

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1 Lapis Perkerasan

Perkerasan jalan adalah suatu konstruksi yang terdiri dari lapisan-lapisan yang diletakan di atas tanah dasar, baik berupa tanah asli maupun tanah timbunan yang telah dipadatkan dan berfungsi untuk mendukung beban lalu lintas yang melintas di atasnya. Persyaratan dasar dari suatu perkerasan adalah dapat menyediakan lapis permukaan yang rata dan kuat, serta menjamin keamanan yang tinggi untuk masa pelayanan yang cukup lama dan pemeliharaan yang sekecil-kecilnya. Selanjutnya beban tersebut diteruskan atau didistribusikan kelapis tanah dasar (*subgrade*), sehingga tanah dasar tidak menanggung beban seluruhnya dan beban tidak melampaui daya dukung tanah dasar yang diijinkan.

Lapis perkerasan dibagi dalam 3 jenis, yaitu :

1. Perkerasan lentur (*Flexible Pavement*) yaitu perkerasan yang menggunakan aspal sebagai bahan ikat. Lapisan-lapisan perkerasannya bersifat memikul dan menyebarkan beban lalulintas ke tanah dasar.
2. Perkerasan Kaku (*Rigid Pavement*) yaitu perkerasan yang menggunakan semen sebagai bahan ikat. Plat beton dengan atau tanpa tulangan diletakan di atas tanah dasar dengan atau tanpa lapis pondasi bawah. Beban lalu lintas sebagian besar dipikul oleh plat beton.

3. Perkerasan Komposit (*Composite Pavement*) yaitu perkerasan kaku yang dikombinasikan dengan perkerasan lentur, dapat berupa perkerasan lentur diatas perkerasan kaku atau perkerasan kaku diatas perkerasan lentur.

3.2 Bahan Penyusun *Hot Rolled Asphalt*

3.2.1 Agregat

Hot Rolled Asphalt memakai agregat bergradasi timpang (*gap graded*) yaitu gradasi yang dalam ukuran butirannya tidak mempunyai salah satu atau mengandung sedikit butiran dengan ukuran tertentu atau beberapa ukuran agregatnya dihilangkan.

Berdasarkan ukurannya, *British Standard Institution* 594, (1985) mengelompokan agregat menjadi 3 (tiga) fraksi, yaitu :

1. Agregat kasar merupakan agregat yang tertahan saringan BS. 2,36 mm.
2. Agregat halus adalah agregat yang lolos saringan BS. 2,36 mm dan tertahan saringan BS. 0,075 mm.

3. *Filler* adalah fraksi dari agregat halus yang lolos saringan BS. 0,075 mm.

British Standard Institution (1985) mensyaratkan komposisi agregat kasar, agregat halus dan agregat campur yang digunakan pada campuran *Hot Rolled Asphalt*. Persyaratan gradasi agregat kasar, agregat halus dan agregat campur untuk campuran *Hot Rolled Asphalt* dapat dilihat pada Tabel 3.1 sampai dengan Tabel 3.3 berikut ini.

Tabel 3.1 Persyaratan gradasi agregat kasar *Hot Rolled Asphalt*

Tebal lapisan (mm)	35
Kadar agregat kasar (%)	15/30
Ukuran nominal batuan (mm)	10/14/20
Ukuran saringan (mm)	Lolos saringan (%)
50	-
37,5	-
28,0	-
20,0	100
14	85-100
10,0	0-100
6,3	0-60

Sumber : *British Standard Institution 594, 1985*

Tabel 3.2 Persyaratan gradasi agregat halus *Hot Rolled Asphalt*

Ukuran saringan (mm)	Prosentase lolos (%)
5,000	100
2,360	95-100
0,600	75-100
0,212	15-100
0,075	0-5

Sumber : *British Standard Institution 594, 1985*

Tabel 3.3 Persyaratan gradasi agregat campuran *Hot Rolled Asphalt*

Ukuran Saringan	Prosentase lolos saringan (%)	
	Spesifikasi	Nilai Tengah
14 mm (1/2")	100	100
10 mm (3/8")	85-100	92,5
6,3 mm (1/4")	60-90	75
2,36 mm (#8)	60-72	66
0,600 mm (#30)	25-45	35
0,212 mm (#70)	15-30	22,5
0,075 mm (#200)	8-12	10

Sumber : *British Standard Institution 594, 1985*

3.2.2 Aspal

Hidrokarbon adalah bahan dasar utama dari aspal yang umum disebut bitumen, sehingga aspal juga sering disebut Bitumen. Bitumen yang dipakai dalam perencanaan *Hot Rolled Asphalt* adalah jenis Bitumen keras dengan tingkat kekerasan penetrasi 40 – 50 atau penetrasi 60–70. Persyaratan penetrasi aspal tertera pada Tabel 3.4 berikut ini.

