

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Tinjauan Umum

Pemeriksaan dan pengujian bahan perkerasan jalan raya yang menggunakan bahan perkerasan aspal dilakukan untuk mengendalikan mutu bahan perkerasan. Pengendalian yang dimaksud adalah agar jenis dan mutu bahan perkerasan yang akan diusahakan sesuai dengan rencana kebutuhan yang ada. Dengan kata lain penggunaan bahan perkerasan harus sesuai dengan kondisi di lapangan. Suatu campuran aspal agar dapat berfungsi dengan baik, harus mempunyai sifat – sifat sebagai berikut :

a. *Stiff* (keras / kaku)

Fungsinya adalah untuk memikul / membagi beban, mengurangi *rutting* (bergelombang memotong jalan), mengurangi horisontal *stress* (mengurangi retak). Syarat – syarat yang dibutuhkan agar dapat mendukung fungsi tersebut diatas adalah sebagai berikut :

- Menggunakan agregat dengan gradasi rapat.
- Menggunakan aspal keras (penetrasi aspal yang rendah).
- Agregat yang digunakan permukaan harus kasar / batu pecah.
- Kadar *filler* (bahan pengisi) banyak.
- Kadar aspal yang digunakan sedang.
- Rongga udara (*air void*) kecil.

b. *Flexible*

Maksudnya adalah tahan terhadap retak / *Fatigue*. Fungsinya yaitu untuk mencegah air masuk karena jika jalan semakin kaku, kemungkinan timbulnya retak semakin tinggi, menahan / melawan tegangan / regangan tarik. Jalan yang terlalu *flexible* berakibat perubahan bentuk (*rutting* alur) sangat tinggi. Agar dapat mendukung fungsi tersebut diatas, maka dibutuhkan sebagai berikut :

- Permukaan agregat harus kasar / batu pecah.
- Kadar aspal yang digunakan banyak.

c. *Durable* (keawetan)

Maksudnya adalah tahan terhadap cuaca / pelapukan (*aging*) dan gesekan roda kendaraan, fungsinya untuk memperlambat *embrittlement* / perapuhan dari campuran, mempertahankan *flexibilitas*, *polishing* dari agregat / *skid resist*. Agar dapat mendukung fungsi tersebut diatas, maka dibutuhkan sebagai berikut :

- Kadar aspal tinggi
- Menggunakan agregat gradasi rapat / agregat halus.
- Rongga udara (*air void*) harus kecil.

d. *Stable* / kemampuan

Maksudnya adalah tahan terhadap tekanan, fungsinya untuk menahan tekanan akibat beban lalu lintas, mengurangi *rutting*. Agar dapat mendukung fungsi tersebut diatas adalah sebagai berikut :

- Agregat harus bergradasi rapat / keras / permukaan kasar (batu pecah).
- Kadar aspal sedang.
- Aspal yang digunakan aspal keras dengan penetrasi kecil.

e. *Impermeable* / kedap air

Sifat *impermeable* pada campuran aspal berfungsi untuk mencegah masuknya air / udara karena jika air masuk maka akan mempercepat proses oksidasi sehingga proses pelapukan akan berlangsung cepat. Agar dapat mendukung fungsi tersebut diatas maka dibutuhkan sebagai berikut :

- Gradasi agregat rapat.
- Kadar aspal besar.
- Rongga udara (*air void*) kecil.

f. *Skid Resistance* / kekasaran permukaan jalan.

g. *Tyre Noise* / bising suara gesekan ban kendaraan dengan permukaan aspal.

h. *Spray reduction* / percikan air.

i. *Workable* / campuran aspal mudah untuk dikerjakan di lapangan.

2.2. Teori Laston / AC (*Asphalt Concrete*)

2.2.1. Pengertian

Laston merupakan suatu lapisan pada konstruksi jalan yang terdiri dari campuran aspal keras dan agregat yang mempunyai gradasi menerus, dicampur, dihampar dan dipadatkan pada suhu tertentu. Fungsi Laston / AC adalah sebagai berikut :

- Sebagai pendukung beban lalu lintas.
- Sebagai pelindung konstruksi dibawahnya.
- Sebagai lapisan aus.
- Menyediakan permukaan jalan yang rata dan tidak licin.

Adapun sifat – sifat Laston / AC adalah sebagai berikut :

- Kedap air.
- Tahan terhadap keausan akibat lalu lintas.
- Mempunyai nilai struktural.
- Mempunyai stabilitas yang tinggi.
- Peka terhadap penyimpangan perencanaan dan pelaksanaan.

2.2.2. Filosofi Laston / AC

- 1) Yang diutamakan adalah stabilitas, yang merupakan sasaran Laston / AC (*Asphalt Concrete*).
- 2) Gradasi agregat yang digunakan adalah gradasi harus menerus (*well graded*), agar *interlocking* antara butir besar.
- 3) Karena gradasi yang digunakan gradasi menerus maka menyebabkan rongga antar butir menjadi kecil.
- 4) Kebutuhan campuran terhadap aspal adalah sedikit, agar mencegah *bleeding*.
- 5) Karena kebutuhan aspal sedikit maka selimut aspal (*Film Thickness*) menjadi tipis, sehingga aspal akan mudah teroksidasi, menyebabkan laston / AC akan cepat lelah (*Fatigue*). Akibatnya campuran tidak awet sehingga menyebabkan :

- Lapisan AC mudah retak – retak.
- Daya lekat aspal berkurang.
- Umur jalan berkurang

2.2.3. Pembagian Laston (AC).

- 1) Laston Aus – 1 (*AC – WC1*), untuk lapis permukaan, diameter butir maksimal 19,0 mm, bertekstur halus. Atau sering disebut *AC – WC* saja.
- 2) Laston Aus – 2 (*AC – WC2*), untuk perata atau Laston atas (*ATB*), diameter butir maksimal 25,4 mm, bertekstur sedang. Atau sering disebut *AC – BC (Asphalt Concrete – Binder Course)* / Lapis Perkerasan.
- 3) Laston Pondasi (*AC – Base*), untuk Laston bawah, diameter butir maksimal 37,5 mm, bertekstur kasar.

2.3. Konsep Penelitian

2.3.1. Bahan dan Persyaratan Lapis Aspal Beton (Laston / AC)

Lapis aspal beton (*Laston*) merupakan jenis tertinggi dari perkerasan bitumen bergradasi menerus dan cocok untuk jalan yang banyak dilalui kendaraan berat. Aspal beton biasanya dicampur dan dihamparkan pada temperatur tinggi dan membutuhkan bahan pengikat aspal semen. Agregat minimal yang digunakan yang berkualitas tinggi dan menurut proporsi didalam batasan yang ketat. Spesifikasi untuk pencampuran, penghamparan kepadatan akhir dan kepadatan akhir penyelesaian akhir permukaan memerlukan pengawasan yang ketat atas seluruh tahap konstruksi.

Lapisan aspal beton terdiri dari campuran aspal keras dan agregat yang mempunyai gradasi menerus, dicampur, dihampar dan dipadatkan pada suhu tertentu. Bahan Laston terdiri dari agregat kasar, agregat halus, *filler* (jika diperlukan) dan aspal keras. Bahan harus terlebih diteliti mutu dan gradasinya. Penggunaan hasil pencampuran aspal dari beberapa pabrik yang berbeda tidak dibenarkan walaupun jenis aspal sama.

