

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian mengenai pengaruh penggunaan serbuk batu karang sebagai *filler* dan pasir besi sebagai agregat halus terhadap karakteristik campuran AC-BC diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Nilai karakteristik *Marshall* pada campuran AC-BC menggunakan batu karang sebagai *filler* dan pasir besi sebagai agregat halus adalah sebagai berikut :
 - a. Nilai VMA tertinggi terdapat pada variasi 0,5% batu karang dan 5,0% pasir besi sebesar 19,24 % sedangkan untuk nilai minimum terdapat pada variasi 1,5 % batu karang dan 15,0 % pasir besi sebesar 12,96 %. Hal ini diperkirakan karena semakin banyak batu karang dan pasir besi yang digunakan semakin sedikit rongga antar agregat yang dihasilkan karena sifat batu karang dan pasir besi memiliki sifat yang berbeda dengan agregat campuran.
 - b. Nilai VFB tertinggi terdapat variasi 1,5 % batu karang dan 15,0 % pasir besi sebesar 107,79 %, sedangkan untuk nilai minimum terdapat pada variasi 0,5% batu karang dan 5,0% pasir besi sebesar 67,36 %. Nilai dari VFB dapat dipengaruhi oleh batu karang dan pasir besi yang mengakibatkan rongga terisi aspal semakin sedikit. Hal ini dikarenakan batu karang dan pasir besi yang terlalu banyak sehingga menyebabkan aspal kesulitan mengisi rongga yang berada dalam campuran.
 - c. Nila VIM maksimum terdapat pada variasi 0,5% batu karang dan 5,0% pasir besi sebesar 6,28 % sedangkan untuk nilai minimum terdapat pada variasi 1,5 % batu karang dan 15,0 % pasir besi sebesar -1,01%. Hal ini dikarenakan sulitnya tercampur batu karang dan pasir besi dengan agregat lain sehingga menyebabkan rongga dalam campuran menjadi sedikit.

- d. Nilai stabilitas optimum terjadi pada variasi 0,5% batu karang dan 5,0% pasir besi sedangkan nilai minimum terdapat pada variasi % batu karang dan pasir besi, pada variasi 1,0 % batu karang dan 10,0% pasir besi sampai variasi batu karang dan pasir besi terjadi nilai stabilitas *Marshall* yang bervariasi.
 - e. Seiring bertambahnya penggunaan batu karang dan pasir besi semakin rendah nilai *flow* yang dihasilkan. Hal ini dipengaruhi oleh penggunaan batu karang dan pasir besi yang semakin banyak sehingga menyebabkan nilai kelelahan plastis semakin menurun.
 - f. Nilai MQ optimum pada variasi variasi 1,5 % batu karang dan 15,0 % pasir besi sebesar 775 kg/mm terjadi peningkatan nilai MQ pada variasi 1,0 % batu karang dan 10,0% pasir besi, hal ini dikarenakan oleh nilai stabilitas dan *flow* dimana nilai *Marshall quotient* ini dari hasil bagi nilai stabilitas dan nilai *flow*.
2. Penggunaan batu karang sebagai *filler* dan pasir besi sebagai agregat halus menghasilkan campuran dimana nilai *Marshall* yang dihasilkan tidak dapat memenuhi dari beberapa aspek. Nilai *Marshall* yang dihasilkan semakin banyak menggunakan batu karang sebagai *filler* dan pasir besi sebagai agregat halus dapat mengakibatkan kerusakan pada benda uji. Sebaliknya, semakin sedikit menggunakan batu karang sebagai *filler* dan pasir besi sebagai agregat halus menghasilkan campuran yang lebih optimum dari berbagai aspek.

5.2 Saran

Pada penelitian ini diharapkan peneliti selanjutnya bisa melakukan penelitian lebih lanjut menggunakan campuran aspal AC-WC dan mengubah variasi campuran yakni batu karang sebagai *filler* dan pasir besi sebagai agregat halus dengan campuran variasi yang berbeda.

