

PENGUNAAN ABU DASAR BATUBARA SEBAGAI PENGGANTI SEBAGIAN AGREGAT HALUS PADA CAMPURAN LATASIR B TERHADAP KARAKTERISTIK MARSHALL

Basic Use of Coal Ash to Replace Some Fine Aggregate on Characteristics of Mixed Latasir B Marshall

Roza Gusman¹ & Alik Ansyori²

^{1,2}Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik – Universitas Muhammadiyah Malang
Alamat korespondensi : Jalan Raya Tlogomas 246 Malang 65144

Abstract

Coal bottom ash is the residue from the burning of coal in thermal power plants. The use of coal bottom ash as an alternative material mix pavement is one way to take advantage of these residues. This study aimed to determine the effect of the use and the quantity of coal bottom ash as partial replacement of fine aggregate characteristics that meet the requirements for mixed marshall latasir B. Partial replacement of fine aggregate with coal bottom ash is made with a variation of 5%, 10%, 15%, 20%, 25%, 30%, and 35% of the total proportion of fine aggregate. Results of the study note that the use of coal bottom ash generally improves the quality mix latasir B. Latasir mixture B which has the characteristics of the best marshal is on the basis of coal ash content of 17.2%.

Keywords: *latasir B asphalt mixtures, coal bottom ash, marshall characteristics.*

Abstrak

Bottom ash batubara adalah residu dari pembakaran batubara di pembangkit listrik termal . Penggunaan batubara bawah abu sebagai alternatif campuran bahan perkerasan adalah salah satu cara untuk mengambil keuntungan dari residu tersebut . Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penggunaan dan kuantitas bawah abu batubara sebagai pengganti parsial karakteristik agregat halus yang memenuhi persyaratan untuk campuran marshall latasir B. pengganti parsial agregat halus dengan bottom ash batubara dibuat dengan variasi 5 % , 10 % , 15 % , 20 % , 25 % , 30 % , dan 35 % dari total proporsi agregat halus . Hasil penelitian mencatat bahwa penggunaan bottom ash batubara umumnya meningkatkan kualitas campuran latasir B. Latasir campuran B yang memiliki karakteristik marshal terbaik adalah berdasarkan kadar abu batubara dari 17,2 % .

Kata kunci : campuran aspal B latasir , bawah batubara abu , karakteristik marshall .

PENDAHULUAN

Campuran Aspal Latasir (lapis tipis aspal pasir) ditujukan untuk jalan-jalan dengan lalu lintas ringan, khususnya pada daerah dimana agregat kasar tidak tersedia dan untuk perbaikan jalan seperti pelapisan ulang jalan (*overlay*). Pemilihan akan tergantung utamanya pada gradasi pasir yang digunakan. Campuran aspal latasir mempunyai ketahanan alur (*rutting*) yang rendah oleh sebab itu tidak boleh digunakan pada lapisan yang tebal, pada jalan-jalan dengan lalu lintas berat dan pada daerah tanjakan (Muhammad, 2012).

Abu dasar batubara (*bottom ash*) merupakan bahan buangan dari proses pembakaran batubara

pada pembangkit tenaga yang mempunyai ukuran partikel lebih besar dan lebih berat dari pada abu terbang (*fly ash*). Abu dasar batubara akan jatuh pada dasar tungku pembakaran (*boiler*) dan terkumpul pada penampung debu (*ash hopper*) lalu dikeluarkan dari tungku dengan cara disemprot dengan air untuk kemudian dibuang di landfill atau ditumpuk begitu saja di dalam area industri. Penggunaan batubara sebagai bahan bakar di PT. Molindo Raya Industrial mempunyai konsekuensi penanganan abu batubara dalam jumlah yang sangat besar (Patrick, 2003).

Patrick (2003), telah melakukan studi dengan menguji efek pemakaian abu dasar batubara sebagai pengganti agregat halus menemukan bahwa