2.3.1.1. Aspal

Aspal merupakan senyawa hidrokarbon. Struktur molekul aspal sangatlah kompleks yang merupakan koordinasi dari 3 (tiga) jenis struktur dasar molekul hidrokarbon, yaitu alifatik, siklis dan aromatis. Struktur alifatik berbentuk linier, ataupun tiga dimensi. Struktur molekul ini menyebabkan aspal kelihatan seperti minyak ataupun lilin (*wax*). Struktur molekul siklis adalah ikatan / rantai karbon jenuh tiga dimensi yang mampu mengikat beberapa unsur ataupun radikal. Sedangkan struktur molekul ini memberikan bau yang khas pada aspal. Ikatan kimia (*inter molecular bonding*) pada aspal sangatlah mudah terlepas dan aspal akan mencair (Suhwadi dan Suhardjo Poertadji, 2005).

Pengujian aspal sebagai bahan pengikat pada beton aspal dapat ditentukan dengan pengujian *Penetration Test*, Titik Lembek, Titik Nyala dan Titik Bakar, Kehilangan Berat, Kelarutan Bitumen, Daktalitas, Berat Jenis. Dengan pengujian *Penetration Test*, spesifikasi aspal dapat dibedakan berdasarkan angka kekerasannya / angka penetrasi. Jenis – jenis aspal dapat diklasifikasikan : aspal Pen 40/50, Pen 60/70 dsb. Dengan pengujian Titik lembek, yaitu menentukan titik lembek aspal (30 – 200° C) dimana suhu saat bola baja mendesak turun lapisan aspal yang tertahan dalam cincin hingga menyentuh pelat dasar akibat pemanasan. Pengujian Titik Nyala dan Titik Bakar yaitu untuk menentukan titik nyala dan titik bakar, dimana suhu pada saat terlihat nyala singkat pada suatu titik di atas permukaan aspal. Hasil titik nyala : Pen 40 = min. 200° C, Pen 60 = min. 200° C, Pen 80 = min. 225° C. Pengujian Daktalitas Aspal, maksudnya mengukur jarak terpanjang yang dapat ditarik antara 2 cetakan berisi aspal pada suhu dan kecepatan tarik tertentu (25° C, 5 cm/menit). Pengujian Pelarutan Bitumen dalam CCL_4 / CS_2 yaitu bertujuan untuk menentukan kadar bitumen yang larut dalam karbon tetraklorida (CCL_4) / karbonbisulfida (CS_2). Pengujian Berat jenis Bitumen, yaitu menentukan berat jenis aspal dengan *piknometer*, perbandingan berat bitumen dengan berat air suling dengan isi yang sama pada suhu 25° C.

2.3.1.2. Agregat Kasar

Fraksi agregat kasar yaitu tertahan pada saringan #8 (2,36mm), fungsi agregat kasar adalah sebagai berikut :

- Memberikan stabilitas campuran dari kondisi saling mengunci dari masing – masing agregat kasar dan dari tahanan gesek terhadap suatu aksi perpindahan.
- Stabilitas ditentukan oleh bentuk dan tekstur permukaan agregat kasar (kubus dan kasar).

2.3.1.3. Agregat Halus

Fraksi agregat halus yaitu lolos saringan #8 dan tertahan #200, fungsi agregat halus adalah sebagai berikut :

- Menambah stabilitas dari campuran dengan memperkokoh sifat saling mengunci dari agregat kasar dan juga untuk mengurangi rongga udara agregat kasar.
- Semakin kasar tekstur permukaan agregat halus akan menambah stabilitas campuran dan menambah kekasaran permukaan.
- Agregat halus pada #8 sampai dengan #30 penting dalam memberikan kekasaran yang baik untuk kendaraan pada permukaan aspal.
- Pada *Gap Graded*, agregat halus pada #8 sampai dengan #30 dikurangi agar diperoleh rongga udara yang memadai untuk jumlah aspal tertentu, sehingga permukaan *Gap Graded* cenderung halus.
- Agregat halus pada #30 sampai dengan #200 penting untuk menaikkan kadar aspal, akibatnya campuran akan lebih awet.
- Keseimbangan proporsi penggunaan agregat kasar dan halus penting agar diperoleh permukaan yang tidak licin dengan jumlah kadar aspal yang diinginkan.

2.3.1.4. Bahan Pengisi (*Filler*)

Fungsinya adalah sebagai pengisi rongga udara pada material sehingga memperkaku lapisan aspal. Apabila campuran agregat kasar dan halus masih belum masuk dalam spesifikasi yang telah ditentukan, maka pada campuran Laston perlu ditambah dengan *filler*. Sebagai *filler* dapat digunakan debu batu kapur, debu *dolomite* atau semen *Portland*. *Filler* yang baik adalah yang tidak tercampur dengan kotoran atau bahan lain yang tidak dikehendaki dan dalam keadaan kering (kadar air maks. 1 %).

Tabel 2.1

Jenis – Jenis Pengujian Material Dasar

JENIS PENGUJIAN & SPESIFIKASI MATERIAL CAMPURAN ASPAL PANAS						
JENIS MATERIAL	PENGUJIAN		SPESIFIKASI			
	JUDUL	AASHTO	URAIAN PERSYARATAN	NILAI		
AGREGAT KASAR (Batu Pecah)	1. Keausan Los Angeles	T - 96	- Keausan / Abrasi	40 % max		
	2. Penyelimutan & Pengelupasan thd aspal	T - 182	- Kelekatan terhadap aspal	95 % min		
	3. Soundnes Sodium Sulfate	T - 104	- Bagian yang lunak	5 % max		
	4. Berat Jenis	T - 85	- Berat Jenis Semu	2,50 min		
	5. Penyerapan Air		- Peresapan agregat terhadap air	3 % max		
	5. Gumpalan Lempung	T - 112	- Gumpalan Lempung	0,25 % max		
			- Tidak mengandung debu	1 % max		
			- Indeks Kepipihan	25 % max		
			- Bidang pecah	50 % min		
AGREGAT HALUS (Pasir alami, Abu batu)	1. Berat Jenis	T - 84	- Berat Jenis Semu	2,50 min		
	2. Batas Cair		- Peresapan agregat terhadap air	3 % max		
	3. Sand Equivalent	T - 89	- Indeks plastik	Non Plastis		
	4. Kandungan debu		- Sand Equivalent	50 % min		
			- Kand. Debu, Lolos # 200	8 % max		
<i>FILLER</i>	1. Gradasi	T - 37	- Gradasi, lolos # 200	75 % min		
	2. Matrial	T - 17				
			<i>Jenis Aspal Penetrasi</i>	40 Pen	60 Pen	80 Pen
ASPAL KERAS	1. Penetrasi	T - 49	- Penetrasi (mm)	40 - 59	60 - 79	80 - 99
	2. Titik Lembek	T - 53	- Titik Lembek (C)	51 - 63	48 - 58	46 - 54
	3. Titik Nyala	T - 48	- Titik Nyala (C)	200 min	200 min	225 min
	4. Kehilangan Berat	T - 47	- Kehilangan berat (%)	0,4 max	0,4 max	0,6 max
	5. Kelarutan CCL4	T - 44	- Kelarutan CCL4 (%)	99 min	99 min	99 min
	6. Daktalitas	T - 51	- Daktalitas (cm)	75 min	100 min	100 min
	7. Berat Jenis	T - 228	- Berat Jenis (gr/cm3)	1 min	1 min	1 min
	8. Pen. Stlh. Kehilangan berat	T - 49	- Pe. Stlh. Kehilangan Berat (%)	75 min	75 min	75 min

Sumber : Buku PPJ Ir. Supriyono 2001

Komparasi Campuran Laston AC – WC dengan Bahan Pengikat Aspal Shell 60/70 dan Aspal Pertamina 60/70 dengan Cara PRD

2.3.1.5. Campuran Aspal Panas (*Hotmix*)

Campuran aspal panas dibedakan menjadi 2 (dua) macam, yaitu Campuran aspal panas dengan agregat bergradasi senjang (*Gap Graded Aggregate Mix*) dan agregat bergradasi menerus (*Continuous Graded Aggregate Mix*).

