

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. LASTON

Menurut Pedoman Teknik No. 025/T/BM/1999, Lapis Beton Aspal (Laston) adalah lapisan penutup konstruksi perkerasan jalan yang mempunyai nilai struktural, dalam arti lapis perkerasan tersebut mempunyai tingkat stabilitas dan ketahanan dalam menerima beban kendaraan serta memiliki sifat kedap air. Sedangkan menurut Silvia Sukirman, 2003 dalam Rian, 2006, Lapis Beton Aspal adalah jenis perkerasan jalan yang terdiri dari campuran agregat dan aspal, dengan atau tanpa bahan tambahan. Material-material pembentuk beton aspal dicampur di instalasi pencampur pada suhu tertentu, kemudian untuk pekerjaan dilapangan campuran material tersebut diangkut ke lokasi, dihamparkan dan dipadatkan. Produk campuran beton aspal yang kini banyak digunakan oleh Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah adalah AC-WC, AC-BC dan AC-Base. Ketiga jenis Laston tersebut merupakan konsep spesifikasi campuran beraspal yang telah disempurnakan oleh Bina Marga bersama-sama dengan Pusat Litbang Jalan. Dalam perencanaan spesifikasi baru tersebut menggunakan pendekatan kepadatan mutlak. AC-WC digunakan untuk lapis permukaan dalam perkerasan dan mempunyai tekstur yang paling halus dibandingkan dengan jenis laston lainnya. Pada laston yang bergradasi menerus tersebut mempunyai sedikit rongga dalam struktur agregatnya dibandingkan dengan campuran bergradasi senjang.

Hal tersebut menyebabkan campuran AC-WC lebih peka terhadap variasi dalam proporsi campuran. Gradasi agregat gabungan untuk campuran AC-WC yang mempunyai gradasi menerus tersebut ditunjukkan dalam persen berat agregat, harus memenuhi batas-batas dan harus berada di luar daerah larangan (*restriction zone*) yang diberikan dalam Tabel. 2.1. di bawah ini dengan membandingkan jenis AC-BC yang mempunyai ukuran butir agregat maksimum 25 mm atau 1” dan AC-Base 37,5 mm atau 1½ inci. Sedangkan AC-WC mempunyai ukuran butir agregat maksimum 19 mm atau ¾ inci.

Tabel 2.1. : Gradasi agregat untuk campuran aspal

Ukuran Saringan		% Berat Yang Lolos		
		LASTON (AC)		
(inci)	(mm)	AC-WC	AC-BC	AC-Base
1½ “	37,5	-	-	100
1 “	25	-	100	90-100
¾ “	19	100	90-100	Maks. 90
½ “	12,5	90-100	Maks. 90	-
⅜ “	9,5	Maks. 90	-	-
No.4	4,75	-	-	-
No.8	2,36	28-58	23-49	19-45
No.16	1,18	-	-	-
No.30	0,60	-	-	-
No.200	0,075	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	1,60	19,1-23,1	16,7-20,7	13,6-17,6
No.50	1,300	15,5	13,7	11,4

Sumber : Pedoman dan Konstruksi Bangunan No.001-03/BM/2006

Sedangkan ketentuan sifat-sifat campuran beraspal panas di Indonesia seperti campuran beraspal jenis AC-WC adalah ketentuan yang telah dikeluarkan oleh Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah bersama-sama dengan Bina Marga, yaitu seperti yang tertera dalam Tabel 2.2 dibawah ini.

Tabel 2.2 : Ketentuan Sifat Campuran Laston

Sifat-sifat Campuran		Laston		
		AC-WC	AC-BC	AC-Base
Penyerapan aspal %	Max	1,2		
Jumlah tumbukan per bidang		75	112 ⁽¹⁾	
Rongga dalam campuran (%) ⁽³⁾	Min	3,0		
	Max	6,0		
Rongga dalam Agregat (VMA) (%)	Min	16		
Rongga terisi aspal (%)	Min	65		
Stabilitas Marshall (kg)	Min	800	1800 ⁽¹⁾	
	Max	-	-	
Pelelehan (mm)	Min	3	5 ⁽¹⁾	
Marshall Quotient (kg/mm)	Min	200	300	
Stabilitas Marshall Sisa (%) setelah perendaman selama 24 jam, 60°C	Min	75		
Rongga dalam campuran (%) pada ⁽²⁾ Kepadatan membal (refusal)	Min	2,0		

Sumber : Pedoman Perencanaan Campuran Beraspal
Dirjen Bina Marga No.76/KPTS/Db/1999.

Catatan :

1. Modifikasi Marshall, diameter cetakan benda uji 152,4mm. Untuk kondisi kepadatan mutlak digunakan alat penumbuk getar agar terhindar darikemungkinan adanya agregat yang pecah,
2. Untuk menentukan kepadatan membal (refusal), penumbuk bergetar (vibratory hamer) disarankan digunakan untuk menghindari pecahnya butiran agregat dalam campuran. Jika digunakan penumbukan manual jumlah tumbukan perbidang harus 600 untuk cetakan berdiameter 6 inch dan 400 untuk cetakan berdiameter 4 inci,
3. Berat jenis efektif agregat dihitung berdasarkan pengujian bj. maksimum agregat (Gmm test, AASHTO T-209),
4. Direksi pekerjaan dapat menyetujui prosedur pengujian AASHTO T.283 sebagai alternatif pengujian kepekaan kadar air. Pengondisian beku cair (*freeze thaw conditioning*) tidak diperlukan. Standar minimum untuk diterimanya prosedur T.283 harus 80% kuat tarik sisa.