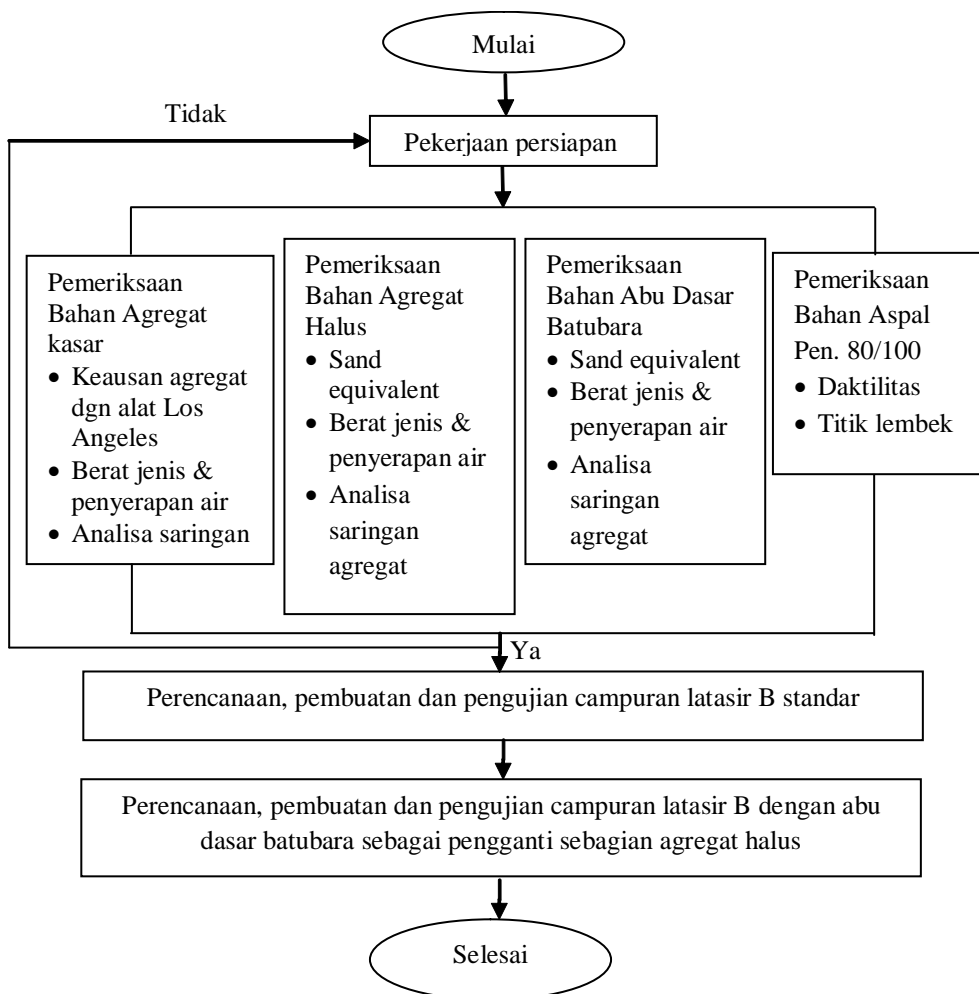
persentase terbaik penggantian agregat halus dengan abu dasar batubara adalah 10 %.

Tujuan penelitian ini adalah Untuk mengetahui pengaruh penggantian sebagian agregat halus dengan abu dasar batubara terhadap karakteristik marshall pada campuran latasir B dan untuk mengetahui kadar abu dasar batubara optimum yang di dapat pada penggantian sebagian agregat

halus dengan abu dasar batubara yang memenuhi karakteristik marshall.

METODE PENELITIAN

Studi dilaksanakan di laboratorium Jalan Raya Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Malang. Adapun tahapan studi, disajikan sebagaimana pada gambar 1.



Gambar 1. Diagram Alur Tahapan Studi

Material yang digunakan adalah: (a) kerikil (batu pecah) dan abu batu diperoleh dari pabrik pemecah batu Oma Campus, Kecamatan Dau, Kabupaten Malang; (b) pasir alam diperoleh dari sungai Brantas Kelurahan Tlogomas, Kecamatan Lowokwaru, Kabupaten Malang; (c) abu dasar batubara diperoleh dari PT. Molindo Raya Industrial di Lawang, Kab. Malang; (d) *Filler* yang digunakan adalah *Portland Cement* (PC) merek Semen Gresik; (e) aspal yang digunakan adalah jenis aspal padat dengan penetrasi 80-100.

Peralatan menggunakan standar pemeriksaan, perencanaan serta pengujian campuran aspal panas

di laboratorium Jalan Raya Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Malang.

Perencanaan campuran bertujuan untuk mendapatkan resep campuran, Dengan langkah-langkah meliputi: pemilihan dan penentuan sifat agregat; penentuan campuran nominal; penentuan proporsi campuran; membuat benda uji. Campuran latasir B standar diperiksa dengan alat Marshall (*Marshall Test*). Dengan tujuan untuk mendapatkan nilai stabilitas dan *flow*. Hubungan antara kadar aspal dan nilai karakteristik Marshall divisualisasikan dalam bentuk grafik selanjutnya digunakan untuk mendapatkan Kadar Aspal Optimum.

Campuran Latasir B dengan Abu Dasar Batubara

Berdasarkan kadar aspal optimum pada campuran latasir B standar, maka campuran latasir B dengan abu dasar batubara dilakukan dengan mengganti sebagian agregat halus dengan abu dasar batubara secara bervariasi: 5%, 10%, 15%, 20%, 25%, 30% dan 35%.

Untuk mengetahui nilai karakteristik Marshall campuran latasir B dengan abu dasar batubara sebagai pengganti sebagian agregat halus diperiksa dengan alat Marshall (*Marshall Test*). Hubungan antara kadar abu dasar batubara dan nilai

karakteristik *marshall* divisualisasikan dalam bentuk grafik, selanjutnya digunakan untuk mendapatkan kadar abu dasar batubara optimum dari campuran latasir B dengan abu dasar batubara sebagai pengganti sebagian agregat halus.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pemeriksaan Bahan

Hasil pemeriksaan agregat kasar (batu pecah) dan agregat halus (pasir alam, abu batu dan abu dasar batubara) disajikan pada tabel 1 dan tabel 2.

