

PENGUNAAN AGREGAT SUB STANDAR DAN AGREGAT LOKAL UNTUK CAMPURAN BERASPAL

Oleh :
Leksminingsih

RINGKASAN

Penelitian penggunaan agregat sub standar dan agregat lokal untuk bahan perkerasan jalan, meliputi perencanaan campuran beraspal menggunakan: agregat standar, agregat standar yang tidak memenuhi persyaratan, marmer, slag dan gamping. Dari ke lima jenis agregat itu yang memenuhi persyaratan untuk campuran beraspal adalah agregat standar, slag dan gamping. Agregat gamping mempunyai stabilitas Marshall tertinggi (1820 kg), stabilitas dinamis tertinggi dicapai oleh campuran beraspal menggunakan agregat slag (2100 lintasan/menit), penurunan deformasi permanen terendah oleh agregat slag. Modulus antara agregat slag dan standar mempunyai nilai yang sama, campuran dengan agregat gamping mempunyai modulus terendah pada 25°C lebih rendah 41% terhadap standar. Perencanaan campuran menggunakan agregat marmer tidak memperlihatkan hasil yang baik, stabilitas Marshall lebih rendah 16,7%, kenaikan deformasi 18% dan stabilitas dinamis turun 52% terhadap standar, begitu pula dengan agregat sub standar mempunyai nilai stabilitas sisa < 75% terhadap semula. Dengan hasil yang telah diperoleh di laboratorium ini, sebaiknya dilakukan uji coba di lapangan supaya mendapatkan hasil yang sesuai dengan kinerja di laboratorium.

SUMMARY

The study using sub standard aggregate and local aggregate for asphalt mixed, it covers mixed design asphalts using five aggregates, there are: standard aggregate, sub standard aggregate that not fulfill the specification, marble aggregate, slag aggregate and limestone aggregate. The results of the mixed asphalts there are, limestone aggregate had a Marshall stability more higher than a standard mixed, is 1820 kg, when slag aggregate have dynamic stability more higher than standard, is 2100 passing/minute, and permanent deformation also lower than a standard. The test of modulus resilient between slag and standard aggregate are similar, have a same number, but limestone aggregate have a lower modulus on 25°C, is 41% lower than a standard mixed. The aggregate that have a bad performance is marble aggregate, that have a low Marshall stability is 16,7%, deformation permanent increase 18% and dynamic stability is lower 52% than standard mixed, when the sub standard aggregate have a lower retain Marshall stability < 75% to original stability. To prove this result, it should be make an application on field, to know the similar performance on laboratory.

I. PENDAHULUAN

Agregat sub standar dan lokal sering digunakan untuk pembangunan jalan perintis yang umumnya dengan pendanaan yang sangat terbatas, dan disain konstruksi sederhana baik untuk perkerasan jalan maupun

perlengkapannya sehingga banyak jalan cepat rusak sebelum digunakan secara memadai.

Untuk menghasilkan jalan yang awet diperlukan konstruksi perkerasan yang kedap air dan berdaya dukung tinggi dan lapisan bawah yang dipadatkan dengan baik.

Sumber daya alam batuan yang berasal dari sungai maupun dari gunung sering dimanfaatkan untuk keperluan perkerasan jalan, sedangkan masih banyak sumber daya alam di daerah yang dapat digunakan sebagai bahan dasar untuk konstruksi jalan termasuk batu gamping (Hendro Moeljono,2002)

1.1. Tujuan

Penelitian untuk menentukan proses penggunaan agregat sub standar dan agregat lokal agar dapat digunakan sebagai bahan perkerasan jalan.

1.3. Sasaran

Penelitian untuk mengevaluasi penggunaan agregat sub standar dan agregat lokal sebagai bahan perkerasan jalan, evaluasi dilihat dari kinerja campuran beraspal menggunakan agregat sub standar dan agregat lokal dibandingkan dengan menggunakan agregat standar.

II. KAJIAN PUSTAKA

2.1. Agregat

Agregat sub standar sebagai contoh adalah : agregat marmer, agregat standar yang tidak memenuhi persyaratan disebut dengan sub standar.

Agregat lokal seperti agregat gamping dan agregat slag digunakan untuk bahan perkerasan jalan dan sebagai pembanding digunakan agregat standar yang memenuhi persyaratan.

Jumlah agregat di dalam campuran perkerasan jalan berkisar antara 90-95% bagian berat atau 75-85% bagian volume, sisanya terbentuk dari aspal dan mineral pengisi (filler) Agregat merupakan bahan utama yang turut menahan beban yang ditanggung oleh perkerasan jalan, untuk dapat mempunyai daya dukung yang baik diperlukan mutu dan keawetan dari perkerasan jalan yang sangat ditentukan oleh sifat agregat dan hasil campuran beraspal.