Daftar Pustaka

- Hamid, S. dan Takdir, T. 2011. Penggunaan *Pasir Besi Sebagai Agregat Halus pada Beton Aspal Lapisan Aus.* Vol.11 No 2.
- Kementerian Pekerjaan Umum Dirjen Bina Marga. 2018. *Spesifikasi Umum 2018.* Jakarta: Kementerian Pekerjaan Umum Dirjen Bina Marga.
- Kementerian Pekerjaan Umum Dirjen Bina Marga. 2018. *Spesifikasi Umum Bidang Jalan 2010.* Jakarta: Kementerian Pekerjaan Umum Dirjen Bina Marga.
- Khaliq, A. 2022. *Pengaruh Filler Batu Karang pada Campuran Asphalt Concrete Wearing Course (AC-WC).* Skripsi. Prodi Teknik Sipil. Fakultas Teknik. Padang: Universitas Andalas.
- Rizki, A. 2015. *Pengaruh Penggunaan Limbah Pasir Besi Sebagai Bahan Campuran Agregat Halus Terhadap Nilai Marshall Test pada Campuran Lapis Tipis Aspal Pasir (LATASIR) Kelas B.* Skripsi. Prodi Teknik Sipil. Fakultas Teknik. Malang: Universitas Muhammadiyah Malang.
- Sihombing, S. Rodji, A. P. dan Akbar, j. A. 2019. *Analisis Penggunaan Serbuk Batu Karang Sebagai Filler pada Campuran Asphalt Concrete Wearing Course (AC-WC).* Jurnal Sipilkrishna. Vol.12 No 3.
- Sukirman, S. 1992. *Perkerasan Lentur Jalan Raya.* Bandung: Nova.
- Sukirman, S. 2007. *Beton Aspal Campuran Panas.* Bandung: Institut Teknologi Nasional.
- Sukirman, S. 2010. *Perencanaan Tebal Struktur Perkerasan Lentur.* Bandung: Nova.
- Sukirman, S. 2016. *Beton Aspal Campuran Panas.* Bandung: Institut Teknologi Nasional.
- Utomo, E. S. 2017. *Pengaruh Penggunaan Pasir Besi sebagai Substitusi Agregat Halus dan Aspal Modifikasi Starbit E-55 Pada Campuran Laston AC-WC.* Skripsi. Prodi Teknik Sipil. Fakultas Teknik. Yogyakarta: Universitas Atma Jaya Yogyakarta.
- Wijoyo, R. P. 2006. *Kajian Laboratorium Sifat Marshall dan Durabilitas Asphalt Concrete Wearing Course (AC-WC) dengan Membandingkan Penggunaan antara Semen Portland dan Abu Batu sebagai Filler.* Pasca Sarjana. Universitas Diponegoro Semarang.



Pemeriksaan berat jenis dan penyerapan agregat (<3/4)

Uraian	Notasi	Contoh No:		Satuan
		I	II	
Berat Benda Uji Kering Oven	A	1048.8	1230	Gr
Berat Benda Uji Jenuh Kering Permukaan Di Udara	B	1061.1	1245.1	Gr
Berat Benda Uji Dalam Air	C	678.4	796.1	Gr
Perhitungan	Persamaan	I	II	Rata-Rata
Berat Jenis Curah (Sd)	$\frac{A}{B - C}$	2.741	2.739	2.740
Berat Jenis Jenuh Kering Permukaan (Ss)	$\frac{B}{B - C}$	2.773	2.773	2.773
Berat Jenis Semu (Sa)	$\frac{A}{A - C}$	2.832	2.835	2.833
Penyerapan Air (Sw)	$\frac{B - A}{A} \times 100\%$	1.173	1.228	1.200

Hasil Pengujian Laboratorium Pengujian Material Konstruksi Dinas PUPR

Provinsi Nusa Tenggara Barat.