- 1) *Gap Graded Aggregate Mix* (Campuran dengan Agregat Gradasi Senjang)
Terdiri dari campuran pasir halus, bahan pengisi (*filler*), aspal ditambah dengan proporsi agregat kasar yang bervariasi. Stabilitas diperoleh dari tingkat kekuatan saling mengikat antara butiran pasir yang diikat oleh aspal.
- 2) *Continuous Graded Aggregate Mix* (Campuran dengan Agregat Gradasi Menerus).
Susunan butiran agregat dari ukuran yang terbesar sampai terhalus agar rongga udara terkontrol dengan baik. Jumlah aspal yang ditambahkan tergantung dari rongga udara yang dikehendaki sesuai dengan kondisi lalu lintas dan iklim yang ada.

Pengujian untuk campuran aspal panas (*Hot mix*) dengan *Asphalt Marshall*, bertujuan untuk menentukan ketahanan (stabilitas) terhadap kelelahan plastis (*flow*) dari campuran aspal. Ketahanan stabilitas adalah kemampuan campuran aspal untuk menerima beban sampai terjadi kelelahan plastis (dalam Kg), yaitu keadaan dimana terjadi perubahan bentuk campuran aspal akibat beban sampai batas runtuh (dalam mm).

2.4. Campuran Aspal Panas Cara *PRD*

2.4.1. Filosofi

- A. Pada era tahun 1970-an
 - Periode aspal beton AC yang mempunyai sasaran stabilitas tinggi dengan kadar aspal kecil.

- Dengan kadar aspal yang kecil maka akan cepat teroksidasi sehingga akan mudah retak, mengalami *fatigue* / lelah, sehingga jalan akan berlobang, yang merupakan jenis kerusakan yang paling utama yang terjadi relatif dini.

B. Pada era akhir tahun 1980-an sampai dengan sekarang

- Periode *HRS*, yang mempunyai sasaran keawetan, tapi stabilitas rendah karena kadar aspal tinggi.
- Gejala kerusakan yang paling dominan adalah jalan bergelombang disebabkan karena deformasi plastis.

Tantangannya adalah bagaimana mendapatkan campuran aspal yang ideal, yang terdapat keseimbangan antara kemampuan menahan deformasi plastis dan retak hingga akhir umur rencana.

C. Mulai tahun 1997-an

- Dengan mencoba campuran aspal panas dengan spesifikasi baru melalui pendekatan kepadatan mutlak (maksimum), atau lebih dikenal dengan cara *PRD* (*Percentage Refusal Density*).
- Campuran tidak dapat menjadi lebih padat lagi meskipun setelah dipadatkan secara sekunder oleh lalu lintas selama umur rencana. Campuran aspal panas mampu menahan deformasi plastis dan retak hingga umur rencana. Misalnya jika umur rencana jalan 5 tahun maka diharapkan jalan tidak mengalami retak dan bergelombang dalam 5 tahun itu.

2.4.2. Jenis – Jenis Campuran

2.4.2.1. Latahir Klas A dan B

- Untuk jalan dengan lalu lintas ringan.
- Tidak tahan terhadap terjadinya alur.
- Klas A dan B tergantung dari gradasi pasir.
- Tidak mempunyai nilai struktural dan hanya sebagai lapis penutup.

2.4.2.2. Lataston Lapis Aus (*HRS-WC*) & Lapis Pondasi (*HRS-Base*)

- *HRS – WC* untuk lapis permukaan.
- *HRS – Base* untuk lapis perata.
- *HRS – WC* dan *HRS – Base* mempunyai Ø butir maksimal 19 mm.
- Gradasi agregat harus senjang dan dicapai rongga udara minimal pada kepadatan mutlak.
- Diperhitungkan mempunyai nilai struktural, jika fraksi agregat kasar (CA) > 45% dan tebal lapisan nominal > 30 mm.

2.4.2.3. Laston (*AC*)

- Laston Aus – 1 (*AC – WC1*), untuk lapis permukaan, diameter butir maksimal 19,0 mm, bertekstur halus. Atau sering disebut *AC – WC* saja.
- Laston Aus – 2 (*AC – WC2*), untuk perata atau Laston atas (*ATB*), diameter butir maksimal 25,4 mm, bertekstur sedang. Atau sering disebut *AC – BC (Asphalt Concrete – Binder Coarse)* / Lapis Perkerasan.
- Laston Pondasi (*AC – Base*), untuk Laston bawah, diameter butir maksimal 37,5 mm, bertekstur kasar.
- Mempunyai nilai struktural.

2.4.3. Material

1) Agregat Kasar

- Tertahan #8 (2,36 mm).
- Terdiri atas batu pecah atau kerikil pecah yang memenuhi persyaratan / spesifikasi.

2) Agregat Halus

- Lolos #8, tertahan #200 (0,075 mm).
- Terdiri atas pasir alam dan abu batu yang memenuhi spesifikasi.

3) Bahan Pengisi / *Filler*

- Lolos #200 (0,075 mm).
- Terdiri atas semen PC, debu batu kapur, abu terbang.

2.4.4. Gradasi Agregat Campuran

2.4.4.1. Campuran HRS – WC dan HRS – BC

- a. Kriteria Utama
 - Gradasi agregat campuran harus benar – benar senjang.
 - Rongga udara dalam campuran harus dipenuhi sesuai spesifikasi pada kondisi kepadatan mutlak.
- b. Terdiri atas : satu fraksi agregat kasar (batu pecah) dan dua fraksi agregat halus (abu batu dan pasir alam).
- c. Agar diperoleh gradasi senjang maka perlu diperhatikan bahan yang lolos #8 (2,36 mm) dan tertahan #30 (0,3 mm).
- d. Disyaratkan ≥ 80 % agregat lolos #8 harus lolos pula #30.

Tabel 2.2

Batas Ketimpangan Gradasi HRS

Ukuran Saringan	Bahan yang lolos (%)			
# 8 (2.36 mm)	40	50	60	70
# 30 (0.60 mm)	≥ 32	≥ 40	≥ 48	≥ 56
Selisih jumlah lolos	≤ 8	≤ 10	≤ 12	≤ 14

Sumber : Buku PPJ Ir. Supriyono 2001

2.4.4.2. Campuran AC (AC – WC1, AC – WC2, AC – Base)

- a. Campuran bergradasi menerus mempunyai sedikit rongga dalam struktur agregatnya bila dibandingkan gradasi senjang. Sehingga campuran AC lebih peka terhadap variasi dalam proporsi campuran.
- b. Gradasi agregat campuran dianjurkan tidak berimpit dengan “ Kurva Fuller “.

$$\text{Rumus Kurva Fuller : } P = 100 \left[\frac{d}{D} \right]^{0,45}$$

Keterangan :

P = % bahan yang lolos saringan d.

