

## KARAKTERISTIK CAMPURAN BETON ASPAL (AC-WC) DENGAN PENAMBAHAN ABU SLAG BAJA SEBAGAI BAHAN PENGGANTI FILLER

Nurani Hartatik, Gati Sri Utami, Novi Rohmania

Jurusan Teknik Sipil, Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya

Email : [fita.fina3@gmail.com](mailto:fita.fina3@gmail.com)

### ABSTRAK

Dalam penelitian ini mencoba menggunakan limbah slag baja sebagai bahan pengganti filler yang diharapkan dapat menambah kualitas campuran beton aspal sekaligus mengurangi dampak lingkungan yang terjadi akibat penumpukan limbah slag. Tujuan penelitian adalah mengetahui pengaruh abu slag terhadap karakteristik pada campuran beton aspal serta untuk mengetahui kadar abu slag dan kadar aspal optimum pada campuran beton aspal. Metode yang digunakan metode eksperimen yaitu dengan suatu percobaan untuk mendapatkan hasil, dengan demikian akan terlihat pemanfaatan abu slag baja pada konstruksi beton aspal dengan variasi kadar abu slag 0%, 1%, 2%, 3%, 4% dan 5%. Hasil penelitian menunjukkan penggunaan Abu slag dalam campuran beton aspal mempengaruhi karakteristik campuran beton aspal, semakin banyak abu slag akan membuat nilai stabilitas semakin meningkat, sampai pada batas optimum yaitu sebesar 4% dengan nilai stabilitas 2379.52kg, namun nilai stabilitas cenderung menurun saat kadar abu slag mencapai 5% yaitu sebesar 2081.87kg. Nilai fleksibilitas juga meningkat seiring pertambahan kadar abu slag, peningkatan terjadi sampai pada batas optimum 4% dengan kadar aspal 5.2%, hal ini menunjukkan bahwa campuran lebih bersifat kaku. Durabilitas campuran dapat dilihat dari nilai VIM, dalam pengujian nilai durabilitas mengalami penurunan seiring dengan penambahan kadar abu slag terhadap campuran beton aspal. Nilai durabilitas yang ideal terdapat pada abu slag 3% dengan kadar aspal 4.7%. Dapat disimpulkan bahwa kadar slag ideal menggunakan Abu slag sebesar 3% dengan kadar aspal optimum sebesar 5.95%.

**Kata Kunci** : Slag Baja, Campuran Beton Aspal, Stabilitas, Durabilitas, Fleksibilitas

### PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi bahan saat ini telah banyak mendorong penelitian untuk mencoba menggunakan material alternatif sebagai komponen untuk campuran beton aspal. Bahan pengisi (*filler*) dalam campuran beton aspal adalah bahan yang lolos saringan No.200 (0,075mm).

Dalam penelitian ini bahan pengisi (*filler*) yang akan di gunakan adalah abu slag baja yang merupakan limbah dari olahan besi-besi bekas produksi PT. Hanil Jaya Steel, yang terletak di Sidoarjo Jawa Timur. Abu slag baja PT. Hanil Jaya Steel ini sudah terbentuk seperti agregat butiran halus yang lolos saringan No.200 (0,075mm) tanpa melalui penumbukan terlebih dahulu dan dalam kondisi kering. Abu slag baja ini berasal dari sisa peleburan baja yang kemudian di saring melalui proses

pembakaran tanur tinggi. Untuk menghasilkan limbah abu slag baja tersebut perlu di lakukan pemisahan dengan menggunakan alat *dust collector*.

Slag baja yang di hasilkan dapat mencapai 25-30 ton per harinya, Sehingga merupakan ancaman bagi kelestarian lingkungan, oleh karena itu perlu dilakukan pendayagunaan slag tersebut guna menghasilkan sesuatu yang bermanfaat bagi masyarakat. Pada penelitian ini kadar bahan pengisi (*filler*) slag dibatasi antara 1-5% dari berat total campuran aspal beton.

Berkaitan hal tersebut di atas akan diteliti pemanfaatan slag limbah baja sebagai pengganti *filler* pada perkerasan jalan lentur atau aspal beton. Sehingga akan diketahui seberapa besar Pengaruh variasi kadar *filler* abu slag baja terhadap karakteristik campuran beton aspal.

## TINJAUAN PUSTAKA

### Beton Aspal (*Asphalt Concrete*)

Lapisan aspal beton (*laston*) atau juga disebut AC, merupakan salah satu jenis lapis campuran perkerasan beraspal. Jenis perkerasan ini merupakan campuran merata antara agregat dengan aspal sebagai bahan pengikat, lapis aspal beton dibagi menjadi 3 jenis, yaitu :

1. Laston sebagai lapis aus, lapisan ini adalah lapisan yang berhubungan langsung dengan ban kendaraan dan dirancang untuk dapat tahan terhadap cuaca dan gesekan, serta harus kedap air.
2. Laston sebagai lapis antara, atau disebut juga *Asphalt Concrete – Binder Course* dengan ukuran agregat maksimumnya adalah 25.4mm dengan ketebalan minimum 6 cm. lapisan ini digunakan untuk pembentuk lapis pondasi jika

digunakan pada pekerjaan peningkatan atau pemeliharaan jalan.

3. Laston sebagai lapis pondasi, dikenal dengan nama *Asphalt Concrete – Base* dengan ukuran agregat maksimumnya adalah 37.5 mm dengan ketebalan minimum 7.5 cm.

### Bahan Dasar Campuran Beton Aspal

#### 1. Aspal Keras / Panas

Aspal didefinisikan sebagai material berwarna hitam atau coklat tua, pada temperatur ruang berbentuk padat sampai agak padat. Ada beberapa jenis aspal yang diproduksi menurut kegunaannya, aspal keras adalah aspal yang umum digunakan dalam pekerjaan konstruksi jalan di Indonesia, AC dengan penetrasi rendah dipakai untuk daerah dengan cuaca panas atau volume lalu lintas yang tinggi, sedangkan AC dengan penetrasi tinggi dipakai untuk daerah dingin atau dipakai untuk volume lalu lintas rendah.