Sifat - sifat agregat yang dapat menentukan kualitas sebagai bahan perkerasan jalan dapat dikelompokkan dalam 3 kelompok :

- a. Kekuatan dan keawetan perkerasan jalan dipengaruhi oleh:
 - ukuran dan gradasi
 - kebersihan
 - kekerasan
 - ketahanan/kekuatan
 - bentuk butir
 - tekstur permukaan
- b. Kemampuan dilapisi aspal (kelekatan) yang baik dipengaruhi oleh :
 - Porositas
 - Kadar air agregat
 - Jenis agregat
- c. Kemudahan dalam pelaksanaan, lapisan perkerasan dapat tetap baik karena pengaruh :
 - Tahanan geser
 - Kemudahan pencampuran dalam pelaksanaan

2.2. Agregat lokal yang terdapat di alam

Agregat yang dapat dipergunakan sebagaimana bentuknya di alam dengan sedikit proses pengolahan. Agregat terbentuk karena proses erosi dan degradasi membentuk partikel-partikel dengan permukaan kasar. Agregat alam tanpa mengalami proses pengolahan adalah kerikil dengan ukuran partikel > 6.35 mm, pasir dengan ukuran < 6.35 mm. Agregat alam setelah melalui proses pemecahan dapat digunakan sebagai bahan perkerasan jalan.

Proses pemecahan dilakukan supaya diperoleh :

- bentuk partikel bersudut dan kubus
- bentuk partikel kasar sehingga menghasilkan gesekan yang baik
- gradasi sesuai yang diinginkan

Contoh yang mengalami proses pemecahan dari agregat alam adalah: agregat standar dan gamping.

Batu kapur (lime stone)

Terdapat di beberapa daerah di Indonesia: Padalarang, Tasikmalaya (Jawa Barat), G.Kidul, Wonosari (D.I. Yogyakarta), Jawa Timur, Bali, Sulawesi, Kalimantan Timur, Nusa Tenggara Timur, Maluku dan Irian Jaya.

Kekerasan batu kapur termasuk pada grup batuan sedimen dimana mempunyai kadar CaCO_3 yang tinggi dibandingkan unsur kimia lainnya. Keawetan dan kekerasannya sangat

bervariasi, batu kapur yang terletak pada sedimen muda merupakan batuan yang baik karena mengandung kristalin tidak mudah kropos, porositas tinggi umumnya berwarna abu2 hingga putih (Sjahdanulirwan, Widajat,D.2002)

Di lapangan terdapat bermacam-macam tipe batu kapur sehingga menunjukkan sifat fisik dan mekanik yang sangat bervariasi, ini ditunjukkan oleh daya absorpsi terhadap air, makin besar penyerapan maka kekerasan makin rendah, sehingga pemilihan batu kapur yang mempunyai absorpsi rendah dapat dipakai sebagai acuan untuk digunakan sebagai bahan perkerasan jalan, setelah dilakukan pengujian lebih lanjut.

Disamping kekerasannya beberapa jenis batu kapur seperti marmar mempunyai kelemahan yaitu pelekatan terhadap aspal kurang.

2.3. Agregat buatan/lokal

Dapat berupa bahan slag yang merupakan bahan buangan dari pabrik besi/baja. Berbentuk kasar (granular) dan halus (fine), dimana produksi mencapai 150 Ton/hari. Slag besi/baja digunakan pada beberapa negara: Kanada, Inggris, Italia, dan Amerika, tidak hanya sebagai bahan perkerasan jalan, juga untuk beton semen dan industri bangunan. Jadi slag bukan sekedar bahan buangan tetapi merupakan produk samping dari pabrik besi / baja. Slag dapat

digunakan sebagai agregat alternatif untuk menggantikan agregat standar.

Terbentuknya slag tergantung kepada proses pendinginan setelah keluar dari tungku pemanasan ada dua jenis yaitu:

2.3.1. Air - Cooled Slag,

Slag cair dari tungku dituang kedalam pits dan dilakukan proses pendinginan dengan tekanan menyebabkan slag pecah menjadi bagian-bagian kecil, hasil pemecahan disebut dengan crushed air cooled slag mempunyai BJ yang tinggi >3, keausan dengan alat abrasi adalah 20 s.d. 35%, bentuk angular/kubus, ketahanan terhadap kelincinan dan pelepasan batuan baik, sifat keausan menjadi sifat utama dari agregat slag untuk bahan konstruksi jalan.

Pada beberapa negara, slag digunakan untuk mengganti agregat standar untuk bahan perkerasan jalan, akan tetapi pemakaian aspal sedikit lebih tinggi dari standar oleh karena masuknya aspal kedalam porous slag, sedang untuk beton semen membutuhkan tambahan air bila campuran terlihat kasar, semua ini ditentukan berdasarkan pengalaman selama pengujian di laboratorium.