Pemeriksaan berat jenis dan penyerapan agregat (<3/8)

Uraian	Notasi	Contoh No:		Satuan
		I	II	
Berat Benda Uji Kering Oven	A	774	787.5	Gr
Berat Benda Uji Jenuh Kering Permukaan Di Udara	B	791.4	805.4	Gr
Berat Benda Uji Dalam Air	C	504.6	512.3	Gr
Perhitungan	Persamaan	I	II	Rata-Rata
Berat Jenis Curah (Sd)	$\frac{A}{B - C}$	2.699	2.687	2.693
Berat Jenis Jenuh Kering Permukaan (Ss)	$\frac{B}{B - C}$	2.759	2.748	2.754
Berat Jenis Semu (Sa)	$\frac{A}{A - C}$	2.873	2.862	2.867
Penyerapan Air (Sw)	$\frac{B - A}{A} \times 100\%$	2.248	2.273	2.261

Hasil Pengujian Laboratorium Pengujian Material Konstruksi Dinas PUPR

Provinsi Nusa Tenggara Barat.

Pemeriksaan berat jenis dan penyerapan agregat abu batu (t200)

No. Contoh	1	
	A	B
Berat Picnometer		
Berat benda uji kering permukaan jenuh + picnometer	500	500
Berat benda uji kering BK	488	488.5
Berat picnomete diisi air B	661.5	698.5
Berat picnometer + benda uji (SSD) + air (25 C) Bt	983.5	1020.5

Perhitungan	Persamaan	A	B	Rata-Rata
Berat jenis (<i>Bulk</i>)	$\frac{BK}{(B + 500 - Bt)}$	2.742	2.744	2.743
Berat Jenis Kering-perm jenuh	$\frac{500}{(B + 500 - Bt)}$	2.809	2.809	2.809
Berat Jenis Semu (<i>Apparent</i>)	$\frac{BK}{(B + BK - Bt)}$	2.94	2.934	2.937
Penyerapan Absorption	$\frac{(500 - BK)}{BK} \times 100\%$	2.459	2.354	2.407

Hasil Pengujian Laboratorium Pengujian Material Konstruksi Dinas PUPR

Provinsi Nusa Tenggara Barat.

Karakteristik aspal penetrasi 60/70

No	Pengujian	Hasil
1	Penetrasi	62 mm
2	Titik lembek	48.5C
3	Daktilitas	140 mm
4	Titik nyala	260C
5	Berat jenis	1.039 gr/cc
6	Kehilangan berat	0.041873% berat
7	Penetrasi setelah kehilangan berat	54.8 mm
8	Daktilitis setelah kehilangan berat	120 mm

Data Hasil Pengujian Aspal Dinas PU Provinsi NTB

Analisa saringan pembagian butiran agregat (<3/4)

berat contoh 1: 1157.4				berat contoh 2:			
Saringan	Massa Tertahan	Jumlah Massa Tertahan	Entase Kumulatif %	Rata-Rata	Massa Tertahan	Jumlah Massa Tertahan	Entase Kumulatif %
mm	Gram (a)	Gram (b)	Tertahan (c) Lolos(d)		Gram (a)	Gram (b)	Tertahan (c) Lolos(d)
3							
2 1/2							
2							
1 1/2							
1			100	100			100
3/4	13	13	0.7	99.3	99.13	19.2	19.2
1/2	1421.8	1434.8	76.73	23.27	24.14	1359	1378.2
3/8	310.6	1745.4	93.34	6.66	6.67	336.8	1715
No 4	112.4	1857.8	99.35	0.65	0.55	114.4	1829.4
No 8	1	1858.8	99.4	0.6	0.52	0.4	1829.8
No 10	0.2	1859	99.41	0.59	0.51	0.2	1830
No 16	0.6	1859.6	99.44	0.56	0.48	0.4	1830.4
No 30	0.8	1860.4	99.49	0.51	0.43	1	1831.4
No 40	0.6	1861	99.52	0.48	0.40	0.6	1832
No 50	0.6	1861.6	99.55	0.45	0.37	0.4	1832.4
No 70							
No 100	1.2	1862.8	99.61	0.39	0.30	1.4	1833.8
No 200	1.4	1864.2	99.69	0.31	0.23	1.2	1835
Pan	392.6				401.8		

Hasil Pengujian Laboratorium Pengujian Material Konstruksi Dinas PUPR

Provinsi Nusa Tenggara Barat.