Tabel 1. Hasil Pemeriksaan Agregat Kasar

Jenis Pemeriksaan	Syarat	Hasil
Keausan agregat kasar	Max 40%	26,68%
Berat jenis bulk (atas dasar kering oven)	Min 2.5gr/cm ³	2,59 gr/cm ³
Berat jenis bulk (atas dasar kering permukaan)	Min 2.5gr/cm	2,65 gr/cm ³
Berat jenis semu	Min 2.5gr/cm ³	2,76 gr/cm ³
Penyerapan air	Max 3%	2,41 %
Analisa saringan		
• Gradasi lolos ½	95%-100%	96,22 %
• Gradasi lolos ¾	50%-100%	53,72 %
• Gradasi lolos no.4	0%-50%	18,96 %
• Gradasi lolos no.200	0%-5%	1,16 %

Tabel 2. Hasil Pemeriksaan Agregat Halus

Jenis Pemeriksaan	Syarat	Pasir Alam	Abu Batu	Abu Dasar Batubara
Nilai Sand Equivalent (SE) (%)	Min 50	80,85	91,10	78,69
Berat jenis bulk (atas dasar kering oven) (gr/cm ³)	Min 2.5	2,65	2,66	2,66
Berat jenis bulk (atas dasar kering permukaan) (gr/cm)	Min 2.5	2,70	2,70	2,67
Berat jenis semu (gr/cm ³)	Min 2.5	2,80	2,78	2,70
Penyerapan air (%)	Max 3	1,83	1,63	0,5
Analisa saringan (%)				
• Gradasi lolos #4	72-100	98,20	95,60	95,33
• Gradasi lolos #8	72-100	91,93	73,80	76,57
• Gradasi lolos #30	25-100	39,00	26,53	27,03
• Gradasi lolos #200	0-8	3,13	3,27	5,30

Berdasarkan analisa saringan agregat halus (grafik analisa saringan), diketahui bahwa perbandingan antara pasir alam : abu batu adalah 45 % : 55 %.

Hasil pemeriksaan aspal dengan penetrasi 80/100 memiliki kualitas: titik lembek 48.25 °C; titik nyala 318 °C; titik bakar 332 °C; dan daktilitas 115 cm.

Campuran Latasir B Standar

Campuran latasir B standar direncanakan dengan berdasar pada hasil pemeriksaan bahan-bahan yang meliputi: analisa saringan agregat kasar dan agregat halus (abu batu & pasir alam), pemeriksaan berat jenis & penyerapan agregat kasar dan agregat halus.

Sifat-sifat agregat campuran latasir B standar disajikan pada tabel 3.

Tabel 3. Ringkasan Sifat-Sifat Agregat

Agregat yang tersedia	Gradasi lolos ayakan		Berat jenis			Absorpsi air (%)
	#8	#200	Kering oven	SSD	Semu	
batu pecah	4.20	1.16	2.59	2.65	2.76	2.41
abu batu	73.80	3.27	2.66	2.70	2.78	1.63
pasir alam	91.93	3.13	2.65	2.70	2.80	1.83

Campuran Nominal Latasir B Standar

Campuran nominal untuk Latasir B standar direncanakan mengacu pada batas-batas komposisi fraksi rencana campuran dan persyaratan sifat campuran, Penentuan campuran nominal yang dimaksudkan adalah: fraksi agregat kasar (CA) = 23.00%; fraksi agregat halus (FA) = 55.10%; fraksi bahan pengisi (FF) = 13.00%; kadar aspal (b) = 8.90%.

Dengan mengacu pada fraksi-fraksi agregat dihasilkan persamaan matematika dan dengan analisa metode matriks didapat rancangan campuran

nominal: batu pecah 11.08%; abu batu 37.46%; pasir alam 31.91%; bahan pengisi 10.65%; dan kadar aspal 8.9%.

Kadar aspal campuran nominal, ditentukan dengan penyesuaian terhadap absorpsi air oleh agregat dengan rancangan campuran nominal, sehingga kadar aspal campuran nominal dipilih 8.9%. Dengan demikian proporsi campuran nominal latasir B standar yang disesuaikan, disajikan pada tabel 4. Sedangkan Proporsi campuran agregat latasir B Standar disajikan pada tabel 5. Serta gradasi agregat kombinasi dan luas permukaan agregat total latasir B standar disajikan pada table 6.