Tabel 3.4 Persyaratan beberapa jenis aspal

No	Jenis Pemeriksaan	Pen. 40		Pen. 60		Pen. 80	
		min.	maks.	min.	maks.	min.	maks.
1.	Penetrasi 25°C. 100 gr. 5 detik (0,1 mm)	40	59	60	80	80	99
2.	Titik lembek (Ring and Ball) (°C)	51	63	48	58	46	54
3.	Titik nyala (Cleveland open cup) (°C)	200	-	200	-	200	-
4.	Daktilitas 25°C 5 cm per menit (cm)	75	-	100	-	100	-
5.	Kelarutan CCL ₄ (% berat)	99	-	99	-	99	-
6.	Penurunan berat 163°C, 5 jam (% berat)	-	0,4	-	0,4	-	0,6
7.	Penetrasi setelah penurunan berat (%)	75	-	75	-	75	-
8.	Berat jenis 25°C	1	-	1	1	1	-

Sumber : Bina Marga, 1983

3.2.3 Retona

Retona merupakan bahan ikat yang digunakan dalam campuran bersama aspal. Bahan ini berfungsi menstabilkan dan mempertahankan sifat-sifat aspal akibat pengaruh cuaca dan beban lalu lintas selama masa pelayanan jalan.

Dalam penelitian ini Retona yang digunakan adalah Retona P6014 berupa serbuk yang diperoleh dari PT. Olah Bumi Mandiri, untuk mengetahui karakteristik Retona dapat dilihat pada Tabel 3.5 berikut ini.

Tabel 3.5 Sifat-sifat Retona P6014

No	Description	Unit	Value
1.	Colour in mass	-	Black
2.	Fracture	-	Semi Conchoidal
3.	Lustre	-	Dull
4.	Streak	-	Dark Blue
5.	Specific Gravity at 25°C	-	1.17
6.	Penetration at 25°C (100 g 5 second)	0,1 mm	72.3
7.	Flash Point	°C	191
8.	Ductility	Cm	29.0
9.	Solubility in TCE	%	97.7
10.	Loss in heating (Thin film 63°C)	%	2.0
11.	Penetration of residue percent of original	°C	50.17
12.	Softening point (Ring and Ball)	°C	48.5

Sumber : Konferensi Regional Teknik jalan ke-5 Yogyakarta, 1997

Dari sifat - sifat tersebut terlihat hal yang agak khusus dibandingkan dengan sifat aspal minyak *refinery*, yaitu :

1. *Specific Gravity* agak tinggi (1.17 gr/cc)

Biasanya aspal minyak berkisar 1.0 s/d 1.03. Hal ini disebabkan karena adanya *filler* yang terkandung dalam retona, proses ekstraksi dengan mudah (tapi lebih mahal) dapat memurnikan asbuton menjadi 100% tanpa *filler* alam, namun

beberapa literatur aspal alam menganjurkan untuk membiarkan *filler* tersebut dengan alasan :

- a. *Filler* adalah bahan stabilisasi aspal yang paling baik karena tidak lagi rawan terhadap kemungkinan menangkap kelembaban udara / air (*Hidropobic*, biasanya *filler* tambahan bersifat *hidrofilic*).
- b. Ukuran *filler* alam halus sekali sehingga sempurna mengikat aspal sebagai bahan stabilisasi (*filler* buatan sangat sulit mencapai *mesh* 200).
- c. *Filler* alam tersebar merata (secara alamiah) didalam Retona, salah satu literatur mengatakan justru kita menambahkan *filler* buatan kedalam campuran aspal minyak *refinery* karena ingin meniru *filler* alam tersebut (Soehartono, 1997).

2. *Flash Point* rendah

Rendahnya angka ini menunjukkan Retona kaya dengan kandungan aromatic yang mudah terbakar, dengan kata lain. Retona memiliki dengan lengkap kandungan minyak penting yang diperlukan untuk mendukung fungsinya sebagai bahan pencampur beton aspal (Soehartono, 1997).