Analisa saringan pembagian butiran agregat (<3/8)

berat contoh 1: 1157.4				berat contoh 2:			
Saringan	Massa Tertahan	Jumlah Massa Tertahan	Entase Kumulatif %	Rata-Rata	Massa Tertahan	Jumlah Massa Tertahan	Entase Kumulatif %
mm	Gram (a)	Gram (b)	Tertahan (c) Lolos(d)		Gram (a)	Gram (b)	Tertahan (c) Lolos(d)
3							
2 1/2							
2							
1 1/2							
1							
3/4			100	100			100
1/2	0	0	0	100	100	0	0
3/8	5.4	5.4	0.32	99.68	99.84	0	0
No 4	768.4	773.8	45.99	54.01	54.03	758.6	758.6
No 8	638.4	1412.2	83.93	16.07	16.89	599.6	1358.2
No 10	77.6	1489.8	88.54	11.46	12.19	79	1437.2
No 16	68.4	1558.2	92.61	7.39	7.38	91.8	1529
No 30	25	1583.2	94.09	5.91	5.97	22	1551
No 40	10.2	1593.4	94.70	5.30	5.43	7.8	1558.8
No 50	5.8	1599.2	95.04	4.96	4.96	9.8	1568.6
No 70							
No 100	17.8	1617	96.10	3.90	3.98	15	1583.6
No 200	18.8	1635.8	97.22	2.78	2.90	17.2	1600.8
Pan	406.4				401.8		

Hasil Pengujian Laboratorium Pengujian Material Konstruksi Dinas PUPR

Provinsi Nusa Tenggara Barat.

Analisa saringan pembagian butiran abu batu (#200)

Saringan mm	berat contoh 1: 1157.4					berat contoh 2:				
	Massa Tertahan Gram (a)	Jumlah Massa Tertahan Gram (b)	Tertahan (%)	Rata-Rata Lolos(d)		Massa Tertahan Gram (a)	Jumlah Massa Tertahan Gram (b)	Tertahan (%)	Lolos(d)	
3										
2 1/2										
2										
1 1/2										
1										
3/4										
1/2										
3/8	0	0	0	100	100	0	0	0	100	
No 4	1.8	1.8	0.17	99.83	99.86	1.2	1.2	0.11	99.89	
No 8	150	151.8	14.24	85.76	85.24	159	160.2	15.28	84.72	
No 10	93.8	245.6	23.04	76.96	75.99	101.8	262	24.99	75.01	
No 16	177.2	422.8	39.65	60.35	60.58	149	411	39.20	60.80	
No 30	200.4	623.2	58.45	41.55	41.96	193.2	604.2	57.62	42.38	
No 40	75.4	698.6	65.52	34.48	34.69	78.4	682.6	65.10	34.90	
No 50	58.4	757	71.00	29.00	29.76	46	728.6	69.48	30.52	
No 70										
No 100	108	865	81.13	18.87	19.23	114.6	843.2	80.41	19.59	
No 200	86.6	951.1	89.25	10.75	10.53	97.2	940.4	89.68	10.32	
Pan	237.8					277.6				

Hasil Pengujian Laboratorium Pengujian Material Konstruksi Dinas PUPR

Provinsi Nusa Tenggara Barat.