D= Ukuran butir terbesar (mm).

d = Ukuran saringan yang ditinjau (mm).

- c. Kepekaan campuran dapat dikurangi dengan menggeser sebagian gradasi menjauh keatas atau kebawah dari Kurva *Fuller*.
- Diatas Kurva *Fuller*, maka :
 - Campuran cenderung lebih halus.
 - Lebih mudah dipadatkan.
 - Ketahanan terhadap deformasi lebih rendah.
 - Dibawah Kurva *Fuller*, maka :
 - Campuran bertekstur lebih kasar.
 - Sulit dipadatkan.
 - Lebih tahan terhadap deformasi.
- d. Kurva gradasi agregat campuran harus menghindari Daerah Terbatas / Zona Tertutup, dengan cara lewat atasnya atau bawahnya.
- e. Aspal
- Daerah dengan suhu > 24 °C (rata- rata tahunan) digunakan aspal Pen. 40 atau Pen. 60.
 - Daerah dengan suhu < 24 °C (rata – rata tahunan) digunakan aspal Pen. 80.

Tabel 2.3*Gradasi Daerah Terbatas*

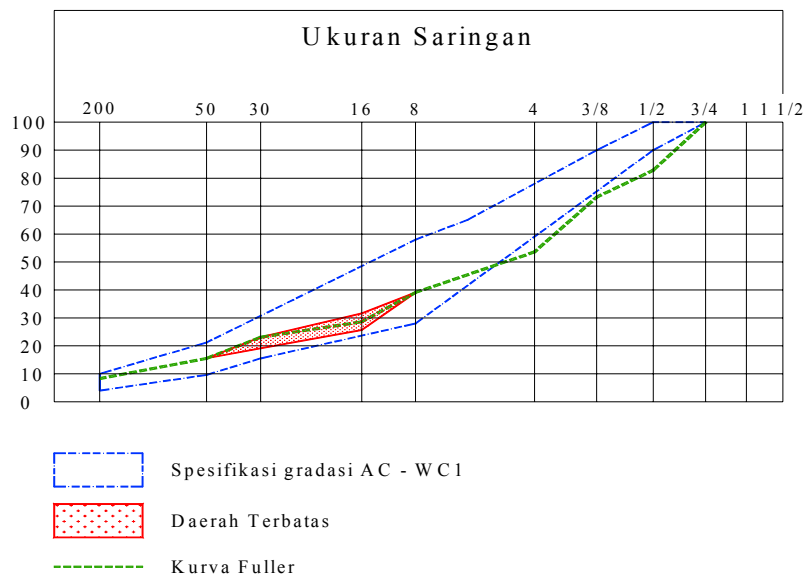
Ukuran Saringan		Daerah Terbatas / Zona Tertutup		
		<i>AC – WC2</i>	<i>AC – WCI</i>	<i>AC – Base</i>
<i>Inch</i>	<i>mm</i>	Bahan yang lolos (%)		
# 4	4.75	-	-	39.5 – 39.5
# 8	2.36	34.6 – 34.6	39.1 – 39.1	26.8 – 30.8
# 16	1.18	22.3 – 28.3	25.6 – 31.6	18.1 – 24.1
# 30	0.60	16.7 – 20.7	19.1 – 23.1	13.6 – 17.6
# 50	0.30	13.7 – 13.7	15.5 – 15.5	11.4 – 11.4

Sumber : Buku PPJ Ir. Supriyono 2001

Tabel 2.4*Gradasi Kurva Fuller (Gradasi Kepadatan Maksimum)*

Ukuran Saringan		Bahan yang lolos (%)		
		AC – WC2 AC - BC	AC – WCI	AC – Base
<i>Inch</i>	<i>mm</i>			
# 1.5	37.5	-	-	100
# 1	25.4	100	-	83.3
# ¾	19	87.8	100	73.6
# ½	12.7	73.2	82.8	61.0
# 3/8	9.5	64.2	73.2	53.9
# 4	4.75	47.0	53.6	39.5
# 8	2.36	34.5	39.1	28.8
# 16	1.18	25.1	28.6	21.1
# 30	0.60	18.5	23.1	15.6
# 50	0.30	13.6	15.5	11.4
# 200	0.075	7.3	8.3	6.1

Sumber : Buku PPJ Ir. Supriyono 2001

Gambar 2.1*Spesifikasi gradasi AC-WCI, Daerah Terbatas dan Kurva Fuller*

Sumber : Buku PPJ Ir. Supriyono 2001

Komparasi Campuran Laston AC – WC dengan Bahan Pengikat Aspal Shell 60/70 dan Aspal Pertamina 60/70 dengan Cara PRD

Tabel 2.5
Spesifikasi Gradasi Agregat

Ukuran Saringan		% Lolos				
		<i>HRS - WC</i>	<i>HRS - BC</i>	<i>AC - WCI</i>	<i>AC - WC2</i> <i>AC - BC</i>	<i>AC Base</i>
<i>Inch</i>	<i>mm</i>					
1.5	37.5	-	-	-	-	100
1	25	-	-	-	100	90 – 100
¾	19	100	100	10	90 – 100	Max 90
½	12.5	90 – 100	90 – 100	90 – 100	Max 90	-
3/8	9.5	75 – 85	65 – 100	Max 90	-	-
# 8	2.36	50 – 72	35 – 55	28 – 58	23 – 49	19 – 45
# 16	1.19	-	-	-	-	-
# 30	0.60	35 – 60	15 – 35	-	-	-
# 200	0.075	6 – 12	2 - 9	4 - 10	4 - 8	3 - 7

Sumber : Buku PPJ Ir. Supriyono 2001

2.4.5. Penyesuaian Proporsi Agregat Campuran

2.4.5.1. Lataston / HRS

- Semakin halus gradasi (mendekati batas atas amplop / spesifikasi), maka *VMA* akan semakin kecil.
- Pasir halus yang dikombinasi dengan batu pecah harus mempunyai bahan yang lolos #8 (2,36 mm) dan tertahan #30 (0,60 mm) sesedikit mungkin, agar diperoleh bahan "senjang" yang baik (*gap graded*).
- Jika jumlah bahan tersebut (lolos #8 dan tertahan #30) lebih besar, maka *VMA* akan terlalu rendah sehingga batas minimal *VMA* spesifikasi sulit dicapai.

2.4.5.2. Laston / AC

Gradasi dapat dibuat mendekati batas atas spesifikasi atau diatas kurva *Fuller* (bergradasi halus), tapi *VMA* akan terlalu rendah.

Gradasi sebaiknya diarahkan :

Komparasi Campuran Laston AC – WC dengan Bahan Pengikat Aspal Shell 60/70 dan Aspal Pertamina 60/70 dengan Cara PRD

- Mendekati bagian bawah batas spesifikasi atau di bawah kurva *Fuller* (gradasi kasar).
- Atau di bagian kanan berada di atas Kurva *Fuller*, kemudian memotong kurva dan di bagian kiri berada di bagian bawah kurva *Fuller*.

2.4.6. Besaran – besaran

2.4.6.1. *VFB = Void Filled with Bitument (%)*

= Rongga terisi aspal

- *VFB* besar, maka kadar aspal tinggi sehingga tebal film aspal tinggi, dengan demikian keawetan campuran tinggi.
- Perlu persyaratan minimal *VFB*.