Tabel 1. Persyaratan Aspal Keras Pen 60/70

No	Jenis Pengujian	Metode	Persyaratan (RSNI S-01-2003)
1	Penetrasi, 25 °C; 100gr; 5 detik, 0.1 mm	SNI 06-2456-1991	60 - 79
2	Titik Lembek, °C	SNI 06-2434-1991	48 - 53
3	Titik Nyala	SNI 06-2433-1991	Min 200
4	Daktalitas, cm	SNI 06-2432-1991	Min 100
5	Berat Jenis	SNI 06-2441-1991	Min 0.1
6	Penurunan Berat (TFOT), %	SNI 06-2440-1991	Maks 1.0

(Pd T-04-2005-B, Dep PU)

## 2. Agregat kasar

Tabel 2. Persyaratan Agregat Standar Kasar

Pengujian	Metode	Persyaratan
Berat jenis, Kg/m <sup>3</sup>		
• Bulk	SNI 03-1969-1990	Min 2.5
• SSD		Min 2.5
• Aparent		Min 2.5
Penyerapan, %	SNI 03-1969-1990	Maks 3
Abrasi dengan mesin los angeles, %	SNI 03-2417-1991	Maks 40
Kekekalan bentuk agregat terhadap larutan natrium atau magnesium sulfat, %	SNI 03-3407-1994	Maks 12
Angularitas, % (*)	SNI 03-3407-1994	95/90
Partikel pipih dan lonjong, % (**)	RSNI T-01-2005	Maks 10
Kelekatan terhadap aspal, %	SNI 03-2439-1991	Min 95
Material lolos #200, %	SNI 03-4142-1996	Maks 1

(Pd T-04-2005-B, Dep PU)

Catatan :

(\*) 95/90 menunjukkan bahwa 95 % agregat kasar mempunyai muka bidang pecah satu atau lebih dan 90 % agregat kasar mempunyai muka bidang pecah dua atau lebih

(\*\*) Pengujian dengan lengan alat uji terhadap poros 1 : 5

### 3. Agregat Halus

Agregat halus (pasir) adalah mineral alami yang berfungsi sebagai bahan pengisi dalam campuran aspal beton yang memiliki ukuran butiran kurang dari 2.36 mm atau lolos saringan no.8 dan tertahan pada saringan No.200.

Tabel 3. Persyaratan Agregat Standar Halus

Pengujian	Metode	Persyaratan
Berat jenis, Kg/m <sup>3</sup>		
• Bulk	SNI 03-1979-1990	Min 2.5
• SSD		Min 2.5
• Apparent		Min 2.5
Nilai Setara Pasir, %	SNI 03-4428-1997	Min 50
Material Lolos Ayakan No. 200, %	SNI 03-4142-1996	Maks 8
Penyerapan Terhadap Air, %	SNI 03-1979-1990	Maks 3

(Pd T-04-2005-B, Dep PU)

### 4. Bahan Pengisi (Filler)

Menurut SNI 03-6723-2002 tentang bahan pengisi untuk campuran beraspal adalah bahan yang lolos ukuran saringan no.30 (0.59 mm) dan paling sedikit lolos saringan no.200 (0.075 mm).pada waktu digunakan bahan pengisi haruslah cukup kering untuk dapat mengalir bebas dan tidak boleh menggumpal, untuk abu batu nilai indeks plastisitas adalah 4 % sesuai dengan SNI 03-6723-2002.

Tabel 4. Gradasi Bahan Pengisi

Ukuran Saringan	Persen Lolos
No. 30 (600 mikron)	100
No. 50 (300 mikron)	95 – 100
No. 200 (75 mikron)	70 – 100

(SNI 03-6723-2002)

### 2.2 Limbah Peleburan Baja (Steel Slag)

Terdapat dua karakteristik umum yang terdapat pada limbah slag baja, yaitu karakteristik kimia dan karakteristik fisik.

#### 1. Karakteristik Kimia

Berikut adalah kandungan kimia agregat slag yang dikeluarkan oleh PT. Hanil Jaya Steel Sidoarjo:

Tabel 5. Kandungan Kimia Agregat Slag

No	Kandungan	Prosentase
1	Aluminium ( Al )	3.76%
2	Besi Oksida ( Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	19.18%
3	Fosfor ( P )	0.07%
4	Krom ( Cr )	0.08%
5	Mangan ( Mn )	1.11%
6	Nikel ( Ni )	0.01%
7	Seng Oksida ( ZnO )	1.58%
8	Timbal ( Pb )	0.30%
9	Tembaga ( Cu )	0.12%

(PT. Hanil Jaya Steel Sidoarjo, 2010)

#### 2. Karakteristik Fisik

Saat mengalami proses pendinginan gas dalam slag akan terperangkap dan menyebabkan permukaan slag menjadi kasar dan berlubang, lubang-lubang gas tersebut tidak saling berhubungan dan tidak bersifat porous, bila slag terbelah karena proses pemecahan, maka kekerasan tidak hilang sampai butir terkecil sekalipun, karena agregat slag mempunyai kekerasan yang tinggi digabungkan dengan sifat tidak porous tersebut menyebabkan agregat slag baik untuk bahan perkerasan jalan (Puslitbang Jalan dan Jembatan, Dep PU. 2011)

Tabel 6. Pengujian dan Persyaratan Agregat Slag

Pengujian	Metode	Persyaratan
Berat jenis, Kg/m <sup>3</sup>		
• Bulk	SNI 03-1969-1990	Min 3.3
• SSD		Min 3.3
• Aparent		Min 3.3
Penyerapan, %	SNI 03-1969-1990	Maks 3
Keausan agregat dengan mesin los angeles, %	SNI 03-2417-1991	Maks 40
Kekekalan bentuk agregat terhadap larutan natrium atau magnesium sulfat, %	SNI 03-3407-1994	Maks 12

Kelekatan terhadap aspal, %	SNI 03-2439-1991	Min 95
Material lolos #200, %	SNI 03-4142-1996	Maks 1

(Pd T 04-2005-B, Dep PU)

Penggunaan slag sebagai lapis aus (*wearing course*) tidak memberikan indikasi kekesatan yang tinggi (kasar atau tajam) karena slag mempunyai nilai Polishing Stone Value (PSV) 53 sedikit diatas agregat Standar dengan nilai PSV 50 (*Puslitbang Jalan dan Jembatan, Dep PU, 2011*)

Gradasi agregat merupakan sifat yang sangat menentukan daya tahan jalan. Setiap jenis perkerasan jalan mempunyai gradasi agregat tertentu yang dapat dilihat dalam setiap spesifikasi material jalan.

