan agregat slag di laboratorium menggunakan spesifikasi baru AC Wearing. Pada kadar aspal optimum, stabilitas Marshall campuran beraspal menggunakan slag lebih tinggi 16% terhadap standar, deformasi permanen antara agregat slag dan standar hampir sama, tetapi stabilitas dinamis campuran slag lebih tinggi 12% terhadap campuran standar.

Kekakuan (modulus resilient) antara agregat slag dan agregat standar hampir sama.

6.2. Hasil perencanaan campuran beraspal di laboratorium menggunakan spesifikasi BM IV terdiri dari 4 jenis campuran:

- Campuran pembanding agregat slag, terdiri dari agregat slag kasar, sedang dan halus dengan perbandingan 20 : 20 : 60.
- Campuran pembanding agregat standar, terdiri dari agregat standar kasar, sedang dan halus dengan perbandingan 20 : 18 : 62
- Campuran 1, terdiri dari agregat kasar slag (tertahan # no.4), agregat halus

standar (lolos # no.4) dengan perbandingan 40 : 60

- Campuran 2, terdiri dari agregat kasar slag (tertahan # no.4), agregat halus slag (lolos # no.4) dan pasir Cimalaka (lolos # no.4) dengan perbandingan 43:22:35.

Hasil pengujian Marshall pada kadar aspal optimum, campuran 2 mempunyai stabilitas lebih tinggi 11% dari campuran 1. Pada pengujian deformasi dengan alat Wheel Tracking campuran 1 mempunyai penurunan deformasi sebesar 42,3 % terhadap standar. Pengujian modulus Campuran 1 lebih tinggi 1,5 kali dari Campuran 2.

6.3. Untuk melihat kinerja campuran di lapangan, percobaan lapangan dilaksanakan pada jalan Percobaan Cileunyi, Bandung, sepanjang 20 meter pada jalur cepat dan jalur lambat dengan lebar perkerasan 7 meter, menggunakan spesifikasi Bina Marga IV sesuai point 6.2. Percobaan di lapangan dilakukan untuk Campuran 1 pada jalur lambat dan Campuran 2 pada jalur cepat yang akan diperbandingkan (lihat gambar 5.). Pencampuran dilakukan di AMP Kota Bandung, temperatur pemanasan campuran 160°C , temperatur pemadatan mulai dari 130°C dan berakhir pada 80°C , menggunakan pemadat roda besi dan roda karet.

Hasil pengujian setelah pelaksanaan pada umur 1 hari dapat dilihat pada Tabel.12.

6.4. Hasil pengamatan sampai umur 6 bulan, didapat hasil sebagai berikut : Pengujian kondisi perkerasan terdiri dari : Kondisi permukaan normal. Kelicinan, perkerasan slag lebih kesat (> 50 BPN), Lendutan masih dalam kriteria rata (< 2 mm), modulus campuran 1 lebih tinggi dari campuran 2 (> 200 Mpa), tidak terjadi keretakan.

6.5. Dari hasil pengkajian yang diperoleh di laboratorium maupun di lapangan, agregat slag dapat digunakan sebagai bahan perkerasan jalan, untuk lalu-lintas berat > 1 juta ESA (lihat tabel 12).

Kurangnya deposit agregat halus slag (lolos # no.4), sehingga untuk percobaan campuran pada pelaksanaan perlu dilakukan pencampuran dengan agregat lainnya (mixed aggregate)

6.6. Melihat hasil percobaan laboratorium dan lapangan campuran beraspal menggunakan agregat slag, maka dipandang perlu untuk dibuat suatu NSPM berupa Pedoman Penggunaan Agregat Slag untuk Bahan Perkerasan Jalan.

DAFTAR PUSTAKA

1. A.S.A 2002 : " A guide to the use of Iron and Steel Slag in Roads" Australian Slag Association, Wollongong,Australia.
2. Fred Waller, 1993 : "Use of Waste Materials in Hot Mix Asphalt ", ASTM STP 1193
3. Hendro Yassin 1985:" Laboratory performance of asphaltic concrete surface course containing various combinations of Steel Slag and Conventional aggregate"
Thesis Program Pasca Sarjana ITB.
4. Kurniadji. Anwar Yamin (2002):" Pemanfaatan bahan lokal sub standar untuk konstruksi perkerasan jalan" KRTJ Dempasar , 2002

5. Itjeu.A, 1984 : "Laporan penggunaan bahan buangan pabrik baja Cilegon (Slag), Cikande – Rangkasbitung " Pusat Penelitian dan Pengembangan Jalan .
6. Leksmningsih 2001:" Penggunaan bahan buangan (waste materials) untuk konstruksi prasarana jalan, Laporan Penelitian, Pustrans.
7. Purna Baja Heckett, 2001 : " Brosure Slag untuk bangunan jalan"
8. Lembaga Masalah Jalan (1973):" Quarry manual" Dept PU,Dit Jen Bina Marga , Bandung

Penulis :

Dra. Leksmningsih, Ahli Peneliti Muda pada Pusat Litbang Prasarana Transportasi, Badan Litbang Kimpraswil, Departemen Kimpraswil.