Batasan penggunaan slag untuk beton semen adalah dari sifat reaktifitasnya terhadap semen. Belum adanya persyaratan slag untuk bahan perkerasan jalan, sehingga persyaratan hanya mengikuti persyaratan agregat

standar (gradasi, keausan, kelekatan dll).



Gambar 1. Butiran agregat slag

2.3.2. Granulated Slag

Granulated slag diproduksi sebagai gumpalan slag panas yang dimasukkan kedalam aliran air dan pecahannya ditampung pada reservoir pengumpul, selanjutnya diikuti penyaringan pada aliran air, gumpalan slag dihancurkan dengan tekanan tinggi dari pompa air. Menjadi butiran yang mempunyai ukuran 0–3 mm, permukaan kasar mempunyai struktur gelembung, mudah pecah dan mengandung kadar air 5 s.d. 25%.

Di banyak negara penggunaan granulated slag sebagai bahan pengganti agregat standar untuk perkerasan jalan, disamping untuk lapis permukaan, base atau sub-base, penggunaan yang sama dengan crushed air cooled slag. Pada tahun 1961 di Amerika granulated

slag digunakan sebagai binder untuk Gravel – Slag , diproduksi di tempat pencampuran (mixing plant), terdiri dari campuran agregat standar ditambah 15 s.d. 20% Granulated Slag dengan penambahan 1% Basic Activator (Hydrated Lime) dan kadar air 10%.

Pada tahun 1974, di Perancis 48% produksi granulated-slag digunakan untuk perkerasan jalan, 50 % untuk industri beton semen, dan kini diikuti oleh negara-negara Italia, Hungaria, Luxemburg, Algeria dan Tunisia yang telah menggunakan slag. Sukses di Perancis diikuti dengan pengembangan teknik penggunaan Crushed air cooled slag dan Granulated-slag sebagai agregat atau sebagai hidraulic binder. Pada teknik baru yang disebut dengan Ready Mix Gravel Slag dan Precrushed Granulated Slag dengan penambahan pasir untuk menahan retak.

2.4. Pengujian agregat

Untuk mendapatkan agregat yang bermutu tinggi, agregat yang digunakan harus bersih, kering, mendekati bentuk kubus, dengan permukaan yang tajam. Hampir seluruh agregat alam yang digunakan harus diolah dulu, dan harus melibatkan mesin pemecah batu dalam pengolahan, walaupun pengolahan akan meningkatkan harga agregat, mutunya akan meningkat pula dan sebagai akibatnya meningkatkan umur dari perkerasan jalan.

Beberapa pengujian yang banyak tidak memenuhi persyaratan untuk agregat sub standar adalah:

1). Setara Pasir

Diantara batuan ada yang mengandung bahan asing yang dapat merugikan campuran beraspal, batuan tersebut dapat digunakan bila bahan asing telah dikurangi. Bahan yang terdapat dalam pasir/agregat halus <0,1 mm adalah sisa-sisa tumbuhan, shale, butiran lunak, gumpalan tanah liat.

Kebersihan batuan dari debu dan zat organik berpengaruh terhadap pelekatan. dan dapat dilihat secara visual, tetapi dengan analisa saringan # no.4, disertai pencucian untuk menghilangkan kotoran akan memberikan hasil positif dengan pelarut $CaCl_2$, gliserin, formaldehida, untuk agregat kasar >50%, untuk pondasi >25%.

2). Bentuk butiran

Bentuk butiran disamping dapat mempengaruhi cara pengerjaan campuran perkerasan, dapat pula merubah kemampuan untuk pemampatan yang diperlukan untuk mencapai kepadatan (density) yang diinginkan. Bentuk butiran mempunyai pengaruh terhadap kekuatan perkerasan aspal. Butiran yang tidak berbentuk atau yang bersudut seperti batu pecah, batu kerikil dan pasir mempunyai kecenderungan untuk saling mengunci satu dengan lainnya (interlock), bila dipadatkan umumnya saling mengikat dengan baik dan diperoleh bilamana kita mempunyai butiran yang bundar tidak mempunyai sifat saling mengunci. Butiran yang bundar seperti pasir alam (natural gravels) dan pasir dari

dasar sungai, dapat digunakan untuk perkerasan jalan terutama untuk campuran gradasi rapat (dense graded)

Batu fraksi kasar adalah batu pecah/batu kerikil pecah, sedangkan batuan berbutir halus (6,33 mm = kerikil), biasanya pasir alam dengan bentuk bundar. Kekuatan campuran tergantung ke pada jenis batu pecah, sedangkan cara pengerjaannya dan mudah tidaknya dipadatkan tergantung kepada butiran halusny. Agregat kubus akan memberikan hasil terbaik dalam segala segi, merupakan bentuk yang seharusnya dicapai dalam pengolahan bahan. Agregat pipih dapat membentuk kekuatan, kepadatan dan daya pengerjaan yang baik, hanya batuan ini mudah pecah akibat penggilasan dan akan merusak gradasi yang direncanakan.