## Campuran Beton Aspal

### 1. Gradasi campuran beton aspal

Tabel 7. Gradasi Gabungan Agregat Untuk Campuran Beraspal

Ukuran ayakan		% Berat Yang Lolos				
		Lastaton (HRS)		Laston (AC)		
		WC	Base	WC	BC	Base
ASTM	(mm)					
1½"	37.5					100
1"	25				100	90 - 100
¾"	19	100	100	100	90 - 100	Maks 90
½"	12.5	90 - 100	90 - 100	90 - 100	Maks 90	
3/8"	9.5	75 - 85	65 - 100	Maks 90		
No. 8	2.36	50 - 72	35 - 55	28 - 58	23 - 49	19 - 45
No. 16	1.18					
No. 30	0.800	35 - 60	15 - 35			
No. 200	0.075	6 - 12	2 - 9	4 - 10	4 - 8	3 - 7
DAERAH LARANGAN						
No. 4	4.75			-	-	39.5
No. 8	2.36			39.1	34.6	26.8-30.8
No. 16	1.18			25.6-31.6	22.3-28.3	18.1-24.1
No. 30	0.600			19.1-23.1	16.7-20.7	13.6-17.6
No. 50	0.300			15.5	13.7	11.4

(Pd T-04-2005-B, Dep PU)

Catatan :

- Untuk agregat HRS-WC dan HRS-Base, paling sedikit 80% agregat lolos ayakan No.8 (2.36 mm) dan juga lolos ayakan No.30 (0.600 mm)
- Untuk AC digunakan titik control gradasi agregat, berfungsi sebagai batas – batas rentang utama yang harus ditempati oleh gradasi – gradasi tersebut. Batas – batas gradasi ditentukan pada ayakan ukuran nominal maksimum, ayakan menengah No8 (2.36 mm) dan ayakan terkecil No. 200 (0.075 mm)

### 2. Sifat Campuran Beton Aspal

#### a. Stabilitas

Stabilitas berkaitan dengan pada kekuatan struktur, yaitu bagaimana perkerasan bertahan terhadap beban lalu lintas tanpa ada perubahan deformasi yang berarti.

Dalam campuran aspal stabilitas mempunyai nilai optimum berdasarkan perencanaan beban lalu lintas dan percobaan yang telah dilakukan sebelumnya. Jika stabilitas suatu campuran terlalu tinggi akan

menyebabkan perkerasan menjadi kaku dan mudah retak akibat beban lalu lintas, demikian juga dengan stabilitas yang terlalu rendah akan menyebabkan deformasi berlebihan.

#### b. Durabilitas (Keawetan)

Durabilitas adalah tolok ukur ketahanan perkerasan terhadap desintegrasi akibat beban lalu lintas. selama umur rencana. Ini berarti dengan adanya rentang waktu sekian lama, akan terjadi perubahan lingkungan antara lain

cuaca, kadar air, degradasi bahan ataupun beban lalu lintas yang semakin bertambah

Banyak factor yang mempengaruhi durabilitas salah satunya adalah kadar aspal, campuran harus mendapatkan kadar aspal yang cukup untuk melindungi seluruh partikel agregat, dan juga dapat mengisi rongga butir secukupnya sesuai desain (Hamiran Saodang, 2004).

**c. Fleksibilitas (Kelenturan)**

Fleksibilitas perkerasan adalah berupa kemampuan bahan untuk mengikuti deformasi permukaan dan turunnya kebawah, tanpa terjadi keretakan akibat perubahan volume.

Untuk mendapatkan fleksibilitas yang tinggi, dapat digunakan dengan cara menggunakan campuran agregat bergradasi senjang. Dari sisi penggunaan aspal diisyaratkan menggunakan aspal sesuai dengan iklim daerah yang mengalami perkerasan.

**d. Skid Resistance (Kekesatan)**

Ada dua faktor yang mengakibatkan perkerasan menjadi licin yaitu perkerasan

yang sudah mengalami bleeding atau keluarnya aspal yang berada di dalam rongga campuran dan akibat tidak terpenuhinya spesifikasi agregat.

Kekesatan dapat dipertinggi dengan menggunakan kadar aspal yang tepat sehingga tidak terjadi bleeding, dan menggunakan agregat dengan permukaan kasar atau komposisi prosentase agregat kasar yang cukup (Hamiran Saodang, 2004)

**Persyaratan Campuran Beton Aspal**

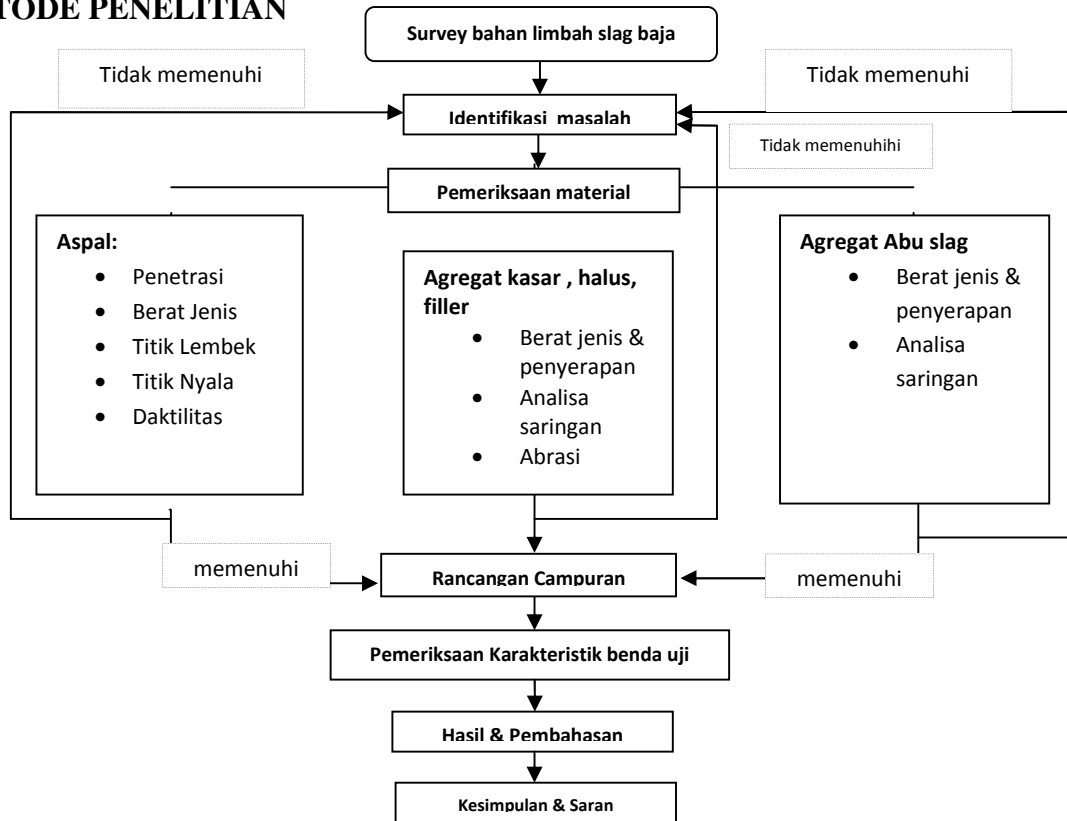
Campuran masing-masing fraksi agregat terlebih terlebih dahulu harus diperiksa gradasinya dan selanjutnya digabungkan menurut beberapa metode perbandingan antara lain metode segi empat, metode coba-coba, metode segitiga yang nantinya menghasilkan agregat campuran yang memenuhi spesifikasi gradasi. Spesifikasi umum dari campuran beton aspal dapat dilihat pada Tabel 8.