VFB besar maka campuran lebih awet dan lentur sehingga ketahanan terhadap retak lelah (*fatigue*) menjadi lebih baik.

Lalu lintas ringan → *HRS = AC* → *VFB* ≥ 75 %

Lalu lintas berat → *HRS* → *VFB* ≥ 65 %

AC → *VFB* ≥ 65 %

- Retak *fatigue* terjadi.
Regangan tarik yang berulang dari beban lalu lintas yang terjadi melebihi kapasitas regangan tarik bahan.
- Campuran dengan *VFB* kecil pada waktu relatif dini terjadi retak lelah (*fatigue*).
- Kinerja perkerasan dengan *VFB*.
Ruas Cirebon – Losari (*HRS*, lalu lintas sangat berat) *VFB* awal = 65 %, maka setelah 8 tahun tidak terjadi retak.
Ruas Banjar – Pangadaran (*AC*, lalu lintas sedang) *VFB* awal = 65 %, maka setelah 15 tahun terjadi retak berat di beberapa tempat.

2.4.6.2. *VIM = Void In Mix (%)*

= Rongga Udara dalam Campuran

- *VIM* besar → Campuran berkemungkinan terjadi kerusakan retak.

VIM kecil → Campuran berkemungkinan terjadi kerusakan deformasi plastis.

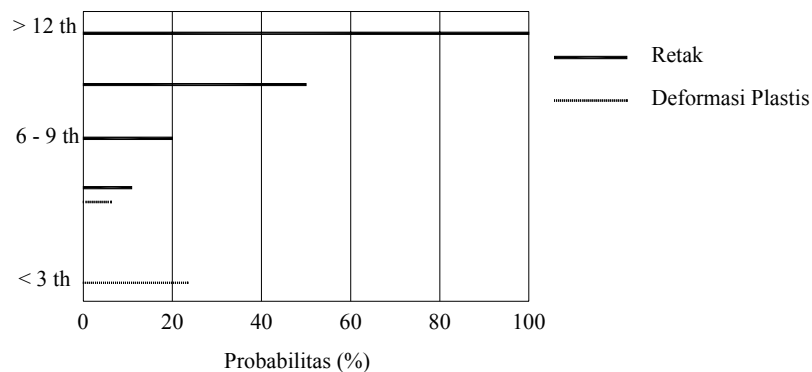
- Sifat VIM berbanding terbalik dengan sifat VFB .

Faktor gradasi agregat sangat penting untuk merencanakan VIM .

- VIM versus Probabilitas Kondisi Perkerasan setelah 5 tahun.

Gambar 2.2

VIM Vs Probabilitas Kondisi Perkerasan Selama 5 Tahun



Sumber : Buku PPJ Ir. Supriyono 2001

- $VIM > 6\%$ → berkemungkinan retak.
- $VIM < 3\%$ → berkemungkinan deformasi plastis.
- Persyaratan $VIM \rightarrow HRS = AC = 3 - 6\%$.

2.4.6.3. **VMA = Void In Mineral Aggregate (%).**

= Rongga udara diantara agregat

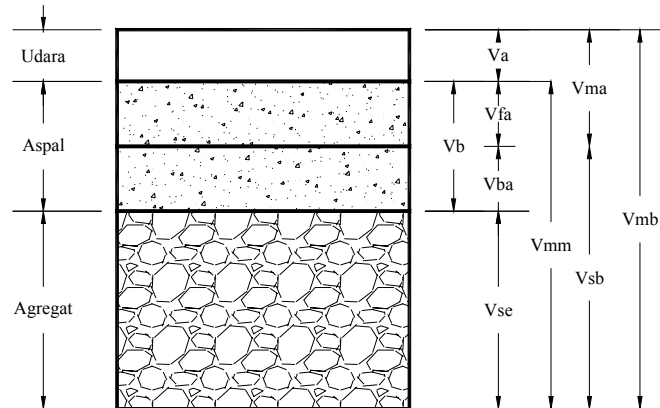
- VMA besar maka akan banyak aspal yang mengisi rongga yang ada sehingga muncul deformasi plastis karena rendahnya VIM (ini terjadi jika VMA rendah, diberikan kadar aspal yang banyak).

VMA yang rendah diberikan kadar aspal yang sedikit, agar VIM minimum tercapai sehingga timbul masalah keawetan dan retak leleh karena kekurangan aspal.

- *VMA* besar maka akan tersedia banyak ruang sehingga dapat menampung banyak aspal, tanpa membuat *VIM* rendah.
- Perlu persyaratan minimal dari *VMA*.
 $HRS \rightarrow VMA \geq 18\%$; $AC \rightarrow VMA \geq 16\%$
- Persyaratan *VIM* dan *VMA* agar diperoleh campuran yang seimbang, yaitu mempunyai stabilitas terhadap deformasi permanen dan mempunyai ketahanan terhadap retak lelah.

Gambar 2.3

Void in Mineral Aggregate (VMA)



Sumber : Buku PPJ Ir. Supriyono 2001

Keterangan :

- V_{ma} = Volume rongga diantara mineral agregat (*VMA*)
 V_{mb} = Volume bulk campuran padat
 V_{mm} = Volume campuran padat tanpa rongga
 V_{fa} = Volume rongga terisi aspal (*VFA*)
 V_a = Volume rongga dalam campuran (*VIM*)
 V_b = Volume aspal
 V_{ba} = Volume aspal yang diserap agregat
 V_{sb} = Volume agregat (berdasarkan berat jenis bulk)
 V_{se} = Volume agregat (berdasarkan berat jenis efektif)

2.4.7. Prosedur Perencanaan cara *PRD*

2.4.7.1. Pemeriksaan sifat – sifat material

- a. Batu Pecah → gradasi + abrasi, berat jenis + penyerapan, penyelimutan, *soundness*, lempung.
- b. Abu batu → gradasi, *SE*, debu, *atterberg*, berat jenis + penyerapan.
- c. Pasir Alam → gradasi, *SE*, debu, *atterberg*, berat jenis + penyerapan.
- d. Aspal → penetrasi, berat jenis, titik lembek, titik nyala dsb.

2.4.7.2. Gradasi agregat campuran

- a. Campuran *HRS – WC* dan *HRS – BC*
 - Gradasi harus senjang dengan rongga udara campuran yang baik.
 - Terdiri dari batu pecah, abu batu, pasir alam.
 - Perhatikan batas ketimpangan gradasi.
- b. Campuran *AC – WCI*, *AC – WC2* dan *AC – Base*
 - Gradasi harus menerus.
 - Terdiri dari batu pecah kasar, batu pecah medium, abu batu dan pasir alam.
 - Tidak berimpit / menjauh dari kurva *Fuller*, agar diperoleh *VMA* besar.
 - Harus menghindari “ Daerah Batas “.
- c. Diperoleh proporsi batu pecah dan %CA, %FA, %FF.