Tabel 4. Penyesuaian Proporsi Campuran Nominal Latasir B Standar

MATERIAL	Campuran Nominal Perhitungan n	Campuran Nominal Disesuaikan						
		1	2	3	4	5	6	7
Batu Pecah	11.08	11.08	11.08	11.08	11.08	11.08	11.08	11.08
Abu Batu	37.46	38.96	38.46	37.96	37.46	36.96	36.46	35.96
Pasir Alam	31.91	33.41	32.91	32.41	31.91	31.41	30.91	30.41
Bahan Pengisi	10.65	10.65	10.65	10.65	10.65	10.65	10.65	10.65
Aspal (A)	8.90	5.90	6.90	7.90	8.90	9.90	10.90	11.90
TOTAL	100.00	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
		0	0	0	0	0	0	0

Tabel 5. Proporsi Campuran Agregat Latasir B Standar

MATERIAL	Proporsi Campuran Agregat (%)						
	1	2	3	4	5	6	7
Batu Pecah	11.77	11.90	12.03	12.16	12.29	12.43	12.57
Abu Batu	41.41	41.31	41.22	41.12	41.02	40.92	40.82
Pasir Alam	35.51	35.35	35.19	35.03	34.86	34.70	34.52
Bahan Pengisi	11.32	11.44	11.56	11.69	11.82	11.95	12.09
TOTAL	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00

Tabel 6. Gradasi Agregat Kombinasi Dan Luas Total Permukaan Campuran Latasir B Standar

Saringan ASTM	Gradasi Agregat				Gradasi Agregat Kombinasi							Faktor Permukaan Agregat	
	a	b	c	d	I	II	III	IV	V	VI	VII		
1 "	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	} 1x0.41
¾ "	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	
½ "	96.22	100	100	100	99.56	99.55	99.55	99.54	99.54	99.53	99.52	99.52	
3/8 "	53.72	100	100	100	94.55	94.49	94.43	94.37	94.31	94.25	94.18	94.18	
# 4	18.96	95.60	98.20	100	88.00	87.91	87.81	87.71	87.61	87.50	87.39	87.39	x0.41
# 8	4.20	73.80	91.93	100	75.01	74.93	74.84	74.75	74.66	74.57	74.48	74.48	x0.82

# 16	3.36	52.47	79.93	100	61.82	61.77	61.72	61.67	61.62	61.57	61.52	×1.64
# 30	2.92	26.53	39.00	100	36.49	36.53	36.57	36.62	36.66	36.70	36.75	×2.87
# 50	2.56	16.07	18.87	100	24.97	25.05	25.13	25.22	25.30	25.39	25.48	×6.14
#100	2.16	8.80	7.60	100	17.91	18.02	18.12	18.23	18.34	18.46	18.57	×12.29
# 200	1.16	3.27	3.13	100	13.92	14.03	14.15	14.27	14.39	14.52	14.65	×32.27
Perbandingan Camp.	a. Agregat Kasar				11.77	11.90	12.03	12.16	12.29	12.43	12.57	
	b. Abu Batu				41.41	41.31	41.22	41.12	41.02	40.92	40.82	
Agregat (%)	c. Pasir				35.51	35.35	35.19	35.03	34.86	34.70	34.52	
Berat Total Agregat)	d. Bahan Pengisi				11.32	11.44	11.56	11.69	11.82	11.95	12.09	
Luas Total Permukaan Agregat (m ² /Kg)					11.26	11.69	11.75	11.80	11.86	11.92	11.61	

Benda uji campuran latasir B standar dibuat berdasarkan perhitungan gradasi agregat campuran latasir B standar yang dihasilkan dari gradasi agregat kombinasi dan luas permukaan agregat total latasir B standar (Tabel 6).

Karakteristik Marshall Campuran Latasir B Standar

Hasil pemeriksaan campuran latasir B standar dengan menggunakan alat Marshall disajikan pada tabel 7.

Tabel 7. Hasil Pemeriksaan Campuran Latasir B Standar Dengan Alat Marshall

No. Benda Uji	Bacaan arloji <i>Marshall Test</i>					
	Stabilitas			Flow		
	A	B	C	A	B	C
1.	117	120	122	170	78	132
2.	110	95	90	160	185	125
3.	55	75	77	190	275	197
4.	74	71	69	385	230	315
5.	32	38	34	392	438	495
6.	21	22	17	610	620	522
7.	14	13	15	659	874	445

Berdasarkan gradasi agregat kombinasi campuran latasir B standar (tabel 6) dan hasil pemeriksaan campuran aspal dengan alat Marshall

(Tabel 7), sifat-sifat campuran latasir B standar dirangkum sebagaimana pada tabel 8.

Tabel 8. Rangkuman Sifat-Sifat Campuran Latasir B Standar

Kadar Bitumen (%)	Marshall Stability (kg)	Marshall Quotient (kn/mm)	Tebal Lapisan Aspal Film (mm)	Rongga Udara (%)
5.90%	1854.8	14.36	9.51	14.96
6.90%	1453.9	9.10	10.71	7.47
7.90%	1262.6	5.61	12.24	7.20
8.90%	1351.4	4.27	13.78	4.27
9.90%	770.4	1.71	15.35	2.65
10.90%	550.54	0.92	16.94	4.43
11.90%	495.49	0.74	19.13	3.65