Tabel 8. Persyaratan Campuran Lapis Beton Aspal

Sifat – Sifat Campuran		Laston		
		WC	BC	Base
Penyerapan aspal, (%)	Maks		1.7	
Jumlah tumbukan per bidang		75		112
Rongga dalam campuran, VIM, (%)	Min		3.5	
	Maks		5.5	
Rongga dalam agregat, VMA, (%)	Min	15	14	13
Rongga terisi aspal, VFB, (%)	Min	65	63	60
Stabilitas marshall, (kg)	Min	800		1500
	Maks	-		-
Pelelehan, (mm)	Min	3		5
Marshall Quotient, (Kg/mm)	Min	250		300
Stabilitas Marshall sisa (%) setelah perendaman selama 24 jam, 60 °C	Min		75	
Rongga dalam campuran (%) pada kepadatan membal (refusal)	Min		2.5	

(Pd T-04-2005-B, Dep PU)

**METODE PENELITIAN**



Gambar 1. Bagan Alir Penelitian

**Prosedur Persiapan dan Pemeriksaan Material Campuran**

**3.1 Persiapan Material**

Sebelum dilakukannya percobaan tentang campuran aspal beton, perlu dipersiapkan material campuran, antara lain :

- Agregat Kasar Standar, yaitu batu pecah fraksi 1/2", 3/8" kering oven
- Pasir Kelas 1 kering oven
- Abu Slag, dilakukan penumbukan sampai memenuhi spesifikasi fraksi

agregat halus, yaitu lolos saringan No.200, kering oven

- Abu Batu kering oven
- Aspal (AC Pen 60/70),

**3.2 Prosedur Pemeriksaan Material**

Untuk melakukan pemeriksaan agregat standar maupun agregat slag serta aspal harus mengikuti prosedur sesuai dengan SNI .

Tabel 9. Prosedur Pemeriksaan Agregat dan aspal

No	Pemeriksaan	Standar Pemeriksaan	Satuan
<b>A. Agregat Kasar</b>			
1	Gradasi	SNI 03 – 1968 – 1990	%
2	Abrasi	SNI 03 – 2417 – 1991	%
3	Berat Jenis : Bulk, SSD dan Aparent	SNI 03 – 1969 – 1990	-
4	Penyerapan Air	SNI 03 – 1969 – 1990	%
<b>B. Agregat Halus</b>			
1	Gradasi	SNI 03 – 1968 – 1990	%
2	Berat Jenis :	SNI 03 – 1979 – 1990	-

	Bulk,SSD dan Aparent		
3	Penyerapan Air	SNI 03 – 1979 – 1990	%
<b>C. Bahan Pengisi</b>			
1	Berat Jenis	SNI 03 – 2460 – 1991	-
2	Gradasi	SNI 03 – 6723 – 2002	%
<b>D. Agregat Kasar Slag</b>			
1	Gradasi	SNI 03 – 1969 – 1990	%
2	Abrasi	SNI 03 – 2417 – 1991	%
2	Berat Jenis	SNI 03 – 1969 – 1990	-
	Bulk, SSD dan Aparent		-
3	Penyerapan Air	SNI 03 – 1969 – 1990	%
<b>E. Aspal</b>			
1	Berat jenis (25 °C)	SNI 06 – 2441 – 1991	-
2	Penetrasi (25 °C, 5 det)	SNI 06 – 2456 – 1991	0.1 mm
3	Titik Lembek	SNI 06 – 2434 – 1991	°C
4	Kehilangan Berat	SNI 06 – 2440 – 1991	% Berat
5	Daktilitas	SNI 06 – 2432 – 1991	Cm

(PD-T-04-2005, Dep PU )

### 3.3 Menentukan Desain Campuran (Job Mix Design)

Langkah – langkah job mix design :

- Membuat daftar tabel prosentase lolos dan spesifikasi yang dibutuhkan untuk masing – masing agregat dengan menggunakan cara segi empat.
- Menentukan kadar aspal untuk campuran tersebut
- Menentukan berat masing – masing fraksi agregat dan material campuran yang dibutuhkan
- Menghitung kebutuhan material slag yang digunakan dalam campuran tersebut dengan variasi kadar slag, 0%, 25%, 50%, 75%, 100%.
- Membuat benda uji, mencampur dan mengaduk campuran sampai benar –

benar menyatu sampai campuran tersebut

#### Pengujian

- Menimbang benda uji dalam keadaan kering (Bk) kemudian merendam benda uji dalam air selama 24 jam
- Setelah 24 jam, benda uji diangkat dan dilap sampai keadaan kering permukaan kemudian ditimbang (Bj)
- Setelah selesai penimbangan SSD kemudian menimbang dalam air (Ba)
- Setelah proses penimbangan selesai benda uji direndam dalam air dengan suhu 60% selama 30 menit
- Melakukan uji marshall

Tabel 10 Prosedur Pemeriksaan Campuran Beton Aspal (AC – WC)

Sifat – Sifat Campuran	Spec.
Penyerapan aspal, (%)	Maks 1.7
Jumlah tumbukan per bidang	75 kali
Rongga dalam campuran, VIM, (%)	Min 3.5
	Maks 5.5
Rongga dalam agregat, VMA, (%)	Min 15
Rongga terisi aspal, VFB, (%)	Min 65
Stabilitas marshall, (kg)	Min 800
Pelelehan, (mm)	Min 3
Marshall Quotient, (Kg/mm)	Min 250

(PD-T-04-2005, Dep PU )