PENGUJIAN BETON ASPAL DENGAN METODE MARSHALL SNI 06 - 2489 - 1991

bj. Asp	1,039
kal.frov.ring	11,26

Agregat	Bj. Dry	Bj. Semu	Bj. Tot. Dry	Bj. Ef. Semu	Satuan
A.K < 3/4"	2,74	2,833			
A.K < 3/8"	2,693	2,867			
Abu Batu	2,743	2,937			
SEMEN	3,15	3,15			

No.	K.Aspal	Berat			Volume benda	Bj. Camp	Bj. Camp Max	Volume Aspal	Volume Agregat	Volume Pori	VMA	VIM	VFB	Stabilitas		FLOW	MQ
		Udara	Jenuh	Air										Bacaan	Stabilitas		
4,0	1181	1210,0	698,9	511,1	2,311									95	983,1	3,4	289
4,0	1181,6	1187,9	676,3	511,6	2,310									94	957,9	3,9	246
4,0					2,310	2,517		8,894	82,90	8,21	18,80	9,21	51,02		970,5	3,65	266
4,5	1183,4	1206,8	701,2	505,6	2,341									161	1385,0	3,8	364
4,5	1190,0	1195,5	687,5	508,0	2,343									95	949,9	3,6	264
4,5					2,342	2,498		10,141	83,59	6,27	18,13	6,77	62,65		1167,5	3,7	316
5,0	1175,2	1198,8	701,7	497,1	2,364									93	898,5	3,6	250
5,0	1177,0	1184,1	685,3	498,8	2,360									130	1258,9	3,5	360
5,0					2,362	2,480		11,366	83,87	4,76	17,85	4,41	75,29		1078,7	3,55	304
5,5	1206,2	1225,2	717,6	507,6	2,376									124	1174,2	3,5	335
5,5	1191,0	1198,8	697,4	501,4	2,375									100	956,0	3,4	281
5,5					2,376	2,462		12,576	83,92	3,50	17,80	2,50	85,96		1065,1	3,45	309
6,0	1164	1176,4	687,3	489,1	2,380									140	1355,7	3,7	366
6,0	1176,6	1187,3	694,2	493,1	2,386									98	910,4	3,6	253
6,0					2,383	2,444		13,761	83,73	2,51	17,99	1,51	91,61		1133,0	3,65	310

gmm : 2,480
 k.asp : 5
 bj.agg.eff : 2,675

PENGUJIAN BETON ASPAL DENGAN METODE MARSHALL SNI 06 - 2489 - 1991

bj. Asp	1,039
kal.frov.ring	11,26

Agregat	Bj. Dry	Bj. Semu	Bj. Tot. Dry	Bj. Ef. Semu	Satuan
A.K < 3/4"	2,74	2,833	2,731	2,806	gr / cc
A.K < 3/8"	2,693	2,867			
Abu Batu	2,743	2,937			
SEMEN	3,15	3,15			

VARIASI 1	
Batu karang	Pasir Besi

gmm : 2,480
 k.asp : 5,1
 bj.agg.eff : 2,680

bj. Asp	1,039
kal.frov.ring	11,26

Agregat	Bj. Dry	Bj. Semu	Bj. Tot. Dry	Bj. Ef. Semu	Satuan
A.K < 3/4"	2,74	2,833	2,731	2,806	gr / cc
A.K < 3/8"	2,693	2,867			
Abu Batu	2,743	2,937			
SEMEN	3,15	3,15			

Batu karang		Pasir Besi	
5,0%		5,0%	

gmm : 2,480
 k.asp : 5,1
 bj.agg.eff : 2,680

bj. Asp	1,039
kal.frov.ring	11,26

Agregat	Bj. Dry	Bj. Semu	Bj. Tot. Dry	Bj. Ef. Semu	Satuan
A.K < 3/4"	2,74	2,833	2,731	2,806	gr / cc
A.K < 3/8"	2,693	2,867			
Abu Batu	2,743	2,937			
SEMEN	3,15	3,15			

Batu karang		Pasir Besi	
5,0%		5,0%	

bj. Asp	1,039
kal.frov.ring	11,26

Agregat	Bj. Dry	Bj. Semu	Bj. Tot. Dry	Bj. Ef. Semu	Satuan
A.K < 3/4"	2,74	2,833	2,731	2,806	gr / cc
A.K < 3/8"	2,693	2,867			
Abu Batu	2,743	2,937			
SEMEN	3,15	3,15			