Catatan: Nilai diatas diambil berdasarkan nilai rata-rata

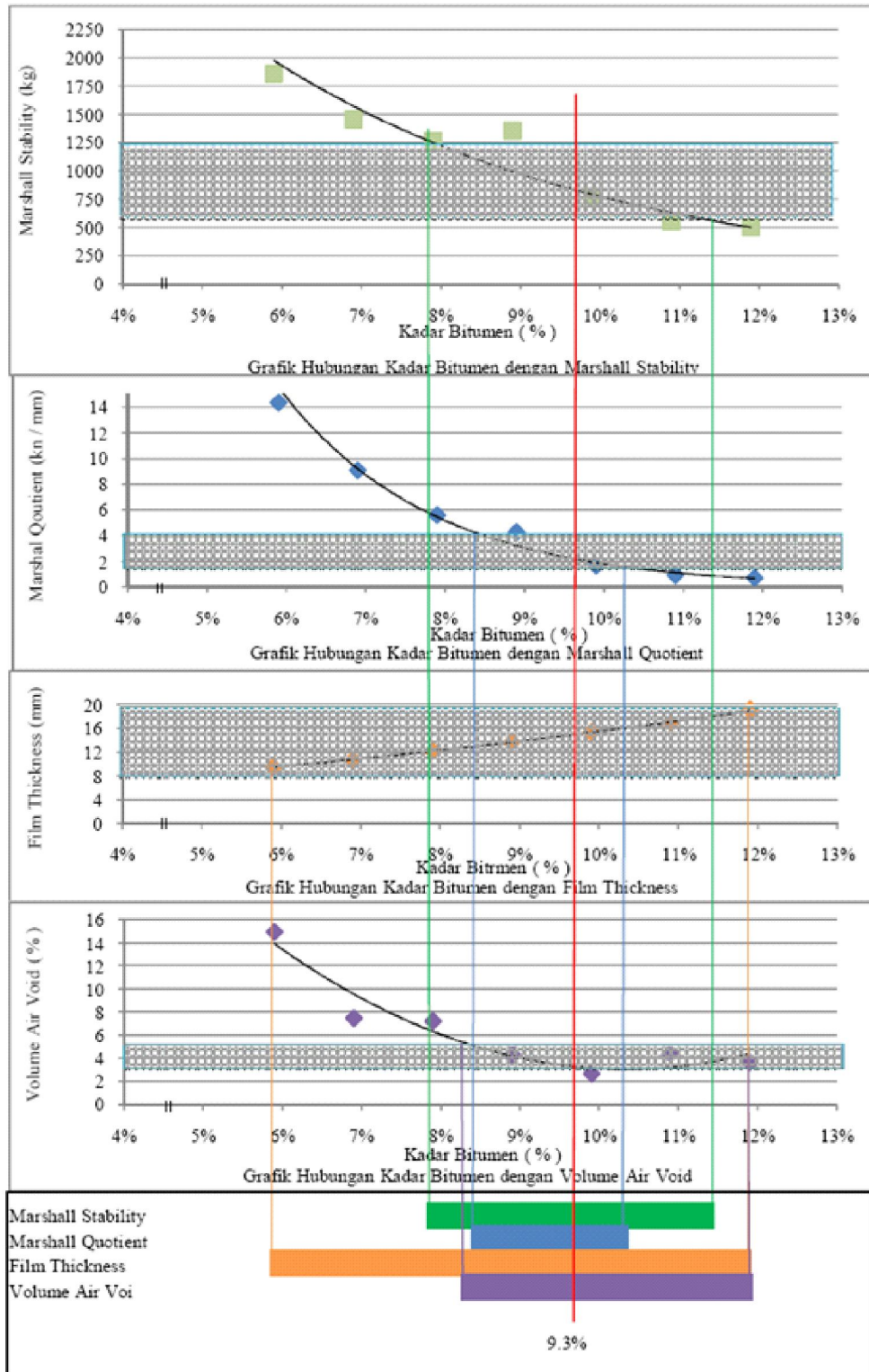
Grafik hubungan kadar aspal dengan sifat-sifat campuran latasir B standar (Tabel 8) divisualisasikan pada gambar 2. Berdasarkan gambar 2, didapat kadar aspal optimum campuran latasir B standar 9.3%, dengan kualitas campuran latasir B standar: *marshall stability* 905 kg, *marshall quotient* 2.75 KN/mm, *film thickness* 14.4 mm dan *volume air void* 3.6 %.

Campuran Latasir B dengan Abu Dasar Batubara

Campuran nominal latasir B dengan abu dasar batubara sebagai pengganti sebagian agregat halus (pasir alam dan abu batu) ditentukan berdasarkan kadar aspal optimum campuran latasir B standar 9.3%. Proporsi batu pecah dan bahan pengisi diambil secara konstan yaitu 11.08% dan 10.65%,

sedangkan proporsi agregat halus disesuaikan terhadap proporsi batu pecah, bahan pengisi dan kadar aspal agar total campuran 100%, dengan demikian komposisi agregat halus adalah 68.97%. Agregat pasir alam dan abu batu disesuaikan berdasar perbandingan hasil analisa saringan yaitu 45:55 (31.73%:37.24%). Adapun variasi kadar abu dasar batubara yang dicoba adalah 5%, 10%, 15%,

20%, 25%, 30% dan 35% dari total proporsi agregat halus. Penyesuaian proporsi campuran nominal latasir B dengan abu dasar batubara disajikan pada tabel 9. Sedangkan proporsi campuran agregat latasir B dengan abu dasar batubara disajikan pada tabel 10. Serta gadasi agregat kombinasi dan luas permukaan agregat total latasir B dengan abu dasar batubara yang disajikan pada tabel 11.