2.4.7.3. Perkiraan Awal Kadar Aspal Optimum (*Pb*)

$$Pb = 0,035 (\%CA) + 0,045 (\%FA) + 0,18 (\%FF) + K$$

Keterangan :

%CA = % agregat tertahan #8

%FA = % agregat lolos #8, tertahan #200

%FF = % agregat lolos #200

K = konstanta

→ Laston K = 0,5 – 1,0

→ *HRS* K = 2,0 – 3,0

2.4.7.4. Pengujian *Marshall* Pertama

- a. Siapkan benda uji *Marshall* dengan variasi kadar aspal → 3 kadar aspal diatas Pb dan 2 kadar aspal dibawah Pb
Misal : Pb = 6.5 % → 5.5 %, 6 %, 6.5 %, 7 %, 7.5 %, 8 %
- b. *Briket Marshall* ditumbuk 2 x 75 blows.
- c. Lakukan pengujian berat jenis maksimum (Gmm) pada kadar aspal Pb dari campuran.
- d. Pengujian *Marshall*, diperoleh nilai stabilitas dan *flow*.
- e. Masukkan ke lembar *Marshall*, hitung *VMA*, *VIM* dan *VFA* dll.
- f. Gambar grafik *Marshall*, hubungan variasi kadar aspal dengan kepadatan stabilitas, kelelahan, MQ, *VMA*, *VIM* dan *VFA*.
- g. Tarik pada *VIM* = 6 %, sehingga diperoleh kadar aspal optimum untuk percobaan *PRD* (P_{VIM}).

2.4.7.5. Pengujian *Marshall* Kedua (*PRD*)

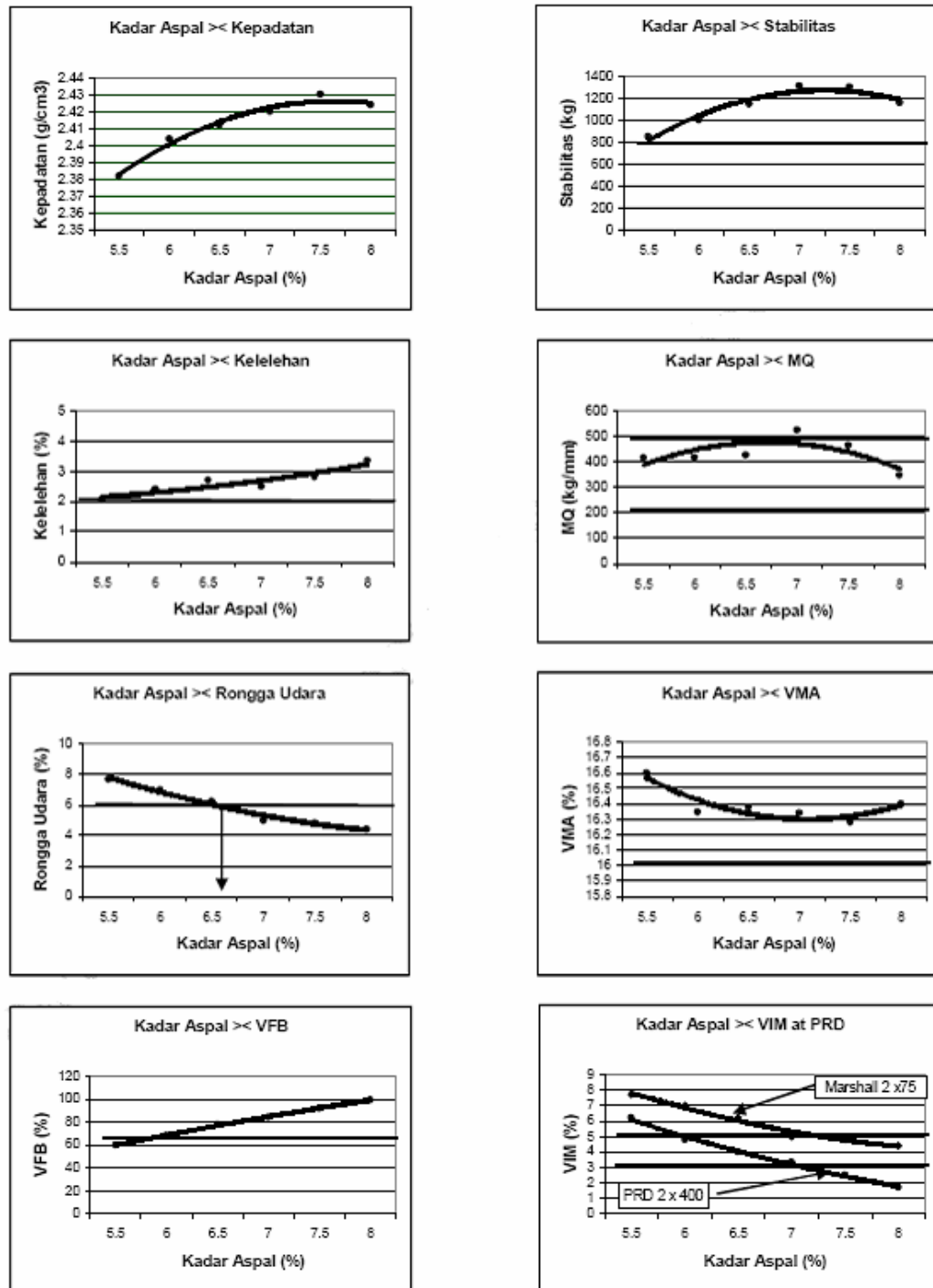
- a. Siapkan benda uji *Marshall* dengan variasi kadar aspal 1 bh dibawah P_{VIM} dan 1 bh diatas.
Misal : P_{VIM} = 6.5 % → 6 %, 6.5 %, 7 %
- b. *Bricket Marshall* ditumbuk 2 x 400 blows.
- c. Pengujian *Marshall* (hanya ditimbang).
- d. Masukkan ke lembar *Marshall*, diperoleh *VIM PRD*.
- e. Gambar grafik *Marshall*, hubungan kadar aspal Vs *VIM PRD*
- f. Kadar aspal rencana harus pada *VIM PRD* minimal 3 % untuk lalu lintas berat, 2 % untuk lalu lintas sedang dan 1% untuk lalu lintas ringan.
- g. Kemudian evaluasi hasil campuran rencana berdasarkan hasil *VMA*, pengaruh pemadatan, pengaruh rongga udara, pengaruh rongga terisi aspal (*VFB*), pengaruh iklim terhadap struktur, dan pengaruh stabilitas dan *VIM*.

Tabel 2.6
Persyaratan Campuran

Persyaratan Campuran			<i>HRS WC</i>	<i>HRS Base</i>	<i>AC-WC AC-BC</i>	<i>AC Base</i>
1. Penyerapan Aspal (%)		Max	1.7	1.7	1.7	1.7
2. Kadar aspal total (%)		-	-	-	-	-
3. Jumlah tumbukan		-	2 x 75	2 x 75	2 x 75	2 x 112
4. Rongga Udara / <i>VIM</i> (%)		-	3 - 6	3 - 6	3 - 6	3 - 8
5. Rongga diantara Agregat / <i>VMA</i> (%)		Min	18	18	16	16
6. Rongga terisi aspal / <i>VFB</i> (%)	> 1 x 10 ⁶ ESA	Min	65	65	65	65
	0.5 x 10 ⁶ ESA s/d 1 x 10 ⁶ ESA	Min	68	68	68	68
	< 0.5 x 10 ⁶ ESA	Min	75	75	75	75
7. <i>Stabilitas Marshall</i> (kg)		Min	800	800	800	1800
8. <i>Flow</i> (mm)		Min	2	2	2	3
9. <i>Marshall Quotient / MQ</i> (kg / mm)		Min	200	200	200	200
10. <i>Stabilitas Sisa</i>		Min	75	75	75	75
11. Rongga udara <i>PRD / VIM PRD</i> (%)	> 1 x 10 ⁶ ESA	Min	3	3	3	3
	0.5 x 10 ⁶ ESA s/d 1 x 10 ⁶ ESA	Min	2	2	2	2
	< 0.5 x 10 ⁶ ESA	Min	1	1	1	1