3) Daya lekat terhadap aspal

Stripping yaitu pemisahan aspal dari batuan akibat pengaruh air, dapat membuat batuan tidak sesuai digunakan sebagai bahan campuran beraspal, bahan dapat bersifat hydrophylic (suka terhadap air) batuan yang mengandung silika seperti kwarsa dan jenis granit tertentu merupakan contoh agregat yang mempunyai sifat pelepasan (stripping)

Jenis batuan yang menunjukkan sifat ketahanan yang tinggi terhadap pemisahan film aspal (film stripping) biasanya merupakan batuan yang sesuai untuk campuran beraspal, bersifat hydrophobic Batu kapur (limestone) dolomit dan trap rock mempunyai ketahanan yang tinggi terhadap pelepasan.

III. PROSES TERJADINYA BATUAN

Secara geologis, klasifikasi batuan dibagi dalam :

3.1. Batuan endapan (Sedimentary Rocks)

Tabel 1
Pembagian Butir Batuan Sedimen

Ukuran	Klastik		Calcareous	Siliceous
	Unlithified	Lithified		
>200 mm 60 – 200 mm 2 – 60 mm	Boulder Cobbles Gravel	Konglomerat /Breccia	Batu kapur Limestone Dolomit	Chert Flint Tufa
600µm – 2mm 200 – 600 µm 60 - 200µm	Kasar Sedang Pasir Halus	Sandstone/ Batu pasir	Carbonaceous Coal/ Batu bara	Sandstone
2 - 60µm < 2µm	Silt / lanau Clay/lempung	Silt stone Mud stone	Diatomae earth	Grit Arkose

Sifat batu endapan :

Batu gamping (Limestone): Lebih lunak dari batu vulkanik, mempunyai cukup kekuatan untuk perkerasan jalan, warna muda berat jenis 2,65 - 2,75 mempunyai daya lekat yang baik terhadap aspal.

Dolomit: Sebagian dari Calcit (CaCO_3) ditempati oleh Dolomit Ca Mg (CO_3)₂, bersifat seperti batu kapur tetapi lebih kuat mempunyai berat jenis 2,77-2,80

Kapur: Tidak dapat digunakan untuk perkerasan jalan, mengandung SiO_2 (quartz, chalcedony)

Batu pasir (Sand stone): Sama kuatnya dengan batu vulkanik berwarna merah, biru, hijau dan abu2, berat jenis 2,6 - 2,75, daya lekat tidak sebaik limestone

Kwarsa : Daya lekat tidak baik, sangat keras, mengandung Argil (lempung untuk keramik)

3.2. Batuan Vulkanik (Igneous Rocks)

Batu vulkanik akibat pendinginan bahan yang meleleh akibat panas (magma) terdapat dibawah kerak bumi.

Dibagi 2 macam:

- Extrusif, yang keluar dari permukaan bumi seperti letusan gunung berapi misalnya struktur menyerupai gelas Rhyolit, Andesit dan basalt, sifat berbutir, keras dan cenderung getas.
- Intrusif, terbentuk di dalam akibat pendinginan dan pembekuan berbentuk kristalin misalnya: granit, diorit, gabbro, berbutir kasar, keras dan dapat menjadi getas kalau ukurannya cukup besar.

Tabel 2
Pembagian batuan vulkanik

	Acid	Intermediate	Basic	Ultra Basic
Silika (%)	> 65	55 - 65	45 - 55	< 45
Kadar kwarsa	Banyak kwarsa	Sedikit kwarsa	Hampir tidak mengandung kwarsa	Tidak mengandung kwarsa
Warna	Pucat	Pucat sedikit gelap	Gelap	Sangat gelap
Berat jenis	2,4 - 2,7	2,7 - 2,8	2,8 - 3,0	> 3,0
Butir kasar (> 2mm)	Granit	Diorite	Gabbro	Peridotite
Butir sedang (0,5 - 2 mm)	Mikro granite	Mikro diorite	Dolerite	-
Butir halus (< 0,5 mm)	Rhyolite	Andesite	Basalt	-

Sifat batuan vulkanik:

Batuan yang baik tidak pecah selama digunakan sebagai bahan perkerasan jalan contoh batuan andesit atau basalt, batuan ini mempunyai sifat yang baik pelekatan yang baik terhadap aspal.

3.3 Batuan Metamorphik (Metamorphic rocks)

Terbentuk akibat modifikasi dari batuan sedimen dan batuan vulkanik, sebagai hasil tekanan yang kuat dan pelapukan. Ciri untuk membedakan batuan metamorphik ialah terbentuknya susunan bidang-bidang dasar paralel yang mengandung bahan-bahan mineral yang membentuk batuan tersebut.