Batu karang		Pasir Besi	
5,0%		5,0%	

PENGUJIAN BETON ASPAL DENGAN METODE MARSHALL SNI 06 - 2489 - 1991

bj. Asp	1,039
kal.frov.ring	11,26

Agregat	Bj. Dry	Bj. Semu	Bj. Tot. Dry	Bj. Ef. Semu	Satuan
A.K < 3/4"	2,74	2,833			
A.K < 3/8"	2,693	2,867			
Abu Batu	2,743	2,937			
SEMEN	3,15	3,15			

VARIASI 3	
Batu karang	Pasir Besi

1,0% 10,0%

No.	K.Aspal	Berat			Volume benda	Bj. Camp	Bj. Camp Max	Volume Aspal	Volume Agregat	Volume Pori	VMA	VIM	VFB	Stabilitas		FLOW	MQ
		Udara	Jenuh	Air										Bacaan	Stabilitas		
A	5,1	1166,6	1174,4	689,1	485,3	2,404	2,480	11,800	85,13	3,07	16,48	3,07	81,37	93	898,5	3,6	250
B	5,1	1184,0	1191,7	703,5	488,2	2,425	2,480	11,904	85,89	2,21	15,74	2,21	85,97	130	1258,9	3,5	360
C	5,1	1194	1199,9	707,8	492,1	2,426	2,480	11,910	85,93	2,16	15,70	2,16	86,21	124	1174,2	1,8	652
					2,418	2,480		11,871	85,65	2,48	15,97	2,48	84,47		1110,5	3,55	313

gmm : 2,480
k.asp : 5,1
bj.agg.eff : 2,680

PENGUJIAN BETON ASPAL DENGAN METODE MARSHALL SNI 06 - 2489 - 1991

bj. Asp	1,039
kal.frov.ring	11,26

Agregat	Bj. Dry	Bj. Semu	Bj. Tot. Dry	Bj. Ef. Semu	Satuan
A.K < 3/4"	2,74	2,833			
A.K < 3/8"	2,693	2,867			
Abu Batu	2,743	2,937			
SEMEN	3,15	3,15			

VARIASI 4	
Batu karang	Pasir Besi

1,5% 15,0%

No.	K.Aspal	Berat			Volume benda	Bj. Camp	Bj. Camp Max	Volume Aspal	Volume Agregat	Volume Pori	VMA	VIM	VFB	Stabilitas		FLOW	MQ
		Udara	Jenuh	Air										Bacaan	Stabilitas		
A	5,1	1177,4	1181,5	701,1	480,4	2,451	2,480	12,030	86,80	1,17	14,84	1,17	92,09	124	1174,2	3,5	335
B	5,1	1174,6	1182,2	705,2	477,0	2,462	2,480	12,087	87,21	0,71	14,44	0,71	95,11	100	956,0	3,4	281
C	5,1	1193,4	1198,2	721,8	476,4	2,505	2,480	12,296	88,71	-1,01	12,96	-1,01	107,79	140	1355,7	1,75	775
					2,473	2,680		12,138	92,28	-4,42	9,47	7,72	18,42		1162,0	3,45	337

gmm : 2,480
k.asp : 5,1
bj.agg.eff : 2,680



Penimbangan berat agregat campuran



Pengujian BJ Agregat pasir besi dan batu karang



Campuran variasi agregat batu karang dan pasir besi



Memasukkan agregat campuran ke dalam oven



Pencampuran agregat dengan aspal



Penggorengan campuran agregat + aspal



Agregat campuran tercampur merata pada suhu 140°-150°



Penuangan campuran ke dalam mold



Penumbukan pada benda uji



Benda uji yang sudah ditumbuk



Pengukuran tebal benda uji pada setiap sisi



Penimbangan benda uji berat udara



Perendaman benda uji dalam water bath pada suhu 160°



Pengujian Marshall pada benda uji