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

**1. Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar Standar**

Tabel 11. Hasil Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar Biasa

Jenis Pengujian	Hasil	Persyaratan	Ket
Berat Jenis (Bulk) $= \frac{Bk}{Bj-Ba}$	2.61	Min 2.5	OK
Berat kering permukaan jenuh (SSD) $= \frac{Bj}{Bj-Ba}$	2.65	Min 2.5	OK
Berat jenis semu (Apparent) $= \frac{Bk}{Bk-Ba}$	2.7	Min 2.5	OK
Penyerapan $= \frac{Bj-Bk}{Bk} \times 100\%$	1.26 %	Maks 3%	OK

Tabel 12. Hasil Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Abu Slag

Jenis Pengujian	Hasil	Persyaratan	Ket
Berat Jenis (Bulk) $= \frac{Bk}{Bj-Ba}$	2.56	Min 2.5	OK
Berat kering permukaan jenuh (SSD) $= \frac{Bj}{Bj-Ba}$	2.59	Min 2.5	OK
Berat jenis semu (Apparent) $= \frac{Bk}{Bk-Ba}$	2.63	Min 2.5	OK
Penyerapan $= \frac{Bj-Bk}{Bk} \times 100\%$	1.01 %	Maks 3%	OK

**b. Berat Jenis dan Penyerapan Abu Ba**

Tabel 12. Berat Jenis Dan Penyerapan Abu Batu

Jenis Pengujian	Hasil	Persyaratan	Ket
Berat Jenis (Bulk) $= \frac{Bk}{B+150-Bt}$	2.66	Min 2.5	OK
Berat kering permukaan jenuh (SSD) $= \frac{150}{B+150-Bt}$	2.71	Min 2.5	OK
Berat jenis semu (Apparent) $= \frac{Bk}{B+Bk-Bt}$	2.79	Min 2.5	OK
Penyerapan $= \frac{150-Bk}{Bk} \times 100\%$	1.62 %	Maks 3%	OK

**2. Pemeriksaan Agregat Dengan Mesin Los Angeles**

Dari hasil uji abrasi menunjukkan bahwa agregat standar telah memenuhi spesifikasi yang di syaratkan oleh Pd T-04-2005-B, Dep PU

a. Keausan Kerikil Standar

a = 5000 gram

b = 3651 gram

c = 1349 gram

$$\text{Keausan} = \frac{1349}{5000} \times 100\% = 26.98\% < 40\%$$

**3. Pemeriksaan Aspal**

Tabel 13. Hasil Pemeriksaan Bahan Pengikat (Aspal Pen 60/70)

Pengujian	Hasil Penelitian	Spek.	Ket
Penetrasi, 25 °C; 100gr; 5 dtk; 0.1mm	65.4 mm	60 - 79	OK
Berat Jenis	1.036	Min 1	OK
Titik Lembek	53.5 °C	48 - 58	OK
Daktilitas	143 cm	Min. 100	OK



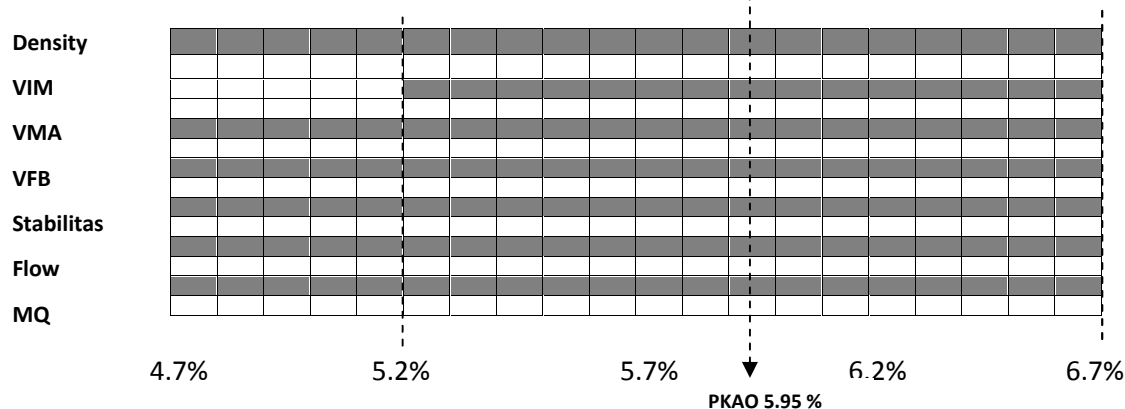
Tabel 14. Data Hot Mix Design Dengan Menggunakan Cara Marshall