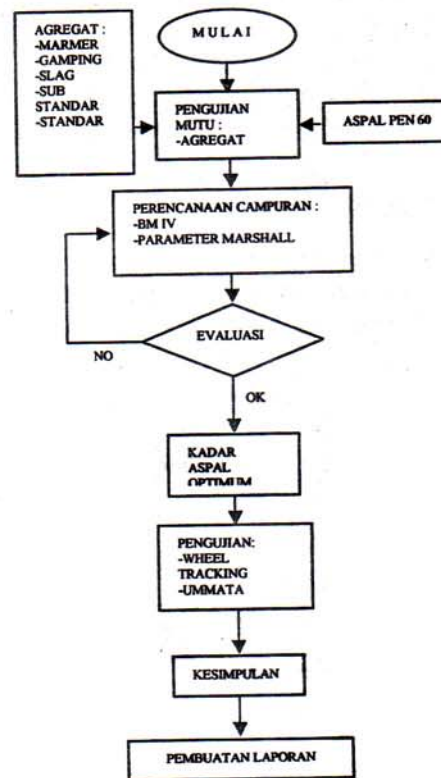
Tabel 3
Pembagian jenis batuan asal dan proses perubahan menjadi batuan Metamorphic

ORIGINAL ROCK TYPE	REGIONAL METAMORPHIC	THERMAL METAMORPHIC
SCHIST GROUP	- PHYLLITE - SCHIST - SLATE	-
HORNFELS GROUP	Tidak ada	HORNFELS
QUARTZITE GROUP	Tidak ada	QUARTZITE
GRANITE GROUP	- GNEISS - GRANULATE	-
GABBRO GROUP	BASIC GNEISS	-
LIMESTONE GROUP	Tidak ada	MARBLE
BASALT GROUP	-EPIDIORITE	-

IV. METODOLOGI

Metode penelitian meliputi pembuatan Bagan alir penelitian, peralatan, sample penelitian dan standar yang digunakan.

4.1. Bagan alir penelitian



Gambar 2 Bagan alir penelitian

4.2. Peralatan dan Sampel Pengujian

4.2.1. Peralatan yang digunakan

- Peralatan pengujian aspal
- Peralatan pengujian agregat
- Peralatan Marshall
- Peralatan WTM

Hasil pengujian lanjutan

No	Pengujian	Agregat Sub Standar			Agregat Standar			Syarat
		Kasar	Sdang	Halus	Kasar	Sdang	Halus	
1	Analisa Saringan, % lolos							
	1"	100			100	100		
	# 3/4 "	60,79			96,70	92,2		
	# 1/2 "	31,20			3,7	62,3		
	# 3/8"	100	100		0,7	10,3	100	
	No.4	0,91	99,8	95,74	0,4	3,3	66,0	
	No.8		71,9	72,18	0,2	2,1	26,4	
	No.30		36,9	35,48	0,3	2,3	35,1	
	No.50		31,4	29,33	0,2	1,5	15,4	
	No.100		32,0	18,23	1,5	1,5	12,8	
	No.200		14,9	7,89	1,5	1,5		
2	Berat jenis	2,685	2,602	2,530	2,603	2,613	2,640	>2,5
	- Bulk	2,782	2,639	2,590	2,664	2,675	2,700	>2,5
	- SSD	2,975	2,743	2,710	2,772	2,786	2,803	>2,5
	- Apparent	2,830	2,920	2,560	2,333	2,375	2,120	>3,0
	- Penyerapan	19,72	18,1	-	14,4	19,2	-	<40
3	Keausan	95+	95+	-	95+	-	-	95+
4	Kelekatkan	16,45	14,3	-	-	14,7	-	<30
5	Impact	-	-	42	-	-	54,11	>50
6	Setara Pasir	41,25	31,26	-	14,16	23,2	-	<25
7	Indek Kepipihan	-	-	-	-	-	-	<25
8	Pelapukan	-	-	-	-	-	-	<12

Hasil pengujian agregat (lanjutan)

No	Pengujian	Agregat Gamping			Metode	Syarat
		Kasar	Sdg	Halus		
1	Analisa Saringan, % lolos				SNI 03-1968-1990	
	1"	100				
	# 3/4 "	49,54	100	100		
	# 1/2 "	15,50	99,9	91,2		
	# 3/8"	3,41	60,9	73,3		
	No.4	1,12	1,7	45,3		
	No.8	0,71	0,7	33,5		
	No.30	-	0,6	15,3		
	No.50	-	-	10,0		
	No.100	-	-	6,6		
	No.200	-	-	5,6		
2	Berat jenis				SNI 03-1969-1990	>2,5
	- Bulk	2,505	2,685	2,694		>2,5
	- SSD	2,515	2,716	2,701		>2,5
	- Apparent	2,530	2,728	2,713		>2,5
	- Penyerapan	0,401	0,878	0,259		>3,0
3	Keausan	35,17	-	-	SNI 06-2417-1991	<40
4	Kelekatkan	95+	95+	-	SNI 06-2439-1991	95+
5	Impact	15,74	-	-	SNI 06-2426-1997	<30
6	Setara Pasir	-	-	54,35	SNI 06-4428-1997	>50
7	Indek Kepipihan	19,0	-	-	BS 812 - 1975	<25
8	Pelapukan	1,27	-	-	SNI 03-3407-1994	<12