2.2. ASPAL.

Aspal ialah bahan hidro karbon yang bersifat melekat (*adhesive*), berwarna hitam kecoklatan, tahan terhadap air, dan viskoelastis. Aspal sering juga disebut bitumen merupakan bahan pengikat pada campuran beraspal yang dimanfaatkan sebagai lapis permukaan lapis perkerasan lentur dan mempunyai sifat viskoelastis. Aspal akan bersifat padat pada suhu ruang dan bersifat cair bila dipanaskan. Aspal merupakan bahan yang sangat kompleks dan secara kimia belum dikarakterisasi dengan baik. Kandungan utama aspal adalah senyawa karbon jenuh dan tak jenuh, alifatik dan aromatic yang mempunyai atom karbon sampai 150 per molekul. Atom-atom selain hidrogen dan karbon yang juga menyusun aspal adalah nitrogen, oksigen, belerang, dan beberapa atom lain. Secara kuantitatif, biasanya 80% massa aspal adalah karbon, 10% hydrogen, 6% belerang, dan sisanya oksigen dan nitrogen, serta sejumlah renik besi, nikel, dan vanadium. Senyawa-senyawa ini sering dikelaskan atas aspalten (yang massa molekulnya kecil) dan malten (yang massa molekulnya besar). Biasanya aspal mengandung 5 sampai 25% aspalten. Sebagian besar senyawa di aspal adalah senyawa polar.

Berdasarkan cara mendapatkan aspal sebagai campuran perkerasan jalan, dapat dibedakan tiga jenis aspal yaitu : Aspal Keras, Aspal Modifikasi dan Aspal Alam. Aspal Keras diperoleh melalui proses destilasi fraksi ringan yang terkandung dalam minyak bumi dipisahkan dengan destilasi sederhana hingga menyisakan suatu residu yang dikenal dengan nama aspal keras. Dalam proses destilasi ini, aspal keras baru dihasilkan melalui proses destilasi hampa udara pada temperature 480° C. Untuk menghasilkan aspal keras dengan sifat yang

diinginkan, proses penyulingan harus mengontrol terhadap sifat aspal keras yang dihasilkan. Hal ini dilakukan dengan mencampur berbagai variasi minyak mentah bersama-sama sebelum proses distilasi dilakukan. Pencampuran ini agar dihasilkan aspal keras dengan sifat-sifat yang bervariasi sesuai dengan sifat yang diinginkan.

Aspal modifikasi dibuat dengan mencampur aspal keras dengan suatu bahan tambah berupa sejenis polymer, sehingga aspal modifikasi sering disebut juga sebagai aspal polymer dan aspal multigrade. Berdasarkan sifat-sifatnya, ada dua jenis bahan polymer yang umum digunakan yaitu polymer elastomer dan polymer plastomer.

Aspal alam adalah aspal yang secara alamiah terjadi di alam. Berdasarkan depositnya, aspal alam dapat dibedakan dalam dua kelompok yaitu :

- a. Aspal danau (*lake asphalt*). Aspal ini secara alamiah terdapat di Trinidad, Venezuela dan Lawele. Aspal ini terdiri dari bitumen, mineral dan bahan organik lainnya. Angka penetrasi sangat rendah dan memiliki titik leleh yang cukup tinggi.
- b. Aspal Batu (*rock asphalt*). Aspal batu Kentucky dan Buton adalah aspal yang secara alamiah terbentuk didaerah Kentucky, USA dan di Pulau Buton, Indonesia. Aspal dari deposit ini terbentuk dalam celah-celah batuan kapur dan batuan pasir. Aspal yang terkandung dalam batuan ini berkisar antara 12 – 35 % dari masa batu tersebut dan memiliki tingkat penetrasi antara 0 – 40. Untuk pemakaiannya, deposit ini harus ditambang, aspalnya diekstraksi dan dicampur dengan minyak pelunak atau aspal keras dengan angka penetrasi yang

lebih tinggi agar didapat suatu campuran aspal yang memiliki angka penetrasi sesuai dengan yang diinginkan

Aspal keras dapat dibedakan berdasarkan sifat kekerasannya, yang ditunjukkan dengan nilai penetrasi dan titik lembek aspal. Dalam spesifikasi campuran beraspal panas, dikenal jenis aspal yang dapat digunakan sebagai bahan perkerasan jalan yaitu Aspal keras pen 60, Aspal Polimer, Aspal Modifikasi, Asbuton dan Aspal Multigrade. Dalam penelitian ini digunakan jenis aspal keras dengan penetrasi 60.