Kadar Abu Slag	Kadar Aspal	Berat Kering (gram)	Berat SSD (gram)	Berat Dalam Air (gram)	Density (gr/cm <sup>3</sup> )	VMA (%)	VFB (%)	VIM (%)	Stabilitas (Kg)	Flow (mm)	Marshall Quotien (Kg/mm)
0%	4,7	1183,73	1193,30	685,33	2,33	17,108	63,612	6,603	1385,24	3,10	295,57
	5,2	1182,37	1189,07	683,67	2,34	17,220	70,240	5,545	1480,09	3,28	313,14
	5,7	1181,33	1187,47	679,33	2,32	18,171	72,546	5,447	1547,90	3,77	324,28
	6,2	1180,47	1185,17	675,67	2,32	18,882	75,708	5,084	1474,35	4,20	304,62
	6,7	1176,40	1177,63	672,67	2,33	18,871	82,345	3,872	1405,87	4,70	284,59
1%	4,7	1189,33	1194,53	687,67	2,35	16,222	67,548	5,645	1599,68	3,13	374,92
	5,2	1188,43	1192,63	685,33	2,34	16,796	72,110	5,105	1722,69	3,53	386,54
	5,7	1187,60	1190,07	682,00	2,34	17,417	76,093	4,624	1937,40	3,97	428,94
	6,2	1186,30	1188,63	680,33	2,33	17,983	80,076	4,083	1720,45	4,47	365,53
	6,7	1181,17	1185,27	678,33	2,33	18,554	83,763	3,553	1643,98	5,17	341,07
2%	4,7	1189,47	1195,40	690,33	2,36	15,280	71,979	4,664	1756,47	3,33	428,41
	5,2	1188,53	1192,73	688,00	2,35	15,735	77,372	3,983	1966,55	3,80	464,90
	5,7	1187,13	1190,50	683,33	2,34	16,679	79,571	3,869	2064,25	4,47	468,08
	6,2	1185,43	1188,27	680,67	2,34	17,310	83,241	3,402	1820,89	4,98	395,27
	6,7	1182,43	1186,00	678,67	2,33	17,916	86,770	2,911	1626,99	5,57	348,14
3%	4,7	1190,57	1193,67	687,67	2,35	15,037	73,072	4,431	1925,36	3,53	469,22
	5,2	1189,80	1192,53	681,33	2,33	16,396	73,388	4,782	2197,74	4,03	520,38
	5,7	1184,87	1187,73	675,67	2,31	17,322	75,740	4,658	2374,99	4,57	543,48
	6,2	1183,43	1185,77	672,33	2,30	18,079	78,665	4,351	2149,19	4,95	486,61
	6,7	1179,03	1182,83	670,67	2,30	18,617	82,475	3,796	1763,44	5,60	370,99
4%	4,7	1191,93	1194,77	682,67	2,33	15,633	69,529	5,141	2157,96	3,63	558,09
	5,2	1190,40	1192,57	676,67	2,31	16,801	71,003	5,286	2379,52	4,23	577,09
	5,7	1189,03	1190,80	666,67	2,27	18,633	69,031	6,218	2338,70	4,97	557,28
	6,2	1187,17	1189,10	662,00	2,25	19,647	70,732	6,233	1903,22	5,35	436,52
	6,7	1183,73	1186,57	658,67	2,24	20,427	73,220	5,990	1727,48	6,10	384,45
5%	4,7	1189,97	1194,73	679,00	2,31	16,047	67,149	5,646	2073,57	3,63	539,06
	5,2	1188,90	1192,30	671,33	2,28	16,615	71,688	5,118	2081,87	4,23	504,90
	5,7	1187,47	1190,07	662,33	2,25	5,899	70,232	5,899	2344,08	4,97	558,56
	6,2	1185,97	1188,40	657,00	2,23	6,134	71,041	6,134	1691,12	5,35	457,37
	6,7	1181,27	1185,03	654,67	2,23	6,379	71,688	6,379	1691,12	6,10	388,76

**a. Perhitungan Kadar Aspal Optimum**

Penentuan kadar aspal optimum menggunakan grafik dengan memplot

nilai – nilai karakteristik dari hasil pengujian marshall seperti pada gambar 2.



Gambar 2. Kadar Aspal Optimum 5.95% Dengan filler abu slag 3%

**b. Hasil Akhir Spesifikasi Campuran Beton Aspal**

**1. Kepadatan (Density)**

Tabel 15. Nilai Kepadatan dengan Kadar Slag Baja

Kadar Aspal %	Variasi Kadar Abu Slag (%)					
	0	1	2	3	4	5
4.7	2,33	2,35	2,36	2,35	2,33	2,31
5.2	2,34	2,34	2,33	2,33	2,31	2,30
5.7	2,32	2,34	2,34	2,31	2,27	2,27
6.2	2,32	2,33	2,34	2,30	2,25	2,25
6.7	2,33	2,33	2,33	2,30	2,24	2,23

Dari hasil pengujian marshall menunjukkan bahwa semua nilai kepadatan memenuhi spesifikasi dari Pd T-04-2005-B,Dep PU. Dari tabel 15 terlihat kecenderungan mengalami kenaikan sampai batas filler 2%. Hal utama yang menyebabkan kepadatan menjadi tinggi ialah kandungan mineral halus dalam hal

ini filler abu terbang abu slag baja pada campuran, yang membuat kerapatan antar agregat dengan bitumen menjadi tinggi

**2. Rongga Terhadap Agregat (Void In Mineral Agregat)**

Tabel 16. Nilai VMA dengan Kadar Slag Baja

Kadar Aspal %	Variasi Kadar Abu Slag (%)					
	0	1	2	3	4	5
4.7	17,108	16,222	15,280	15,037	15,633	16,047
5.2	17,220	16,796	15,735	16,396	16,801	16,615
5.7	18,171	17,417	16,679	17,322	18,633	18,316
6.2	18,882	17,983	17,310	18,079	19,647	19,518
6.7	18,871	18,554	17,916	18,617	20,427	20,710

Dari tabel 16 menunjukkan semua nilai VMA memenuhi spesifikasi, dan jika dilihat nilai VMA kecenderungan fluktuatif naik dan turun seiring dengan bertambahnya kadar Abu slag dalam

campuran, hal ini disebabkan karena penambahan kadar filler abu terbang slag baja membuat ruang yang tersedia untuk menampung volume aspal dan volume rongga udara yang di perlukan dalam

campuran semakin besar, begitu pula sebaliknya akan mengalami penurunan di karenakan ruang yang tersedia untuk menampung volume aspal dan volume rongga udara yang di perlukan dalam campuran semakin sedikit.

**3. Rongga Terhadap Aspal (Void Filled With Bitumen)**

Tabel 17. Nilai VFB dengan Kadar Slag Baja

Kadar Aspal	Variasi Kadar Abu Slag (%)					
	0	1	2	3	4	5
4.7	63,612	67,548	71,979	73,072	73,220	67,149
5.2	70,240	72,110	77,372	73,388	73,220	71,688
5.7	72,546	76,093	79,571	75,740	73,220	70,232
6.2	75,708	80,076	83,241	78,665	73,220	71,041
6.7	82,345	83,763	86,770	82,475	73,220	71,688

Dari tabel 4.18 menunjukkan nilai VFB kecenderungan mengalami fluktuatif naik dan turun seiring dengan bertambahnya kadar Abu slag dalam campuran, semakin banyak pula kadar aspal yang terserap oleh filler abu slag baja sehingga tebal selimut aspal yang menyelimuti agregat semakin tipis, hal ini menyebabkan nilai VFB semakin besar. Nilai VFB semakin kecil di sebabkan abu slag baja memiliki daya

VFB adalah rongga yang terisi aspal pada campuran setelah mengalami pemadatan yang dinyatakan dalam (%) terhadap rongga butir agregat (VMA). Nilai VFB dengan prosentase kadar slag dapat dilihat pada tabel 17.

absorpsi yang tinggi terhadap aspal dan bercampur membentuk *mastic*.

**4. Kelelahan (Flow)**

Kelelahan merupakan implementasi dari sifat fleksibilitas campuran, nilai flow dipengaruhi oleh kadar aspal dan distribusi agregat. Hubungan antara nilai flow dengan kadar aspal dapat dilihat pada tabel 18.