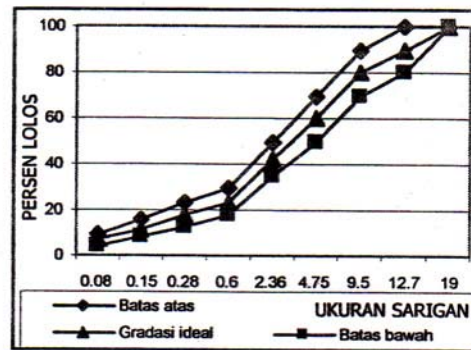
5.2. Hasil perencanaan campuran

Perencanaan campuran dengan spesifikasi Bina Marga IV meliputi; Parameter Marshall, pengujian Wheel Tracking dan Pengujian Modulus

Tabel 6

Perencanaan campuran spek BM IV.

Ukuran saringan	1/2"	3/8"	No.4	No.8	No.30	No.50	No.100	No.200
Batas atas	100	100	90	70	50	29	23	16
Batas bawah	100	80	70	50	35	18	13	8
Gradasi ideal	100	90	80	60	42,5	23,5	18	12



Gambar 3 Gradasi campuran Spesifikasi Bina Marga IV

Tabel 7
Parameter Marshall

No	Parameter	campuran berhasil dengan agregat					Syarat RSNI M 01-2003
		standar	Sub standar	Farmer	Slag	Gamping	
1	K _{Aspal} Optimum, %	6,8	6,5	5,5	6,4	6,55	-
2	Kepadatan, gr/cc	2,302	2,322	2,421	2,865	2,275	-
3	VMA, %	16,61	17,69	14,81	20,89	17,4	>16 %
4	VIM, %	3,77	3,66	2,82	4,63	72,0	3 - 5 %
5	VFB, %	77,45	79,30	80,59	77,98	4,85	> 65%
6	Stabilitas, Kg	1191,6	1168,9	992,1	1527,5	1820	>550Kg
7	Flow, mm	3,29	3,53	3,13	3,73	3,2	>2 mm
8	Marshall Quotient, kg/mm	356,4	337,6	318,6	409,5	625	200 - 500 Kg/mm
9	Stabilitas sisa, % semula	79,2	72,8	79,1	86,5	87,9	>75%

Tabel 8
 Hasil penurunan deformasi dan stabilitas dinamis dengan alat Wheel Tracking
 (JIS Appendix 2 –JRA- 1981)

Waktu	Lintasan	Campuran beraspal menggunakan agregat				
		Standar	Sub Standar	Marmmer	Slag	Gamping
0	0	0	0	0	0	0
1	21	1,4	0,99	1,70	0,69	1,03
5	105	2,8	2,13	2,90	1,26	1,76
10	210	3,7	2,96	3,80	1,60	2,23
15	315	4,3	3,62	4,50	1,84	2,57
30	630	6,0	5,36	6,30	2,33	3,31
45	945	7,0	6,93	8,10	2,71	3,86
60	1260	8,2	8,28	9,80	3,01	4,32
DO		3,6	2,80	2,97	1,82	2,48
RD		0,0747	0,0900	0,1133	0,020	0,0307
DS		562,5	466,70	370,6	2100	1369,6

Tabel 9
 Hasil pengujian Modulus Resilient

Pengujian	Kadar Aspal Optimum	Resilient modulus (Mpa) pada temperatur		
		25°C	35°C	45°C
Standar	6,8	2666	1060,3	620,8
Slag	6,4	2575,5	1075,3	600,5
Gamping	6,55	1561,7	875,7	394,9