2.3. AGREGAT.

Agregat adalah sekumpulan butir-butir batu pecah, kerikil, pasir atau mineral lainnya berupa hasil alam atau buatan (Departemen Pekerjaan Umum – Direktorat Jendral Bina Marga.1998). Agregat atau batuan atau granular material adalah material berbutir yang keras dan kompak, yang mencakup batu bulat, batu pecah, abu batu dan pasir yang berperan dalam prasarana transportasi khususnya perkerasan jalan. Daya dukung perkerasan jalan ditentukan sebagian besar oleh karakteristik agregat yang digunakan. Pemilihan agregat yang tepat dan memenuhi persyaratan akan sangat menentukan dalam keberhasilan dan pemeliharaan jalan. Pada campuran beraspal, agregat memberikan kontribusi sampai 90 -95% terhadap berat campuran, sehingga sifat-sifat agregat merupakan salah satu faktor penentu dari kinerja campuran tersebut. Oleh karena itu, sifat agregat harus diperiksa terhadap : kekerasan agregat, bentuk butiran agregat, kelekatan terhadap aspal, angularitas serta kepipihan dan kelonjongan agregat. Berdasarkan besar gradasi,

agregat dapat dibedakan atas agregat kasar dan agregat halus. Fraksi agregat kasar untuk rancangan adalah yang tertahan ayakan

No. 8 (2,36 mm) dan harus bersih, keras, awet dan bebas dari lempung, bahan-bahan zat organik atau bahan yang tidak dikehendaki lainnya. Fraksi agregat kasar harus terdiri dari batu pecah atau kerikil pecah dan harus disiapkan dalam ukuran nominal tunggal. Ukuran maksimum (*maximum size*) agregat adalah satu ayakan yang lebih besar dari ukuran nominal maksimum (*nominal maximum size*). Ukuran nominal maksimum adalah satu ayakan yang lebih kecil dari ayakan pertama (teratas) dengan bahan tertahan kurang dari 10 %. Untuk agregat halus harus memenuhi keketentuan :

- a. Agregat halus harus terdiri dari pasir atau pengayakan batu pecah dan terdiri dari bahan yang lolos ayakan No. 8 (2,36 mm).
- b. Fraksi agregat halus pecah mesin harus ditempatkan terpisah dari agregat kasar.
- c. Pasir boleh dapat digunakan dalam campuran aspal. Presentase maksimum yang disarankan untuk Laston (AC) adalah 10 %.
- d. Agregat halus harus merupakan bahan yang bersih, keras, bebas dari lempung, atau bahan yang tidak dikehendaki lainnya.

Sedangkan bahan pengisi yang ditambahkan harus dari semen portland, bahan tersebut harus bebas dari bahan yang tidak dikehendaki dan tidak menggumpal. Debu batu (*stonedust*) dan bahan pengisi yang ditambahkan harus kering dan bebas dari gumpalan-gumpalan dan bila diuji dengan penyaringan sesuai SNI 03-4142-1996 harus mengandung bahan yang lolos saringan No.200 (75 micron) tidak

kurang dari 75 % dari yang lolos saringan No. 30 (600 micron) dan mempunyai sifat non plastis.

2.4. ABU VULKANIK.

Abu vulkanik adalah salah satu jenis tephra (ekstrusi vulkanik udara), yang biasanya merusak (*destruktif*) pada awalnya tetapi dalam waktu tertentu dapat berguna. Dalam pengertian lain bahwa Abu vulkanik atau Pasir vulkanik adalah bahan material vulkanik jatuhan yang disebarkan keudara saat terjadi letusan gunung berapi. Abu maupun pasir vulkanik terdiri dari batuan yang berukuran besar hingga berukuran halus, yang berukuran besar biasanya jatuh disekitar kawah dalam radius 5-7 km, sedangkan yang berukuran halus sampai ratusan bahkan ribuan km dari kawah disebabkan oleh adanya hembusan angin (Sudaryo dkk, 2009). Ukuran partikel abu yang jatuh ke tanah umumnya menurun secara eksponensial dengan semakin jauh jaraknya dari gunung berapi, juga rentang ukuran butir abu vulkanik biasanya berkurang melawan arah angin dari gunung berapi menjadi semakin kecil. Ukuran patikel pasir dan lumpur berkisar 0,001 mm hingga 2 mm, abu vulkanik tidak larut dalam air, sangat kasar dan agak korosif (Johnston, 1997). Dalam Gambar 2.1 adalah ukuran partikel abu vulkanik yang diperbesar 200 kali.



Sumber : Johnston, 1997

Gambar 2.1 : Partikel Abu Vulkanik (diperbesar 200 kali).

Kepadatan partikel vulkanik akan berbeda menurut jenis partikel yang dikandungnya seperti yang tertera dalam Tabel 2.3 dibawah

Tabel 2.3 : Kepadatan partikel vulkanik

Kepadatan partikel vulkanik kg / m ³ .	
Jenis partikel abu	Kepadatan partikel
Fragmen batu apung	700-1,200 kg/m ³
Vulkanik pecahan kaca	2,350-2,450 kg/m ³
Kristal dan mineral	2,700-3,300 kg/m ³
fragmen batu yang lain	2,600-3,200 kg/m ³

Sumber : Shipley dan Sarna-Wojcicki, 1982

Unsur kimia secara langsung berhubungan dengan kimia dari sumber magma. Kaca vulkanik relatif tinggi dibandingkan dengan kristal silika mineral, tetapi relatif rendah unsur-unsur non-silika (terutama Mg dan Fe). Baik kaca dan mineral hampir selalu mengandung Si, Al, K, Na, Ca, Mg dan / atau Fe. (Johnston and others, 2004). Berdasarkan Uji Komposisi Kimia Tanah Abu Vulkanik Gunung Merapi Yogyakarta yang dilakukan oleh Balai Teknik Kesehatan Lingkungan (BTKL), 1994 Yogyakarta menunjukkan bahwa kandungan unsur kimia abu vulkanik seperti dalam Tabel 2.4.