3. *Ductility* 29 cm

Aspal minyak umumnya disyaratkan memiliki *ductility* lebih besar dari 100 cm, retona hanya 29 cm, namun untuk kinerjanya melampaui campuran dengan aspal minyak biasa. Fenomena ini mendorong kita untuk secara kritis mempertanyakan *ductility* tes sebagai persyaratan.

Melihat kualitas Retona yang Begitu kaya dengan kandungan kimia, maka perlu diuji ulang apakah penggunaan Retona 100% dalam campuran aspal beton tidak berlebihan, dengan kata lain kurang optimal dari kebutuhan dan harga. Aspal lain sejajar dengan Retona adalah *Trinidad Natural Asphalt* (TNA) yang banyak dipakai untuk tujuan khusus antara lain di Jepang, Amerika dan Negara lain juga dengan cara dicampurkan (Soehartono, 1997). Lebih jelasnya dapat dilihat pada Tabel 3.6 berikut ini.

Tabel 3.6 Perbandingan Karakteristik Epure, Retona dan Asbuton Mikro

Deskripsi	<i>Epure</i>	<i>Retona</i>	<i>Mikro</i>
Kadar bitumen, %	50 – 55	50 – 55	23 – 27
Dipanaskan 170-200°C	Leleh membentuk pasta	Leleh membentuk pasta	Kering-terbakar
Bitumen efektif	Semua bitumen	Semua bitumen	-
Aplikasi – Gradasi	Tanpa <i>Flux oil</i>	Tanpa <i>Fluk Oil</i>	6% <i>Fluk Oil</i>
Rekomendasi untuk <i>Heavy Duty Road</i>	50% Erupe 50% AC tanpa <i>Fluk Oil</i>	50% Retona 50% AC tanpa <i>Fluk Oil</i>	65% Mikro 29% AC 6 % <i>Fluk Oil</i>
Aplikasi – Gradasi	Sembarang Gradasi	Sembarang Gradasi	Sembarang Gradasi

Sumber : PT. Olah Bumi Mandiri, 1997

3.3 Spesifikasi Campuran

Pengujian *Marshall* adalah metode laboratorium untuk memeriksa kinerja campuran panas (*hot mix*) yang besar kemungkinan paling luas penggunaannya. Karena pengujian *Marshall* relatif paling sederhana dan menggunakan peralatan yang dapat dipasang dengan mudah. Dari pengujian ini akan diketahui sifat-sifat *Marshall* dan karakteristik campurannya.

Pada penelitian ini mengacu pada persyaratan tes *Marshall* yang dikeluarkan oleh Bina Marga yang berlaku di Indonesia dengan jenis kendaraan lalu lintas berat. Spesifikasi dapat dilihat pada Tabel 3.7 berikut ini.

Tabel 3.7 Persyaratan Nilai Spesifikasi *Marshall Properties*

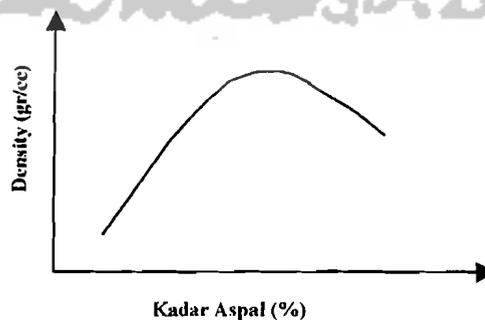
No	Spesifikasi Jenis Pemeriksaan	Bina Marga'83		
		Kepadatan Lalu Lintas		
		Berat	Sedang	Ringan
1.	Jumlah Tumbukan	2 x 75	2 x 50	2 x 35
2.	Stabilitas Minimal (kg)	750	650	460
3.	Kelelahan (mm)	2-4	2-2.5	2-5
4.	VITM (%)	3-5	3-5	3-5
5.	VFWA (%)	75-82	75-85	75-85

Sumber : Bina Marga, 1983

3.4 Parameter *Marshall Test*

3.4.1 *Density*

Nilai *density* menunjukkan tingkat kepadatan serta kerapatan suatu campuran perkerasan agregat dan aspal. Nilai *density* mengalami peningkatan hingga mencapai titik optimum, kemudian mengalami penurunan dengan bertambahnya kadar aspal, seperti ditunjukkan pada Gambar 3.1 berikut ini.