Sumber : Buku PPJ Ir. Supriyono 2001

Gambar 2.4
Contoh Grafik Data Marshall



Sumber : Badan Litbang DPU

Komparasi Campuran Laston AC – WC dengan Bahan Pengikat Aspal Shell 60/70 dan Aspal Pertamina 60/70 dengan Cara PRD

2.4.7.6. Evaluasi Grafik

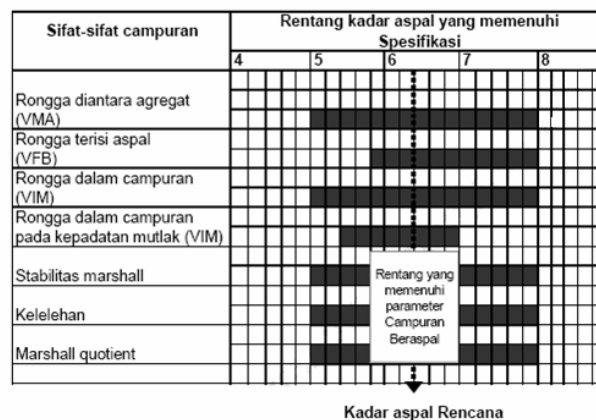
1. Grafik *VMA* harus diatas batas syarat minimum spesifikasi.
2. Parameter penentu : *VMA*, *VFB*, *Marshall* Stabilitas, *Flow*, *MQ*, *VIM PRD* serta *VIM Marshall*.
3. Buat Garis Bilangan.

2.4.7.7. Garis Bilangan Rentang Kadar Aspal

Dibuat garis bilangan rentang kadar aspal terhadap parameter – parameter spesifikasi, yaitu *VMA*, *VFB*, Stabilitas, *Flow*, *MQ*, *VIM* dan *VIM PRD*. Tetapkan area kadar aspal rencana, dimana seluruh parameter spesifikasi memenuhi. Pilih kadar aspal rencananya dengan mempertimbangkan hasil evaluasi. (sub bab 2.4.8).

Gambar 2.5

Garis Bilangan rentang kadar aspal



Sumber : Badan Litbang DPU

2.4.8. Evaluasi Hasil Formula Campuran Rencana

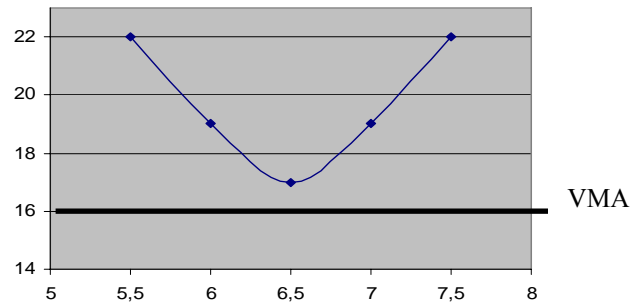
2.4.8.1. Evaluasi *VMA*

Kurva *VMA* >< Kadar aspal → membentuk cekungan huruf U, kemungkinan – kemungkinan hasil *VMA* adalah sebagai berikut :

a. Kurva VMA diatas batas minimum VMA.

Gambar 2.6

Kurva VMA Vs Kadar Aspal



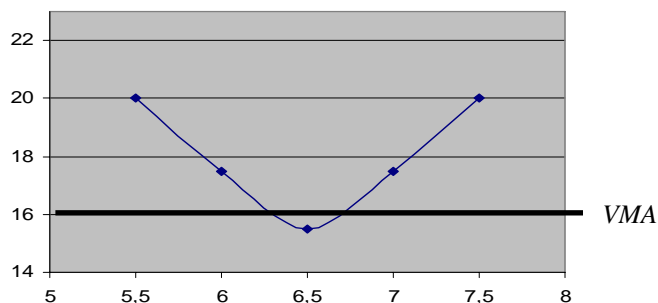
Sumber : Buku PPJ Ir. Supriyono 2001

- Spesifikasi VMA ≥ 16 %.
- Kadar aspal rencana yang baik dipilih dititik sedikit di sebelah kiri dari VMA terendah.
- Hindari kadar aspal rencana pada titik di sebelah kanan dari VMA terendah, karena : (1) Kadar aspal membesar, (2) Rongga udara lebih banyak terdorong oleh aspal, (3) Cenderung menyebabkan alur plastis / *bleeding*.

b. Kurva VMA memotong batas minimum VMA.

Gambar 2.7

Kurva VMA memotong batas minimum VMA



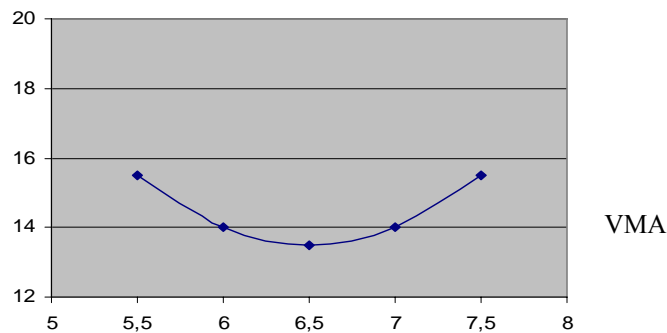
Sumber : Buku PPJ Ir. Supriyono 2001

- *VIM* menjadi relatif kecil.
- Campuran peka terhadap perubahan kadar aspal.
- Jika kadar aspal rencana diambil :
 - Di sebelah kiri → Campuran terlalu kering, rongga udara tinggi, timbul segregasi dan tidak awet.
 - Di sebelah kanan → Timbul kelelahan plastis, karena gemuk aspal.
 Gradasi agregat campuran harus diubah dan jauhi Kurva *Fuller*
 → Proses diulang.

c. Kurva *VMA* seluruhnya di bawah batas minimum.

Gambar 2.8

Kurva VMA dibawah batas minimum VMA



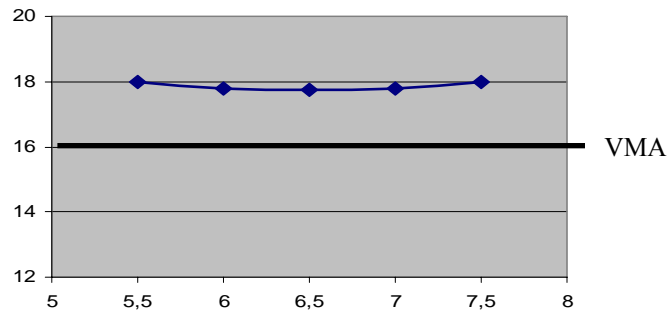
Sumber : Buku PPJ Ir. Supriyono 2001

- Nilai *VMA*, *VFA* dan *VIM* minimum sesuai spesifikasi
 → tindakan tercapai.
- Rencana campuran harus total : Ganti gradasi agregat atau ganti *quarry* agregat.

- d. Kurva VMA tidak mempunyai nilai minimum, tapi diatas batas minimum.