Tabel 2.4. : Kandungan unsur kimia abu vulkanik

NO	NAMA SENYAWA	KANDUNGAN (%)
1	SiO ₂	54.56 %
2	Al ₂ O ₃	18.37 %
3	Fe ₂ O ₃	18.59 %
4	CaO	8.33 %
5	MgO	2.45 %
6	Na ₂ O	3.62 %
7	K ₂ O	2.32 %
8	MnO	0.17 %
9	TiO ₂	0.92 %
10	P ₂ O ₅	0.32 %
11	H ₂ O	0.11 %
12	HD	0.2 %

Sumber : Balai Teknik Kesehatan Lingkungan, BTKL Yogyakarta.

Sedangkan distribusi kandungan unsur logam : Al, Mg, Si dan Fe yang tersebar di dalam tanah vulkanik seperti dalam Tabel 2.5 dibawah.

Tabel 2.5 : Kandungan Unsur Logam, Sudaryo dan Sucipto, (2009).

NO	NAMA SENYAWA	KANDUNGAN (%)
1	Al	1,8 – 5,9 %
2	Mg	1 – 2,4 %
3	Si	2,6 – 28 %
4	Fe	1,4 – 9,3 %

2.5. BAHAN DAN KARAKTERISTIK BETON ASPAL.

Beton aspal adalah beton dengan bahan pengikat aspal yang dicampur dengan agregat dalam keadaan panas. Agregat tersebut terdiri dari sekumpulan butiran batu pecah, kerikil, pasir atau mineral lainnya, baik berupa hasil alam maupun hasil buatan. Agregat yang digunakan terdiri atas agregat kasar yaitu agregat yang butirannya tertahan pada saringan No. 8 (2,38 mm), agregat halus yaitu agregat yang butirannya lolos saringan No. 8 (2,38 mm) serta bahan pengisi (*filler*) yaitu bahan berbutir halus yang lolos saringan No. 30. Campuran Beton Aspal dengan kombinasi material tersebut merupakan suatu lapisan permukaan atau lapis antara pada perkerasan jalan raya yang mampu memberikan sumbangan daya dukung yang terukur dan berfungsi sebagai lapisan kedap air yang dapat melindungi konstruksi di bawahnya serta dapat memberikan kenyamanan dan keamanan yang tinggi (SNI 03-1737-1989).

Menurut Silvia Sukirman (2003) dalam Rian Putrowijoyo (2006), terdapat tujuh karakteristik campuran yang harus dimiliki oleh beton aspal yaitu stabilitas, keawetan, kelenturan atau fleksibilitas, ketahanan terhadap kelelahan (*fatigue resistance*), kekesatan permukaan atau ketahanan geser, kedap air dan kemudahan

pelaksanaan (*workability*). Di bawah ini adalah penjelasan dari ketujuh karakteristik tersebut.

1. Stabilitas adalah kemampuan perkerasan jalan menerima beban lalu lintas tanpa terjadi perubahan bentuk tetap seperti gelombang, alur dan *bleeding*. Kebutuhan akan stabilitas sebanding dengan fungsi jalan dan beban lalu lintas yang dilayani. Jalan yang melayani volume lalu lintas tinggi dan mayoritas kendaraan berat membutuhkan perkerasan jalan dengan stabilitas tinggi. Beberapa factor yang mempengaruhi nilai stabilitas beton aspal adalah :
 - a. Gesekan internal yang dapat berasal dari kekasaran permukaan butir-butir agregat, luas bidang kontak antar butir atau bentuk butir, gradasi agregat, kepadatan campuran dan tebal film aspal.
 - b. Kohesi yang merupakan gaya ikat aspal yang berasal dari daya lekatnya, sehingga mampu memelihara tekanan kontak antar butir agregat.
2. Keawetan atau durabilitas adalah kemampuan beton aspal menerima repetisi beban lalu lintas seperti berat kendaraan dan gesekan antara roda kendaraan dan permukaan jalan, serta menahan keausan akibat pengaruh cuaca dan iklim, seperti udara, air, atau perubahan temperatur. Durabilitas aspal dipengaruhi oleh tebalnya selimut aspal, banyaknya pori, kepadatan dan kewedapan airnya campuran.
3. Kelenturan atau fleksibilitas adalah kemampuan beton aspal untuk menyesuaikan diri akibat penurunan (*konsolidasi/ settlement*) dan pergerakan dari pondasi atau tanah dasar, tanpa terjadi retak. Penurunan terjadi akibat

dari repetisi beban lalu lintas ataupun akibat beban sendiri tanah timbunan yang dibuat di atas tanah asli

4. Ketahanan terhadap kelelahan (*Fatigue Resistance*) adalah kemampuan beton aspal untuk menerima lendutan berulang akibat repetisi beban, tanpa terjadinya kelelahan berupa alur dan retak. Hal ini dapat tercapai jika menggunakan kadar aspal yang tinggi.
5. Kekesatan/tahanan geser adalah kemampuan permukaan beton aspal terutama pada kondisi basah, memberikan gaya esek pada roda kendaraan sehingga kendaraan tidak tergelincir ataupun slip. Faktor-faktor untuk mendapatkan kekesatan jalan sama dengan untuk mendapatkan stabilitas yang tinggi, yaitu kekasaran permukaan dari butir-butir agregat, luas bidang kontak antar butir atau bentuk butir, gradasi agregat, kepadatan campuran dan tebal film aspal.
6. Kedap air adalah kemampuan beton aspal untuk tidak dapat dimasuki air ataupun udara lapisan beton aspal. Air dan udara dapat mengakibatkan percepatan proses penuaan aspal dan pengelupasan selimut aspal dari permukaan agregat.
7. *Workability* adalah kemampuan campuran beton aspal untuk mudah dihamparkan dan dipadatkan. Kemudahan pelaksanaan menentukan tingkat efisiensi pekerjaan. Faktor kemudahan dalam proses penghamparan dan pemadatan adalah viskositas aspal kepekatan aspal terhadap perubahan temperatur dan gradasi serta kondisi agregat.