Gambar 3.1. Grafik hubungan antara kadar aspal dengan nilai *Density*

Nilai *density* diperoleh dari persamaan 3.1 dan 3.2 berikut.

$$g = \frac{c}{f} \quad (3.1)$$

$$f = d - e \quad (3.2)$$

Dengan : g = Nilai *density* (gr/cc)

c = Berat jenis kering sebelum direndam (gr)

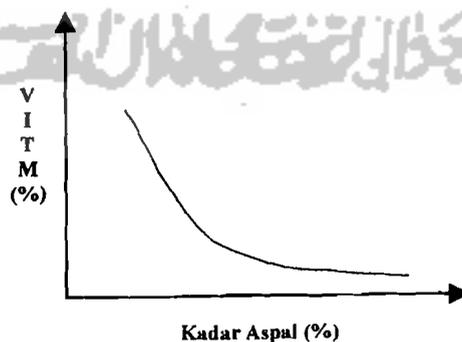
d = Berat benda uji jenuh air (gr)

e = Berat benda uji dalam air (gr)

f = Volume benda uji (cc)

3.4.2 Void In Total Mix (VITM)

VITM adalah prosentase antara rongga udara dengan volume total campuran setelah dipadatkan. Nilai VITM mengalami penurunan dengan bertambahnya kadar aspal, seperti ditunjukkan pada Gambar 3.2 berikut ini.



Gambar 3.2. Grafik hubungan antara kadar aspal dengan nilai VITM

Nilai VITM diperoleh dari persamaan 3.3 dan 3.4 berikut.

$$VITM = 100 - \left(100 \times \frac{g}{h} \right) \quad (3.3)$$

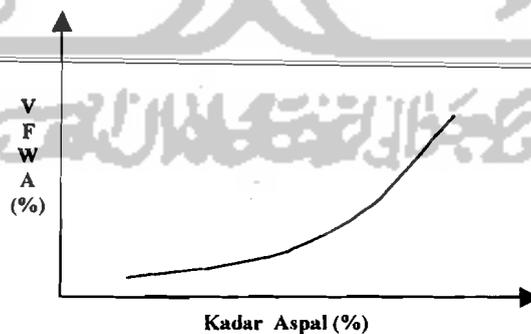
$$h = \frac{100}{\left(\frac{\%Agregat}{Bj.Agregat} + \frac{\%Aspal}{Bj.Asjal} \right)} \quad (3.4)$$

Dengan : g = Berat isi sampel (gr/cc)

h = Berat jenis maksimum teoritis campuran (gr/cc)

3.4.3 Void Filled With Asphalt (VFWA)

VFWA adalah prosentase rongga dalam campuran yang terisi aspal yang nilainya akan naik berdasarkan naiknya kadar aspal sampai batas tertentu, dimana rongga telah penuh artinya rongga dalam campuran telah terisi penuh oleh aspal, seperti ditunjukkan pada Gambar 3.3 berikut ini.



Gambar 3.3 Grafik hubungan antara kadar aspal dengan nilai VFWA

Nilai VFWA diperoleh dari persamaan 3.5 sampai 3.8 berikut.

$$VFWA = 100 \times \left(\frac{i}{l} \right) \quad (3.5)$$

$$i = \frac{bxg}{Bj.Aspal} \quad (3.6)$$

$$j = \frac{(100 - b) \times g}{Bj.Agregat} \quad (3.7)$$

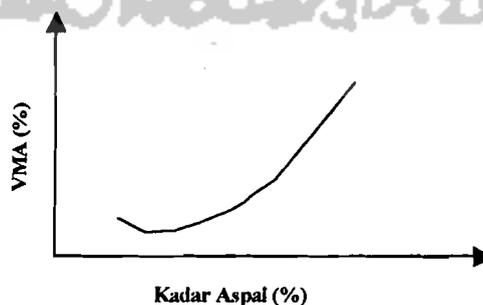
$$l = 100 - j \quad (3.8)$$

Dengan : b = Prosentase aspal terhadap campuran (%)

g = Berat isi sampel (gr/cc)

3.4.4 Void in the Mineral Aggregate (VMA)

VMA adalah prosentase rongga antar butir agregat, termasuk didalamnya rongga yang terisi udara dan yang terisi aspal efektif. Nilai VMA mengalami penurunan hingga titik minimum kemudian mengalami peningkatan dengan bertambahnya kadar aspal, seperti ditunjukkan pada Gambar 3.4 berikut ini.