Gambar 2.9

Kurva VMA tidak mempunyai nilai minimum



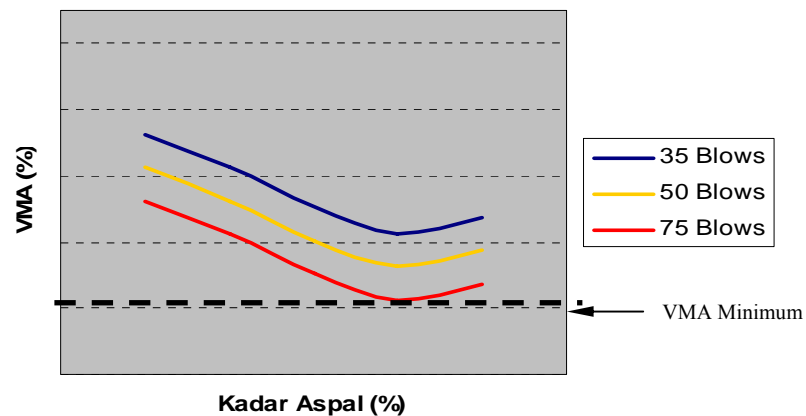
Sumber : Buku PPJ Ir. Supriyono 2001

- Tambahkan titik uji baru dengan menambahkan kadar aspal, karena titik minimumnya belum pasti.

2.4.8.2. Pengaruh Pemadatan

Gambar 2.10

Kurva pengaruh pemadatan



Sumber : Buku PPJ Ir. Supriyono 2001

- a. Jika kadar aspal rencana dengan 2 x 50 blows diambil di sebelah kiri VMA terendah (titik A) ternyata lalu lintas termasuk kategori lalu lintas

berat (seharusnya dengan 2 x 75 *blows*), maka akibat pemadatan oleh lalu lintas, kadar aspal sebenarnya akan menjadi lebih tinggi (bergeser ke kanan). Akibatnya perkerasan akan terjadi alur plastis karena *bleeding* / gemuk aspal.

- b. Sebaliknya, rencana untuk lalu lintas berat (2 x 75 *blows*), kenyataannya lalu lintas rendah (2 x 50 *blows*), maka :
 - Rongga udara final akan lebih tinggi.
 - Air dan udara akan cepat masuk.
 - Campuran cepat mengeras, rapuh, retak.

2.4.8.3. Pengaruh VIM

- a. Tujuan perencanaan *VIM* adalah untuk membatasi kadar aspal rencana pada kondisi *VIM* mencapai tengah – tengah rentang spesifikasi.
- b. $VIM > 6\%$ → Rongga udara terlalu tinggi, muncul retak dini.
- c. $VIM < 3\%$ → Mengakibatkan alur plastis.

2.4.8.4. Pengaruh VFA

- a. *VMA*, *VIM* dan *VFA* adalah saling berhubungan.
- b. *VFA* membatasi *VMA* maksimum dan kadar aspal maksimum.
- c. *VFA* juga membatasi *VIM* yang diijinkan yang memenuhi *VMA* minimum.
- d. Kriteria *VFA* menyediakan tambahan faktor keamanan akibat perubahan yang terjadi antara tahap perencanaan dan pelaksanaan.
- e. *VFA* besar maka kadar aspal tinggi sehingga awet. Jika *VFA* kecil maka kadar aspal rendah sehingga akan terjadi retak dini.

2.4.8.5. Pengaruh Iklim

- a. Untuk mengetahui kerusakan alur pada campuran beraspal maka :
 - Dapat digunakan alat pemadat yang lebih berat dengan masa pemadatan lebih lama untuk mencapai kepadatan mutlak.

- Kadar aspal mendekati batas terendah atau kadar aspal pada kepadatan mutlak.
- b. Pemakaian aspal
 - Daerah dengan suhu $> 24\text{ }^{\circ}\text{C}$, digunakan aspal pen. 40 atau pen. 60.
 - Daerah dengan suhu $< 24\text{ }^{\circ}\text{C}$, digunakan aspal pen. 80.

2.4.8.6. Pengaruh Stabilitas dan *VIM*

- a. *VIM* Rendah – Stabilitas Rendah.
 - Jika kadar aspal tinggi, dapat diturunkan agar *VIM* bertambah asalkan *VMA* tetap dapat dipertahankan, namun pengurangan aspal menyebabkan keawetan menurun.
 - Menaikkan *VMA* agar *VFA* dan *VIM* bertambah dengan menambahkan lebih banyak agregat kasar.
 - Menaikkan stabilitas dan *VMA* dengan cara menambah agregat pecah dan mengurangi fraksi lolos #200 (0.075 mm).
 - Dengan menggunakan agregat bulat / licin maka peningkatan stabilitas tidak memungkinkan.
 - Dengan menambahkan / mengganti pasir alam menjadi pasir buatan, maka *VIM* bertambah dan juga stabilitasnya.
- b. Rongga Rendah – Stabilitas Cukup.
 - *VIM* rendah menimbulkan pelelehan plastis.
 - Meningkatkan *VIM*, dengan cara (1) menambahkan agregat kasar yang pecah, (2) mengurangi *filler* (fraksi lolos #200), (3) menambah pasir buatan dalam campuran.
- c. Rongga Cukup – Stabilitas Rendah.
 - Meningkatkan stabilitas tanpa mengurangi *VIM*, dengan cara memperbaiki bentuk butir agregat kasar dari bulat / pecah pipih menjadi bentuk kubus dan bersudut tajam.
 - Menambahkan agregat kasar.

- d. Rongga Tinggi – Stabilitas Cukup.
 - Rongga tinggi menyebabkan campuran kurang kedap, udara dan air masuk lebih banyak, sehingga terjadi pengerasan aspal dini.
 - Menurunkan *VIM*, dengan cara (1) gradasi gabungan dibuat mendekati kurva *Fuller*, (2) menambahkan *filler*.
- e. Rongga Tinggi – Stabilitas Rendah.
Perlu dilakukan langkah – langkah menurunkan *VIM* dan meningkatkan stabilitas sesuai langkah – langkah tersebut diatas.

2.4.9. Istilah - istilah

- a. Kepadatan mutlak yaitu kepadatan maksimum yang dicapai, walaupun dipadatkan terus campuran tidak dapat menjadi lebih padat.
- b. Kurva *Fuller* adalah kurva gradasi dimana kondisi campuran memiliki kepadatan maksimum dengan rongga diantara mineral agregat (*VMA*) yang minimum.
- c. Zona terbatas adalah suatu zona yang terletak pada garis kepadatan maksimum (kurva *Fuller*) antara ukuran menengah 2,36 mm (# 8) atau 4,75 mm (# 4) dan ukuran 0,30 mm (# 50). Gradasi agregat campuran diharapkan menghindari zona terbatas.
- d. Rongga Diantara Mineral Agregat (*VMA*, dalam %) adalah volume rongga udara yang terdapat diantara partikel suatu campuran perkerasan yang telah dipadatkan.
- e. Rongga Udara (*VIM*, dalam %) adalah volume total udara yang berada diantara partikel agregat yang terselimuti aspal dalam suatu perkerasan yang telah dipadatkan.
- f. Rongga Terisi Aspal (*VFA*, dalam %) adalah bagian dari rongga yang berada diantara mineral agregat (*VMA*) yang terisi oleh aspal efektif.