Ketujuh sifat campuran beton aspal ini tidak mungkin dapat dipenuhi sekaligus oleh satu campuran. Sifat-sifat beton aspal mana yang dominan lebih diinginkan

akan menentukan jenis beton aspal yang dipilih. Hal ini sangat perlu diperhatikan ketika merancang tebal perkerasan jalan. Jalan yang melayani lalu lintas ringan seperti mobil penumpang sepantasnya lebih memilih jenis beton aspal yang mempunyai sifat durabilitas dan fleksibilitas yang tinggi daripada memilih jenis beton aspal dengan stabilitas tinggi.

2.6. GRADASI AGREGAT GABUNGAN.

Gradasi agregat gabungan untuk campuran aspal, ditunjukkan dalam persen terhadap berat agregat, harus memenuhi batas-batas dan harus berada di luar Daerah Larangan (*Restriction Zone*). Jenis campuran yang akan digunakan untuk pembuatan benda uji adalah campuran aspal panas *Asphalt Concrete - Wearing Course* (AC-WC) dengan spesifikasi gradasi menurut Pedoman Perencanaan Beraspal dengan Pendekatan Kepadatan Mutlak yang dikeluarkan melalui Keputusan Direktur Jendral Bina Marga N0.76/KPTS/Db/1999 Tanggal 20 Desember 1999 seperti pada Tabel 2.6.

Tabel 2.6. : Gradasi Agregat Untuk Campuran Aspal AC-WC

URAIAN	UKURAN SARINGAN										
	1½	1"	¾"	½"	⅜"	#4	#8	#16	#30	#50	#200
INCH											
MM	37,5	25,4	19,05	12,7	9,53	4,76	2,38	1,19	0,6	0,3	0,075
Spec. Gradasi AC-WC											
Max			100	100	90		58				10
Min			100	90			28				4
Fuller			100	83,32	73,2	53,59	39,23	28,72	21,02	15,39	8,28
Fuller Curve											
Max							39,1	31,6	23,1	15,5	
Min							39,1	25,6	19,1	15,5	

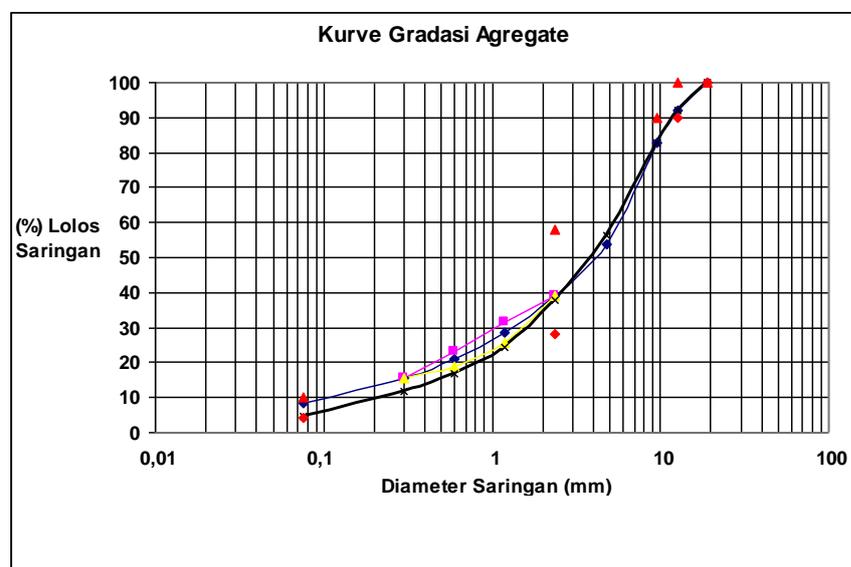
Sumber : Pedoman Perencanaan Campuran Beraspal
Dirjen Bina Marga No.76/KPTS/Db/1999 (modifikasi)

Untuk campuran Laston tipe AC-WC, kombinasi gradasi agregat dianjurkan tidak berhimpit dengan kurva Fuller. Kurva Fuller disajikan dalam Tabel 2.6. Untuk campuran AC-WC digunakan dalam spesifikasi ini diperoleh dengan menggunakan persamaan berikut :

$$P = 100 \left[\frac{d}{D} \right]^{0,45} \dots \dots \dots (1)$$

Keterangan : P = Persentase bahan yang lolos saringan d (%)
 D = Ukuran butir terbesar (mm)
 d = Ukuran saringan yang ditinjau (mm)

Gradasi kombinasi agregat untuk campuran aspal diharuskan menghindari daerah larangan (*restriction zone*). Kurva gradasi AC-WC ditunjukkan dalam Gambar 2.2. Hal ini dalam memilih gradasi agregat campuran jenis Laston, perlu diperhatikan Kurve Fuller, Titik Kontrol dan Zone Terbatas Gradasi



Gambar 2.2 : Kurve titik kontrol Gradasi Laston (AC-WC)