Gambar 2. Penentuan Kadar Aspal Optimum

Tabel 9. Penyesuaian Proporsi Campuran Nominal Latasir B Dengan Abu Dasar Batubara

MATERIAL	Campuran Nominal Perhitungan	Proporsi Abu Dasar Batubara						
		1 5%	2 10%	3 15%	4 20%	5 25%	6 30%	7 35%
Batu Pecah	11.08	11.08	11.08	11.08	11.08	11.08	11.08	11.08
Abu Batu	37.24	35.38	33.52	31.66	29.80	27.93	26.07	24.21
Pasir Alam	31.73	30.14	28.55	26.97	25.38	23.79	22.21	20.62
Abu Dasar Batubara	0.00	3.45	6.90	10.35	13.79	17.24	20.69	24.14
Bahan Pengisi	10.65	10.65	10.65	10.65	10.65	10.65	10.65	10.65
Aspal (A)	9.30	9.30	9.30	9.30	9.30	9.30	9.30	9.30
TOTAL	100.00	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
		0	0	0	0	0	0	0

Tabel 10. Proporsi Campuran Agregat Latasir B Dengan Abu Dasar Batubara

MATERIAL	Proporsi Campuran Agregat (%)						
	1 5%	2 10%	3 15%	4 20%	5 25%	6 30%	7 35%
Batu Pecah	12.22	12.22	12.22	12.22	12.22	12.22	12.22
Abu Batu	39.01	36.96	34.90	32.85	30.80	28.74	26.69
Pasir Alam	33.23	31.48	29.73	27.98	26.23	24.49	22.74
Abu Dasar Batubara	3.80	7.60	11.41	15.21	19.01	22.81	26.61
Bahan Pengisi	11.74	11.74	11.74	11.74	11.74	11.74	11.74
TOTAL	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00

Tabel 11. Gradasi Agregat Kombinasi Dan Luas Permukaan Agregat Total Campuran Latasir B Dengan Abu Dasar Batubara

Saringan ASTM	Gradasi Agregat					Gradasi Agregat Kombinasi							Faktor Permukaan Agregat
	a	b	c	d	e	I	II	III	IV	V	VI	VII	
1 "	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	} 1×0.41
¾ "	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	
½ "	96.22	100	100	100	100	99.54	99.54	99.54	99.54	99.54	99.54	99.54	
3/8 "	53.72	100	100	100	100	94.35	94.35	94.35	94.35	94.35	94.35	94.35	
# 4	18.96	95.60	98.20	95.33	100	87.61	87.55	87.50	87.44	87.39	87.33	87.27	×0.41
# 8	4.20	73.80	91.93	76.57	100	74.50	74.29	74.08	73.87	73.66	73.45	73.23	×0.82
# 16	3.36	52.47	79.93	55.03	100	61.27	60.89	60.51	60.13	59.74	59.36	58.98	×1.64
# 30	2.92	26.53	39.00	27.03	100	36.44	36.24	36.04	35.84	35.64	35.44	35.24	×2.87
# 50	2.56	16.07	18.87	18.70	100	25.30	25.35	25.41	25.46	25.51	25.56	25.61	×6.14
#100	2.16	8.80	7.60	11.37	100	18.40	18.51	18.63	18.75	18.87	18.99	19.11	×12.29
# 200	1.16	3.27	3.13	5.30	100	14.40	14.48	14.56	14.64	14.72	14.80	14.88	×32.27
Perbandingan Camp. Agregat (% Berat Total Agregat)	a. Agregat Kasar					12.22	12.22	12.22	12.22	12.22	12.22	12.22	
	b. Abu Batu					39.01	36.96	34.90	32.85	30.80	28.74	26.69	
	c. Pasir					33.23	31.48	29.73	27.98	26.23	24.49	22.74	
	d. Abu Dasar Batubara					3.80	7.60	11.41	15.21	19.01	22.81	26.61	
	e. Bahan Pengisi					11.74	11.74	11.74	11.74	11.74	11.74	11.74	
	Luas Total Permukaan Agregat (m ² /Kg)					11.48	11.87	11.89	11.91	11.93	11.95	11.66	

Benda uji dibuat berdasarkan perhitungan gradasi agregat campuran latasir B dengan abu dasar batubara yang dihasilkan dari gradasi agregat

kombinasi dan luas permukaan agregat total dengan abu dasar batubara (Tabel 11).