Tabel 18. Nilai Flow dengan Kadar Slag Baja

Kadar Aspal	Variasi Kadar Abu Slag (%)					
	0	1	2	3	4	5
4.7	4,69	4,27	4,10	4,10	3,87	3,85
5.2	4,73	4,46	4,23	4,22	4,12	4,12
5.7	4,77	4,52	4,41	4,37	4,20	4,20
6.2	4,84	4,71	4,61	4,42	4,36	4,17
6.7	4,94	4,82	4,67	4,75	4,49	4,35

Dari tabel 18 menunjukkan bahwa semakin banyak kadar Abu slag baja pada campuran beton aspal maka nilai kelelahan (flow) semakin kecil, hal ini disebabkan karena penambahan kadar filler abu terbang slag baja membuat campuran menjadi rapat karena abu slag baja bersifat *interlocking* sehingga deformasi akibat beban berkurang.

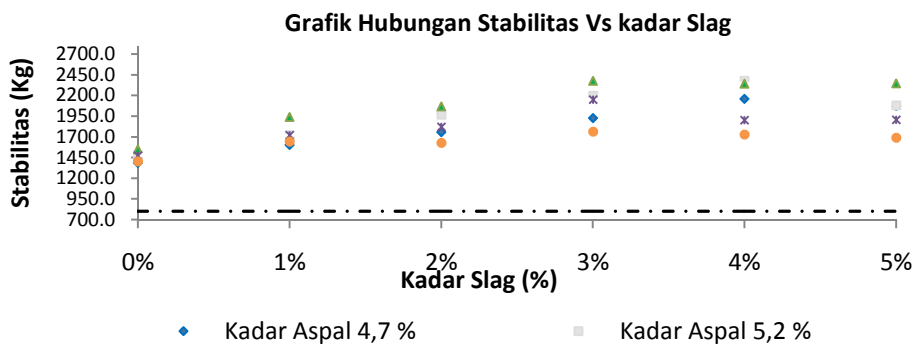
**Hasil Pengaruh Slag Terhadap Karakteristik (Stabilitas, Durabilitas, Fleksibilitas) Campuran**

**1. Stabilitas Campuran**

Nilai Stabilitas dengan prosentase kadar slag dapat dilihat pada tabel 19.

Tabel 19. Nilai Stabilitas dengan Kadar Slag Baja

Kadar Aspal	Variasi Kadar Abu Slag (%)					
	0	1	2	3	4	5
4.7	1385,24	1599,68	1756,47	1925,36	2157,96	2073,57
5.2	1480,09	1722,69	1966,55	2197,74	2379,52	2081,87
5.7	1547,90	1937,40	2064,25	2374,99	2338,70	2344,08
6.2	1474,35	1720,45	1820,89	2149,19	1903,22	1691,12
6.7	1405,87	1643,98	1626,99	1763,44	1727,48	1691,12



Gambar 3. Hubungan Nilai Stabilitas VS Kadar Slag

Dari tabel 19. menunjukkan bahwa semua nilai stabilitas memenuhi persyaratan yang disyaratkan, dan dari gambar 3 menunjukkan kecenderungan stabilitas mengalami kenaikan sampai pada batas optimum yaitu 4% abu slag, hal ini dikarenakan abu slag baja mempunyai kemampuan untuk menyerap aspal yang tinggi sehingga menghasilkan adhesi antar agregat dan aspal, hal ini mengakibatkan ikatan antara agregat lebih kuat, rongga diantara butiran agregat kecil, yang pada akhirnya meningkatkan nilai stabilitas.

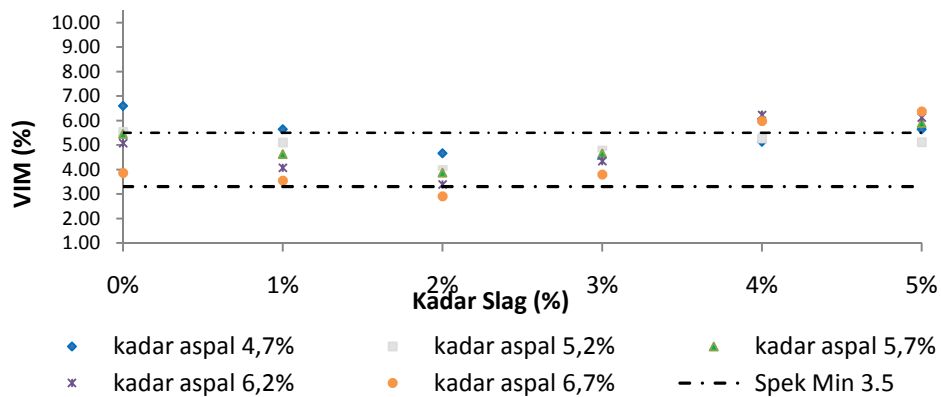
Tabel 20. Nilai VIM dengan Kadar Slag Baja

Kadar Aspal	Variasi Kadar Abu Slag (%)					
	0	1	2	3	4	5
4.7	6,603	5,645	4,664	4,431	5,141	5,646
5.2	5,545	5,105	3,983	4,782	5,286	5,118
5.7	5,447	4,624	3,869	4,658	6,218	5,899
6.2	5,084	4,083	3,402	4,351	6,233	6,134
6.7	3,872	3,553	2,911	3,796	5,990	6,379

kemudian mengalami penurunan pada kadar filler 5% , stabilitas optimum terjadi pada kadar slag 4% dengan kadar aspal 5.2% yaitu sebesar 2379.52 kg..

### 2. Pengaruh Slag Terhadap Karakteristik Durabilitas Campuran

Nilai VIM memberi pengaruh durabilitas atau keawetan dari campuran beton aspal. Nilai VIM dengan prosentase slag dapat dilihat pada tabel 20.