Untuk memperoleh gradasi gabungan, digunakan dengan cara analitis. Kombinasi agregat yang dipakai, menggunakan dari tiga fraksi yang terdiri dari agregat kasar, agregat halus dan *filler* dapat digabungkan dengan persamaan dasar di bawah ini.

$$P = A.a + B.b + C.c \dots\dots\dots (2)$$

$$1 = a + b + c \dots\dots\dots (3)$$

Keterangan :

- P = Persen lolos agregat campuran dengan ukuran tertentu (%)
- A, B, C = Persen bahan yang lolos saringan masing-masing ukuran (%)
- a, b, c = Proporsi masing-masing agregat yang digunakan, jumlah total 100%

$$a = \frac{P - B}{A - B} \dots\dots\dots (4)$$

$$c = \frac{Ba - P}{B - C} \dots\dots\dots (5)$$

$$b = 1 - a - c \dots\dots\dots (6)$$

Setelah didapatkan nilai a , b dan c maka proporsi masing-masing fraksi agregat dalam campuran dapat dievaluasi.

2.7. KADAR ASPAL RENCANA

Untuk perencanaan campuran beraspal panas (Laston) dengan kepadatan mutlak, secara garis besar adalah melakukan pemilihan gradasi agregat campuran berdasarkan jenis dan fungsi campuran yang akan digunakan, serta lakukan penggabungan beberapa fraksi agregat dengan salah satu cara (cara analitis), kemudian hitung perkiraan kadar aspal rencana (P_b). Kadar aspal total dalam campuran adalah kadar aspal efektif yang membungkus atau menyelimuti butir-butir agregat, mengisi pori antara agregat, ditambah dengan kadar aspal yang akan terserap masuk kedalam pori masing-masing butir agregat. Dimana kadar aspal

campuran telah ditetapkan dalam spesifikasi sifat campuran, maka untuk rancangan campuran di laboratorium dipergunakan kadar aspal tengah/ideal dari rentang kadar aspal dalam spesifikasi campuran. Kadar aspal tengah dapat ditentukan dengan mempergunakan rumus atau persamaan, yaitu dikenal dengan perkiraan kadar aspal rencana (P_b) dari persamaan:

$$P_b = 0,035 (\%CA) + 0,045 (\%FA) + 0,18 (\%FF) + k \dots \dots \dots (7)$$

dimana : P_b = kadar aspal rencana awal, adalah % terhadap berat campuran

CA = agregat kasar, adalah % terhadap agregat tertahan saringan no.8

FA = agregat halus, adalah % terhadap agregat lolos saringan no.8 dan tertahan saringan no. 200

FF = bahan pengisi (bila perlu)

K = Konstanta berkisar antara 0,5 - 1,0

Kadar aspal yang diperoleh dibulatkan mendekati angka 0,5 % yang terdekat.

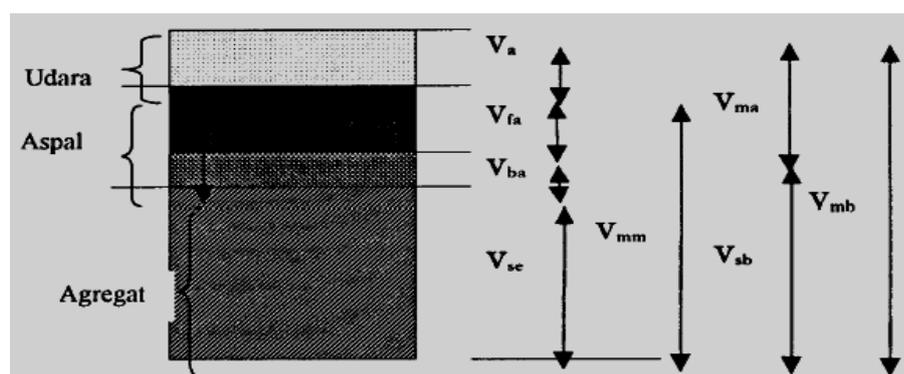
2.8. KEPADATAN MUTLAK (*PERCENTAGE REFUSAL DENSITY / PRD*)

Kepadatan Mutlak adalah kepadatan tertinggi (maksimum) yang dicapai dari suatu campuran dan tidak dapat menjadi lebih padat lagi walaupun campuran tersebut dipadatkan terus menerus. Menurut Ariawan A, (2007), Derajat kepadatan mutlak (*Percentage Refusal Density / PRD*) adalah rasio antara kepadatan uji laboratorium terhadap kepadatan *refusal* dalam satuan persen. Kepadatan tersebut merupakan pendekatan terhadap kondisi lapangan setelah campuran beraspal dipadatkan secara sekunder oleh lalu lintas selama beberapa tahun umur rencana, tanpa mengalami perubahan bentuk plastis (*plastic deformation*).

Kondisi ini sulit untuk menjamin campuran yang tahan terhadap kerusakan yang berbentuk alur plastis, oleh karena itu metode Marshall konvensional belum cukup untuk menjamin kinerja campuran beraspal yang digunakan untuk lalu lintas berat dan padat pada suhu tinggi. Keterbatasan metode Marshall adalah ketergantungannya terhadap kepadatan setelah dilalui kendaraan untuk mencapai rongga udara yang disyaratkan.