Gambar 3.4. Grafik hubungan antara kadar aspal dengan nilai VMA

Nilai VMA diperoleh dari persamaan 3.9 sampai 3.10 berikut.

$$j = \frac{(100 - b) \cdot xg}{Bj. Agregat} \quad (3.9)$$

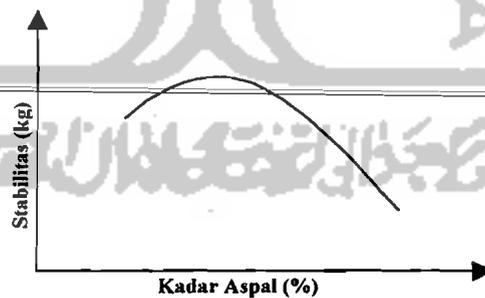
$$VMA = 100 - j \quad (3.10)$$

Dengan : b = Prosentase aspal terhadap campuran (%)

g = Berat isi sampel (gr/cc)

3.4.5 Stabilitas

Stabilitas adalah beban yang dapat ditahan campuran beton aspal sampai terjadi kelelahan plastis. Naiknya stabilitas bersamaan dengan bertambahnya kadar aspal sampai batas tertentu (optimum) dan turun setelah melampaui batas optimum. Hal ini terjadi karena aspal sebagai bahan ikat antar agregat dapat menjadi pelicin setelah melebihi batas optimum, seperti ditunjukkan pada Gambar 3.5 berikut ini.



Gambar 3.5. Grafik hubungan antara kadar aspal dengan nilai Stabilitas

Nilai stabilitas diperoleh dari persamaan 3.11 berikut.

$$S = p \times q \quad (3.11)$$

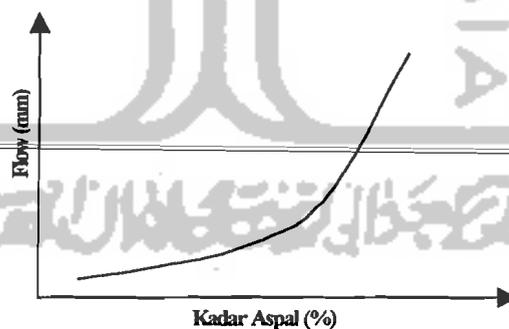
Dengan : S = Angka stabilitas sesungguhnya (kg)

p = Pembacaan arloji stabilitas x kalibrasi alat

q = Angka koreksi benda uji

3.4.6 Flow

Flow menyatakan besarnya penurunan (deformasi benda uji) campuran dengan angka kelelahan tinggi serta stabilitas rendah di atas batas maksimum akan cenderung plastis. Apabila campuran dengan angka kelelahan rendah dan stabilitas tinggi di bawah batas optimum akan cenderung bersifat getas dan mudah retak bila ada pembebanan. Nilai *flow* mengalami peningkatan dengan bertambahnya kadar aspal, seperti ditunjukkan pada Gambar 3.6 berikut ini.



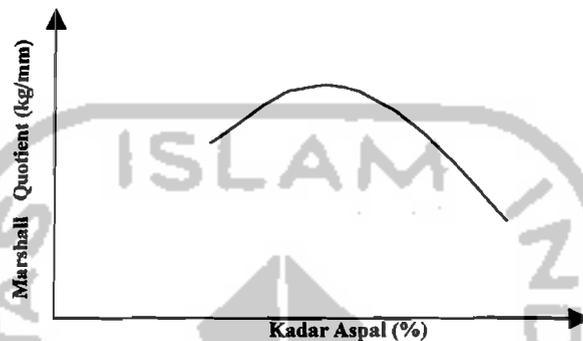
Gambar 3.6. Grafik hubungan antara kadar aspal dengan nilai *Flow*

3.4.7 Marshall Quotient (MQ)

Marshall Quotient adalah perbandingan antara nilai stabilitas dan *flow*.