5.3. Pembahasan

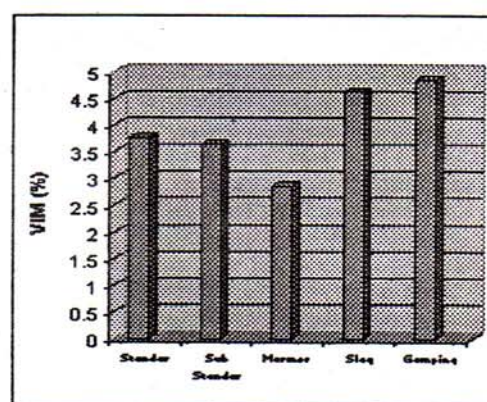
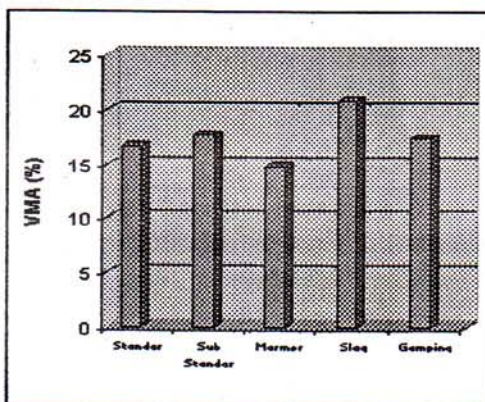
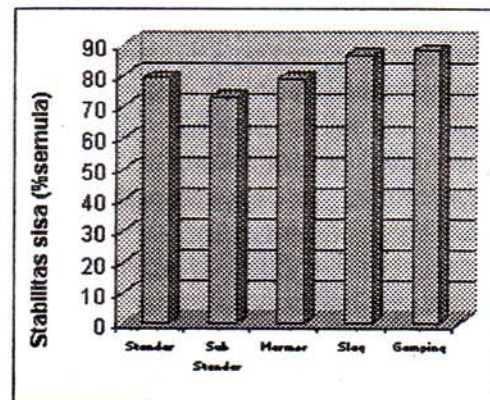
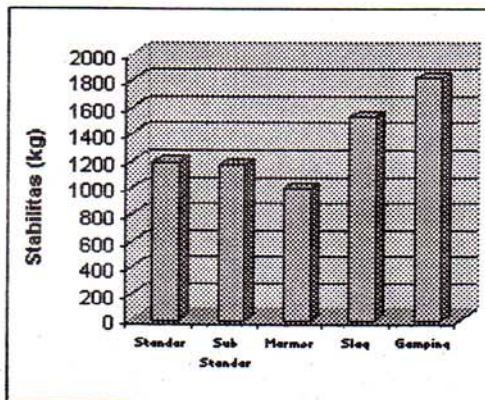
1) Parameter Marshal

Parameter Marshall dari campuran beraspal dengan spesifikasi Bina Marga IV sebagai berikut : dari ke 5 jenis agregat yang digunakan, yang tidak memenuhi persyaratan campuran adalah :

- a. Agregat marmer tidak memenuhi persyaratan Marshall dimana VMA hanya mencapai 14,81%, VIM terlalu rendah 2,87%, ini disebabkan pada pengujian mutu agregat marmer tidak memenuhi persyaratan yaitu pelekatan terhadap aspal (<95%).

b. Agregat sub standar juga tidak memenuhi persyaratan campuran berhasil, karena mempunyai stabilitas sisa 72,8%, bila dilihat dari mutu agregat tidak memenuhi pada pengujian kepipihan agregat (>25%).

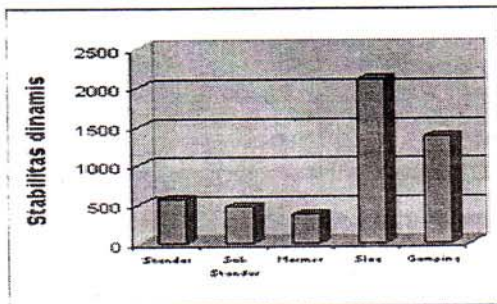
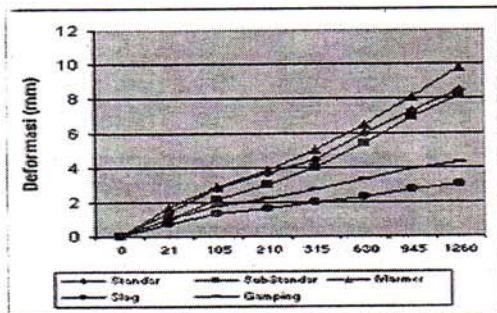
c. Agregat slag, gamping dan standar memenuhi kriteria Marshall, kenaikan stabilitas Marshall pada agregat gamping sebesar 52,7%, dan agregat slag 28,2% terhadap agregat standar seperti terlihat pada gambar berikut:



Gambar 4 Kriteria Marshall campuran berhasil

2). Pengujian Wheel Tracking

- a. Pengujian Wheel Tracking dari campuran beraspal dengan spesifikasi Bina Marga IV sebagai berikut, agregat slag mempunyai penurunan deformasi lebih rendah 63,3% dan stabilitas dinamis setinggi 2,7 kali terhadap agregat standar, selanjutnya diikuti oleh agregat gamping mempunyai penurunan deformasi sebesar 50% dan stabilitas dinamis 2,4 kali terhadap agregat standar.
- b. Deformasi tertinggi adalah pada agregat marmer kenaikan 19,5% dan stabilitas dinamis lebih rendah 34,1 % terhadap standar, seperti digambarkan dibawah ini :