2.8.1. Volumetrik Campuran Beraspal.

Volumetri campuran beraspal yang dimaksud adalah Volume benda uji campuran yang telah dipadatkan. Komponen campuran beraspal secara volumetrik tersebut adalah : Volume rongga diantara mineral agregat (VMA), Volume bulk campuran padat, Volume campuran padat tanpa rongga, Volume rongga terisi aspal (VFA), Volume rongga dalam campuran (VIM), Volume aspal yang diserap agregat, Volume agregat berdasarkan berat jenis bulk dan Volume agregat berdasarkan berat jenis efektif seperti pada Gambar 2.3 dibawah.



Gambar 2.3 : Komponen Campuran Beraspal secara Volumetrik.

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.

2.8.2. Rumusan dalam perhitungan Volumetrik.

Perhitungan Berat Jenis dan Volume Rongga campuran beraspal adalah menggunakan persamaan-persamaan sebagai berikut :

1. Berat Jenis Bulk Agregat.

Berat jenis bulk adalah perbandingan antara berat bahan di udara (termasuk rongga yang kedap dan yang menyerap air) pada satuan volume dan suhu tertentu dengan berat air suling serta volume yang sama pada suhu tertentu pula, yang dirumuskan:

$$G_{sb} = \frac{P_1 + P_2 + \dots + P_n}{P_1/G_1 + P_2/G_2 + \dots + P_n/G_n} \dots\dots\dots (8)$$

Keterangan : G_{sb} = Berat Jenis Bulk Total Agregate
 P_1, P_2, P_n = Persentasi masing-masing fraksi Agregate.
 G_1, G_2, G_n = Berat Jenis Bulk masing-masing fraksi Agregate.

2. Berat Jenis Efektif Agregat

Berat jenis efektif adalah perbandingan antara berat bahan diudara (tidak termasuk rongga yang menyerap aspal) pada satuan volume dan suhu tertentu dengan berat air destilasi dengan volume yang sama dan suhu tertentu pula, yang dirumuskan :

$$G_{se} = \frac{P_{mm} - P_b}{P_{mm}/G_{mm} - P_b/G_b} \dots\dots\dots (9)$$

Keterangan : G_{se} = Berat Jenis Efektif Agregate
 P_{mm} = Persentasi Berat total Campuran (= 100).
 G_{mm} = Berat Jenis Maksimum Campuran, rongga udara NOL.
 P_b = Kadar Aspal berdasarkan berat jenis maksimum
 G_b = Berat Jenis Aspal

3. Berat Janis Maksimum Campuran.

Berat jenis maksimum campuran untuk masing-masing kadar aspal dapat dihitung dengan menggunakan berat jenis efektif (G_{se}) rata-rata sebagai berikut :

$$G_{mm} = \frac{P_{mm}}{P_s/G_{se} + P_b/G_b} \dots\dots\dots(10)$$

Keterangan :

G_{mm} = Berat Jenis Maksimum campuran Agregate rongga udara NOL.
 P_{mm} = Persentasi Berat total Campuran (= 100).
 P_s = Kadar agregat persen terhadap berat total campuran.
 P_b = Kadar Aspal persen terhadap berat total campuran
 G_{se} = Berat Jenis efektif agregat
 G_b = Berat Jenis Aspal

4. Penyerapan Aspal.

Penyerapan aspal dinyatakan dalam persen terhadap berat agregat total tidak terhadap berat campuran yang dirumuskan sebagai berikut :

$$P_{ba} = 100 \times \frac{G_{se} - G_{sb}}{G_{sb} \times G_{se}} \times G_b \dots\dots\dots(11)$$

Keterangan : P_{ba} = Penyerapan Aspal, persen total agregat.
 G_{sb} = Berat Jenis Bulk agregat
 G_{se} = Berat Jenis efektif agregat.
 G_b = Berat Jenis Aspal

5. Kadar Aspal Efektif.

Kadar efektif campuran beraspal adalah kadar aspal total dikurangi jumlah aspal yang terserap oleh partikel agregat. Kadar aspal efektif ini akan menyelimuti permukaan agregat bagian luar yang pada akhirnya akan menentukan kinerja perkerasan beraspal. Kadar aspal efektif ini dirumuskan sebagai berikut :

$$P_{be} = P_b \times \frac{P_{ba}}{100} \times P_s \quad \dots\dots\dots (12)$$

Keterangan : P_{be} = Kadar Aspal efektif, persen total agregat.
 P_b = Kadar Aspal persen terhadap berat total campuran
 P_{ba} = Penyerapan Aspal, persen total agregat.
 P_s = Kadar Agregat, persen terhadap berat total campuran

6. Rongga diantara Mineral Agregat (VMA).

Rongga diantara mineral agregat (VMA) adalah ruang diantara partikel agregat pada suatu perkerasan beraspal, termasuk rongga udara dan volume aspal efektif (tidak termasuk volume aspal yang diserap agregat). VMA dihitung berdasarkan Berat Jenis Bulk Agregat dan dinyatakan sebagai persen volume bulk campuran yang dipadatkan. VMA dapat dihitung pula terhadap berat campuran total atau terhadap berat agregat total. Perhitungan VMA terhadap campuran total dengan persamaan :

a. Terhadap Berat Campuran Total.

$$VMA = 100 \times \frac{G_{mb} \times P_s}{G_{sb}} \quad \dots\dots\dots (13a)$$

Keterangan: VMA = Rongga diantara mineral Agregat, persen volume Bulk
 G_{sb} = Berat Jenis Bulk agregat
 G_{mb} = Berat Jenis Bulk campuran padat
 P_s = Kadar Agregat, persen terhadap berat total campuran

b. Terhadap Berat Agregat Total.

$$VMA = 100 - \frac{G_{mb}}{G_{sb}} \times \frac{100}{(100 + P_b)} \dots\dots\dots (13b)$$

Keterangan : VMA = Rongga diantara mineral Agregat, persen volume Bulk
 G_{sb} = Berat Jenis Bulk agregat
 G_{mb} = Berat Jenis Bulk campuran padat
 P_b = Kadar Aspal persen terhadap berat total campuran

7. Rongga di Dalam Campuran (VIM).

Rongga udara dalam campuran atau VIM dalam campuran perkerasan beraspal terdiri atas ruang udara diantara partikel agregat yang terselimuti aspal.