Nilai *Marshall Quotient* pada perencanaan perkerasan digunakan sebagai

pendekatan nilai fleksibilitas perkerasan. Nilai *Marshall Quotient* mengalami peningkatan hingga titik maksimum kemudian mengalami penurunan dengan bertambahnya kadar aspal, seperti ditunjukkan pada Gambar 3.7 berikut ini.



Gambar 3.7. Grafik hubungan antara kadar aspal dengan nilai *Marshall Quotient*

Nilai *Marshall Quotient* diperoleh dari persamaan 3.12 berikut.

$$MQ = \frac{S}{R} \quad (3.12)$$

Dengan : S = Nilai stabilitas (kg)

R = Nilai *flow* (mm)

MQ = Nilai *Marshall Quotient* (kg/mm)

3.5 *Imersion Test*

Imersion Test atau uji perendaman *Marshall* bertujuan untuk mengetahui perubahan karakteristik dari campuran akibat pengaruh air, suhu dan cuaca. Pengujian ini prinsipnya sama dengan pengujian *Marshall* standar hanya waktu

perendaman saja yang berbeda. Benda uji pada *Imersion Test* direndam selama 24 jam pada suhu konstan 60°C sebelum pembebanan diberikan.

Hasil perhitungan indeks tahanan campuran aspal adalah prosentase nilai stabilitas campuran yang di rendam selama 24 jam (S2) yang dibandingkan dengan nilai stabilitas campuran biasa (S1), seperti tercantum pada persamaan 3.13 berikut ini.

$$\text{Index of Retained Strength} = \frac{S_2}{S_1} \times 100\% \quad (3.13)$$

Dengan : S₁ = stabilitas sebelum perendaman.

S₂ = stabilitas setelah direndam selama 24 jam

Apabila indeks kekuatan lebih dari atau sama dengan 75% campuran dapat dikatakan memiliki tahanan kekuatan yang cukup memuaskan dari kerusakan atau pengaruh air, suhu, dan cuaca.

3.6 Deformasi Plastis

Deformasi plastis adalah deformasi yang terjadi karena beban yang bekerja melampaui daya dukung lapisan perkerasan dan terjadi *plastic flow* yang mengakibatkan perubahan volume. Besarnya deformasi plastis berupa nilai stabilometer yang ditunjukkan pada persamaan 3.14 berikut ini.

$$S = \frac{22,2}{\left(\frac{PhxD}{Pv - Ph} + 0,222 \right)} \quad (3.14)$$

Dengan :

S = Nilai Stabilometer (kg/inch²)

Ph = Tekanan horizontal, khususnya pada saat 100 Psi (45,377 kg/inch²)

D = Perubahan pada benda uji (inch)

Pv = Tekanan vertikal, khususnya pada saat 480 Psi (217,807 kg/inch²)

3.7 Kohesi

Bina Marga tidak memberikan standar teknis khusus tentang nilai kohesi sebagai salah satu parameter yang perlu diuji, maka dipergunakan rekomendasi dari *The Asphalt Institute*. Rekomendasi yang diberikan oleh *The Asphalt Institute* untuk kriteria desain metode *Hveem* adalah seperti pada Tabel 3.8 berikut ini.

Tabel 3.8 Persyaratan Rencana Perkerasan Metode *Hveem*

Nilai	Lalu Lintas		
	Ringan	Sedang	Berat
<i>Stabilometer</i> (kg/inch ²)	≥ 30	≥ 35	≥ 37
<i>Cohesiometer</i> (gram/inch)	≥ 50	≥ 50	≥ 50
<i>Swell</i> (mm)	≤ 0,75	≤ 0,75	≤ 0,75

Sumber : *The Asphalt Institute, 1983*

Menurut *The Asphalt Institute, 1983*, nilai kohesi campuran dapat ditingkatkan melalui modifikasi gradasi agregat dengan penggunaan kadar *filler* yang tinggi atau dengan menggunakan bitumen dengan penetrasi yang lebih keras.

Dengan melakukan pengujian menggunakan *Cohesiometer* akan diperoleh nilai kohesi campuran dengan menggunakan persamaan 3.15 berikut ini.

$$C = \frac{L}{W(0,20H + 0,044H^2)} \quad (3.15)$$

Dengan : C = Nilai Kohesi (gram/inch lebar)

L = Berat *Shot* (gram)

W = Diameter atau Lebar sampel (inch)

H = Tinggi sampel (inch)



جامعة الإسلام في إندونيسيا