Gambar 4. Hubungan Nilai VIM VS Kadar Slag

Dari tabel 20 menunjukkan Penambahan kadar abu slag kedalam campuran cenderung menurunkan nilai VIM. Hal ini disebabkan karena rongga yang ada terisi oleh filler lebih banyak, sedangkan bertambahnya nilai VIM disebabkan volume dari prosentase filler abu batu yang berkurang lebih besar dari volume prosentase penambahan abu slag baja, selain itu daya absorpsi yang besar seiring dengan penambahan prosentase abu slag baja mengakibatkan aspal lebih banyak terserap oleh abu slag baja, sehingga tebal

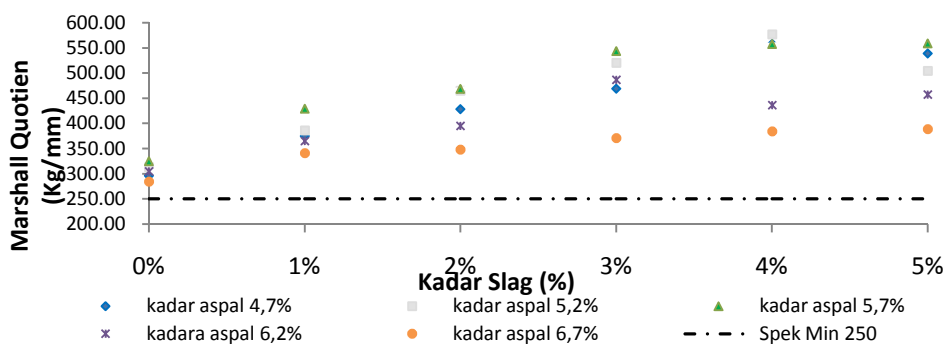
selimut aspal yang menyelimuti agregat semakin tipis, maka pemilihan kadar filler slag yang ideal yang didapatkan adalah 3% dengan kadar aspal 4.7%. Nilai VIM lebih mendekati nilai VIM ideal yaitu 4.5.

### 3. Fleksibilitas Campuran

Nilai MQ menunjukkan fleksibilitas campuran, yaitu semakin besar nilai MQ maka campuran akan semakin kaku, jika campuran terlalu kaku menyebabkan campuran tersebut mudah retak namun sebaliknya jika campuran terlalu lentur, campuran akan cenderung kurang stabil.

Tabel 21. Nilai MQ dengan Kadar Slag Baja

Kadar Aspal %	Variasi Kadar Abu Slag (%)					
	0	1	2	3	4	5
4.7	295,57	374,92	428,41	469,22	558,09	539,06
5.2	313,14	386,54	464,90	520,38	577,09	504,90
5.7	324,28	428,94	468,08	543,48	557,28	558,56
6.2	304,62	365,53	395,27	486,61	436,52	457,37
6.7	284,59	341,07	348,14	370,99	384,45	388,76



Gambar 5. Hubungan Nilai MQ VS Kadar Slag

Dari tabel 21. menunjukkan kadar slag 0% - 5% memenuhi spesifikasi MQ yang disyaratkan, dan dari gambar 5 nilai MQ cenderung mengalami kenaikan seiring dengan bertambahnya kadar abu slag baja. Hal ini disebabkan karena fleksibilitas campuran yang tinggi hal ini mengindikasikan aspal yang melekat dan terabsorpsi kedalam agregat mampu memperkuat campuran sehingga tahan terhadap deformasi beban. Penambahan kadar filler abu slag baja membuat campuran menjadi padat dan kaku. Namun jika dilihat dari gambar maka bisa dikatakan penambahan kadar filler abu slag baja yang terlalu tinggi dapat menurunkan nilai MQ, karena aspal tidak dapat lagi melekat di permukaan agregat secara maksimal.

## KESIMPULAN DAN SARAN

### Kesimpulan

Berdasarkan analisis dapat disimpulkan :

#### a. Stabilitas

Dengan penambahan filler abu slag baja cenderung mengalami kenaikan sampai batas optimum yaitu sebesar 4%, kemudian mengalami penurunan sampai kadar 5%. Stabilitas tertinggi dicapai pada kadar 4% dengan kadar aspal 5.2% yaitu sebesar 2379.52 kg. Stabilitas tinggi dikarenakan rongga antar butiran kecil dan Rongga dalam campuran kecil, tetapi membutuhkan kadar aspal yang rendah untuk mengikat agregat.

#### b. Fleksibilitas

Menunjukkan bahwa nilainya cenderung meningkatkan seiring dengan bertambahnya kadar filler abu slag dalam campuran beton aspal, jadi campuran akan semakin kaku ketika dilakukan penambahan kadar filler abu slag sampai batas tertinggi yaitu sebesar 4% dengan kadar aspal sebesar 5.2%, dan akan mengalami penurunan sesudahnya.

#### c. Durabilitas

Penambahan kadar filler abu slag kedalam campuran cenderung menurunkan nilai VIM. Nilai VIM kecil akan menyebabkan terjadinya oksidasi dan aspal menjadi rapuh atau getas, hal ini di

karenakan lapis kedap air dan udara tidak masuk kedalam campuran, maka pemilihan kadar filler slag yang ideal yang didapatkan adalah 3% dengan kadar aspal 4.7%. Nilai VIM lebih mendekati nilai VIM ideal yaitu 4.5.

Dari pertimbangan hasil pengujian dan analisis sifat – sifat campuran maka dapat dikatakan, kadar filler abu slag 3% menjadi kadar abu slag yang ideal sebagai bahan pengganti filler dalam campuran beton aspal, dengan kadar aspal optimum sebesar 5.95%.

## DAFTAR PUSTAKA

- Departemen Pekerjaan Umum, 2010, *Rancangan Spesifikasi Umum Bidang Jalan dan Jembatan Divisi VI Perkerasan Beraspal*, Edisi November 2010, Departemen Pekerjaan Umum, Jakarta.
- Leksminingsih, dkk, 2011, *Pemanfaatan Slag Baja Untuk Teknologi Jalan Yang Ramah Lingkungan*, Puslitbang Jalan dan Jembatan, Dep PU, Bandung.
- Pd T-04-2005-B, *Pedoman Penggunaan Agregat Slag Untuk Campuran Beraspal Panas*, 2005, Departemen Pekerjaan Umum.
- Revisi SNI 03-1737-1989,2006, *Pelaksanaan Lapis Campuran beraspal Panas*, Departemen Pekerjaan Umum.
- Saodang Hamiran, 2004, *Konstruksi Jalan Raya*, penerbit Nova, Bandung
- SNI 03-6723-2002, *Spesifikasi Bahan Pengisi Untuk Campuran Beraspal*, Puslitbang Jalan dan Jembatan, Departemen Pekerjaan Umum.
- SNI 03-6819-2002, *Spesifikasi Agregat Halus untuk Campuran Perkerasan Beraspal*, Puslitbang Jalan dan Jembatan, Departemen Pekerjaan Umum.
- Tahir, Anas.2009. *Karakteristik Campuran beton Aspal (AC – WC) dengan Menggunakan Variasi Filler Abu Terbang Batu Bara*. Jurnal SMARTek, Vol. 7, No. 4, Nopember 2009: 256 - 278