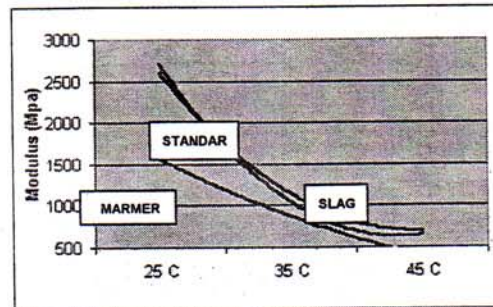
Gambar 5. Deformasi dan stabilitas dinamis campuran beraspal

3). Pengujian modulus resilient

Pengujian modulus hanya dilakukan terhadap campuran beraspal menggunakan agregat slag, gamping dan standar, semuanya ini memenuhi persyaratan campuran beraspal.

Modulus tertinggi pada agregat standar dan agregat slag yang mempunyai nilai hampir sama, modulus terendah pada agregat gamping, untuk selanjutnya penerapan agregat gamping disarankan untuk jalan dengan lalu-lintas sedang.

Seperti digambarkan pada gambar dibawah ini.



Gambar 6 Modulus Resilient campuran beraspal

VI. KESIMPULAN DAN SARAN

- 6.1. Agregat slag sesuai gradasi di lapangan terdiri dari tiga fraksi: Kasar, lolos # 3/4" tertahan # 3/8". Sedang lolos # 3/8" tertahan # No.4 dan Halus lolos # No.4, agregat slag dapat digunakan

sebagai agregat pengganti untuk campuran beraspal spek karena memenuhi persyaratan agregat standar. Dengan kadar aspal optimum 6,4 % kenaikan angka stabilitas 28% terhadap agregat standar, penurunan deformasi permanen sebesar 50% dan stabilitas dinamis naik sebesar 2,7 kali terhadap standar. Kekakuan yang diuji dengan modulus resilient mempunyai nilai yang sama dengan agregat standar

- 6.2. Agregat gamping dengan kadar aspal optimum 6,55%, mempunyai kenaikan stabilitas Marshall sebesar 52,7%, deformasi permanen mengalami penurunan sebesar 50% dan stabilitas dinamis naik sebesar 2,4 kali terhadap standar. Modulus resilient lebih rendah dari agregat standar dan slag, untuk itu disarankan campuran ini digunakan untuk jalan dengan lalu-lintas sedang.
- 6.3. Agregat marmer belum dapat digunakan sebagai agregat untuk campuran beraspal karena mempunyai pelekatan yang rendah (95-), menyebabkan rendahnya stabilitas Marshall (15% terhadap standar), VMA < 16% dan VIM < 3% mempunyai deformasi permanen lebih tinggi 19% dan stabilitas dinamis lebih rendah 34% dari standar.

6.4. Agregat sub standar tidak memenuhi kriteria Marshall karena mempunyai stabilitas sisa <75% terhadap semula, stabilitas Marshall lebih rendah 2%, penurunan deformasi permanen sama dengan agregat standar, stabilitas dinamis 17% lebih rendah dari agregat standar.

- 6.5. Dengan hasil yang telah diperoleh di laboratorium untuk bahan sub standar, marmer, slag dan gamping, yang dapat digunakan sebagai bahan perkerasan jalan adalah: agregat slag, gamping dan standar. Untuk selanjutnya disarankan untuk dilakukan percobaan dalam skala penuh di lapangan.

DAFTAR PUSTAKA

1. A.S.A 2002: "A guide to 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 Moeljono, J. (2002): "Pemanfaatan sumber daya alam yang tersedia dan inovasi teknologi dalam pembangunan jalan perintis di wilayah Indonesia Bagian Timur" KRTJ Dempasar, 2002.
4. Kurniadji. Anwar Yamin (2002): "Pemanfaatan bahan lokal sub standar untuk konstruksi perkerasan jalan" KRTJ Dempasar, 2005.

5. Leksmorningsih 2001: "Penggunaan agregat sub standar dan slag untuk Konstruksi Prasarana Jalan, Laporan Penelitian Pustrans.
6. Lembaga Masalah Jalan, 1973: "Quarry manual" Dept PU, Dit Jen Bina Marga. Bandung
7. Purna Baja Heckett, 2001: "Brosure Slag untuk bangunan jalan"
8. Sjahdanulirwan, M. Djoko Widajat (2002): "Beberapa pola disain dan bahan sub standar sebagai salah satu upaya mempermudah dan mempercepat pembangunan Indonesia Bagian Timur" KRTJ ke 7 Denpasar 2002

Penulis :

Leksmorningsih, Ahli Peneliti Utama pada Pusat Litbang Jalan dan Jembatan, Badan Litbang Departemen Pekerjaan Umum