Karakteristik Marshall Campuran Latasir B Dengan Abu Dasar Batubara

Marshall disajikan pada tabel 12. Dan rangkuman sifat-sifat campuran latasir B dengan abu dasar batubara disajikan pada tabel 13.

Hasil pemeriksaan campuran latasir B dengan abu dasar batubara dengan menggunakan alat

Tabel 12. Hasil Pemeriksaan Campuran Aspal Latasir B Dengan Abu Dasar Dengan Abu Dasar Batubara Dengan Alat Marshall

No. Benda Uji	Bacaan arloji <i>Marshall Test</i>					
	Stabilitas			Flow		
	A	B	C	A	B	C
1.	50	55	57	355	410	470
2.	50	54	58	425	430	270
3.	63	65	82	150	340	325
4.	68	88	86	305	260	288
5.	96	71	117	275	385	330
6.	67	115	100	425	205	310
7.	104	116	116	255	205	205

Tabel 13. Rangkuman Rata-Rata Sifat-Sifat Campuran Latasir B Dengan Abu Dasar Batubara

Kadar Abu Dasar Batubara (%)	Marshall Stability (kg)	Marshall Quotient (kn/mm)	Tebal Lapisan Aspal Film (mm)	Rongga Udara (%)
5.00%	1071.2	2.55	14.85	0.07
10.00%	1039.7	2.72	14.39	0.36
15.00%	1230.3	4.44	14.38	2.46
20.00%	1329.3	4.58	14.37	4.24
25.00%	1461.3	4.34	14.36	8.09
30.00%	1415.20	4.43	14.35	9.71
35.00%	1503.96	6.65	14.72	11.16

Campuran latasir B dengan abu dasar batubara sebagai pengganti sebagian agregat halus pada kadar abu dasar batubara 5%-18.5% menghasilkan *Marshall Stability* 1071.2-1250 kg, sedangkan kadar abu dasar batubara 5.8%-19.5%

menghasilkan *Marshall Quotient* 2.75-4 KN/mm, dan kadar abu dasar batubara 27.6%-35% menghasilkan *Film Thickness* 14.40-14.72 mm serta pada kadar abu dasar batubara 15.08-20.01% menghasilkan *Volume Air Void* 3-5 %.

Tabel 14. Karakteristik Marshall Campuran Latasir B dengan Variasi proporsi Abu Dasar Batubara

Karakteristik Marshall	Proporsi Abu Dasar Batubara							
	0%	5%	10%	15%	20%	25%	30%	35%
<i>Marshall Stability</i> (kg)	905	1071.2	1039.7	1230.3	1329.3	1461.3	1415.20	1503.96
<i>Marshall Quotient</i> (kN/mm)	2.75	2.55	2.72	4.44	4.58	4.34	4.43	6.65
<i>Film Thickness</i> (mm)	14.4	14.85	14.39	14.38	14.37	14.36	14.35	14.72
<i>Volume Air Void</i> (%)	3.6	0.07	0.36	2.46	4.24	8.09	9.71	11.16

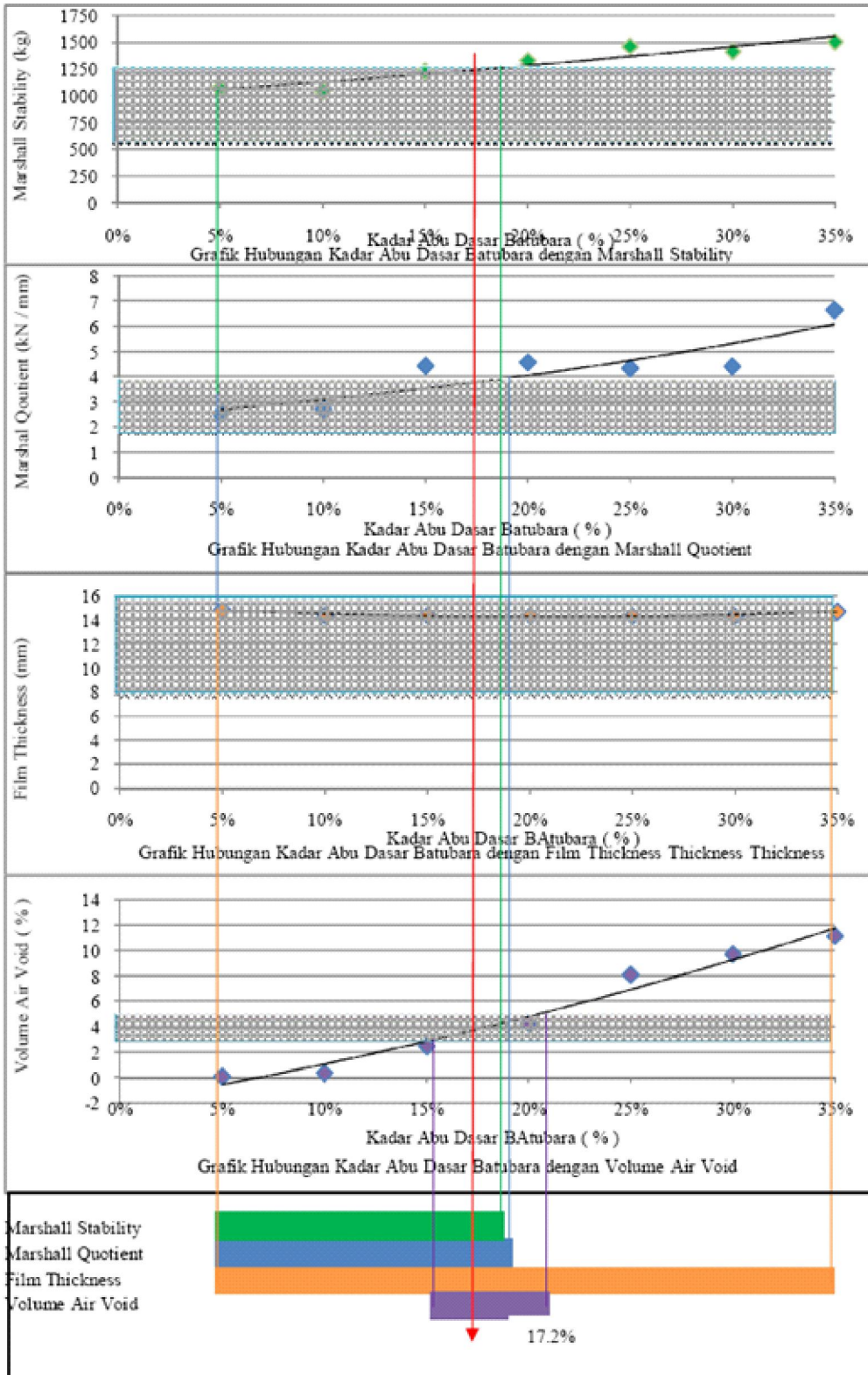
Catatan: Kadar Aspal 9.3%

Tabel 15. Perbandingan Karakteristik Marshall dan Bahan Campuran Latasir B Standar dengan Campuran Latasir B Dengan Abu Dasar Batubara

Jenis Campuran	Campuran Latasir B Standar	Campuran Latasir B Dengan Abu Dasar Batubara
Karakteristik Marshall:		
• <i>Marshall Stability</i>	905 kg	1230.3 kg
• <i>Marshall Quotient</i>	2.75 kN/mm	3.8 kN/mm
• <i>Film Thickness</i>	14.4 mm	14.4 mm
• <i>Volume Air Void</i>	3.6%	3.6 %

Bahan Campuran Aspal:

• Batu pecah	11.08 %	11.08 %
• Abu batu	37.24 %	27.96 %
• Pasir alam	31.73 %	23.81 %
• Abu dasar batubara	0 %	17.2 %
• Bahan pengisi	10.65%	10.65%
• Kadar aspal	9.3 %	9.3 %



Gambar 3. Penentuan Kadar Abu Dasar Batubara Optimum

Kadar aspal optimum pada campuran latasir B standar adalah 9.3% sedangkan kadar abu dasar batubara optimum pada campuran latasir B dengan abu dasar batubara sebagai pengganti sebagian agregat halus adalah 17.2 %. Berikut adalah perbandingan kedua campuran tersebut baik dari segi karakteristik *Marshall* maupun bahan campuran aspalnya.

KESIMPULAN DAN SARAN

- Adanya penggantian sebagian agregat halus dengan abu dasar batubara secara umum berpengaruh berupa fluktuasi karakteristik *marshall* campuran Latasir B.
- Karakteristik *Marshall* campuran aspal latasir B dengan abu dasar batubara (*marshall stability* 1230.3 kg, *marshall quotient* 3.8 kN/mm, *film thickness* 14.4 mm dan *volume air void* 3.6 %) terbaik yaitu pada kadar abu dasar batubara 17.2%.

DAFTAR PUSTAKA

- Muhammad, R, 2012, *Karakteristik Campuran Aspal Dengan Agregat*, [<http://emridho.blogspot.com/2012/01/laporan-praktikum-karakteristik.html?m=1>]
- Patrick, Andarias, 2003, *Pengaruh Penggunaan Bottom Ash Terhadap Karakteristik Campuran Aspal Beton*, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Kristen Petra
- SNI 03-1737-1989, *Pelaksanaan lapis campuran beraspal panas*.
- SNI 03-1737-1989, *Pelaksanaan lapis campuran beraspal*.
- SNI 03-6749-2002, *Spesifikasi bahan lapis tipis aspal pasir (Latasir)*.
- SNI 03-6819-2002, *Spesifikasi agregat halus untuk campuran perkerasan beraspal*.
- SNI 03-6723-2002, *Spesifikasi bahan pengisi untuk campuran beraspal*.
- Sukirman, S, 1999, *Perkerasan Lentur Jalan Raya*, Penerbit Nova, Bandung.
- Sukirman, S, 2003, *Beton Aspal campuran Panas*, Penerbit Nova, Bandung.