Volume rongga udara dalam persen dapat ditentukan dengan persamaan :

$$V_a = 100 \times \frac{G_{mm} - G_{mb}}{G_{mm}} \dots\dots\dots (14).$$

Keterangan :

V_a = Rongga udara campuran, persen total campuran
 G_{mm} = Berat Jenis Maksimum campuran Agregate rongga udara NOL
 G_{mb} = Berat Jenis Bulk campuran padat

8. Rongga Terisi Aspal (VFA).

Rongga terisi aspal adalah persen rongga yang terdapat diantara partikel agregat yang terisi oleh aspal, tidak termasuk aspal yang diserap oleh agregat.

Untuk mendapatkan rongga terisi aspal (VFA) dapat ditentukan dengan persamaan :

$$VFA = \frac{100 (VMA - V_a)}{VMA} \dots\dots\dots (15).$$

Keterangan : VFA = Rongga terisi aspal, persen VMA
 VMA = Rongga diantara mineral agregat, persen volume bulk.
 V_a = Rongga udara campuran, persen total campuran

2.9. UJI MARSHALL.

Konsep uji Marshall ditemukan oleh Bruce Marshall dan dikembangkan di *Mississippi State Highway Departement* sekitar tahun 1939. Kemudian dikembangkan lebih lanjut oleh *US Army Corps of Engineering* sehingga kini telah menjadi uji standard pada *American Society for Testing and Materials (ASTM)*, yaitu ASTM DS1559, *Resistance to Plastic Flow of Bituminous Mixtures Using Marshall Apparatus*. Metode ini hanya untuk menguji campuran beton aspal panas yang menggunakan aspal keras dengan penetrasi tertentu dan agregat yang memiliki ukuran maksimum 1 inci (Marpaung L, dkk, 2004). Pada percobaan ini menggunakan benda uji standar berupa sebuah cetakan yang berdiameter 101,6 mm (4 inci) dan tinggi 75 mm (3 inci). Benda uji didapatkan dengan menggunakan alat pemadat Marshall (*Marshall Compaction Hummer*) dengan berat 4,54 kg (10 lbs), diameter 3. 7/8 inci dan tinggi jatuh 457 mm (18 inci). Hasil uji akan menunjukkan karakteristik *Marshall* dan karakteristik akan dipengaruhi oleh sifat-sifat campuran yaitu: Kepadatan, Rongga mineral diantara Agregat (VMA), Rongga terisi aspal (VFB), Rongga udara dalam campuran (VIM), Rongga dalam campuran pada kepadatan mutlak, Stabilitas dan Kelelahan serta Hasil bagi *Marshall / Marshall Quotient (MQ)* yaitu merupakan hasil dari pembagian stabilitas dengan kelelahan dan dapat dihitung dengan menggunakan rumus berikut :

$$MQ = \frac{MS}{MF} \dots\dots\dots (16)$$

Keterangan : MQ = *Marshall Quotient, (kg/mm)*
 MS = *Marshall Stability (kg)*
 MF = *low Marshall, (mm)*

2.10. DURABILITAS CAMPURAN BERASPAL.

Durabilitas adalah kemampuan dari suatu lapisan untuk menahan pengaruh udara, air, perubahan suhu dan keausan akibat gesekan roda kendaraan. Durabilitas dapat diartikan juga sebagai kemampuan dari suatu campuran untuk mencegah terjadinya perubahan pada aspal seperti oksidasi, kehancuran agregat dan pengelupasan selimut aspal pada permukaan agregat (Shell, 1990 dalam Hadi YM, 2001). Akibat oksidasi dan penguapan dengan udara, aspal akan mengalami proses pengerasan dan mengakibatkan campuran beraspal menjadi getas dan rapuh. Akibat pengaruh air pada campuran beraspal akan menyebabkan hilangnya daya adesi antara aspal dengan agregat sehingga terjadi agregat mudah saling terlepas satu sama lainnya.

Parameter tunggal yang dapat menggambarkan kondisi keawetan suatu campuran beraspal panas, setelah melalui serangkaian periode perendaman, dinamakan Indeks Keawetan yang terdiri dari dua jenis, yaitu indeks keawetan pertama dan indeks keawetan kedua. Indeks pertama didefinisikan sebagai jumlah kelandaian yang berurutan dari kurva keawetan. Berdasarkan Gambar 2.4. indeks (r) dinyatakan sebagai berikut :

$$r = \sum_{i=0}^{n-1} (S_i - S_{i+1}) / (t_{i+1} - t_i) \dots\dots\dots (17)$$

Keterangan : r = Nilai Penurunan stabilitas (kg)
 S_i = persen kekuatan yang tersisa pada waktu t_i
 S_{i+1} = persen kekuatan yang tersisa pada waktu t_{i+1}
 t_i, t_{i+1} = waktu perendaman (mulai dari awal pengujian)

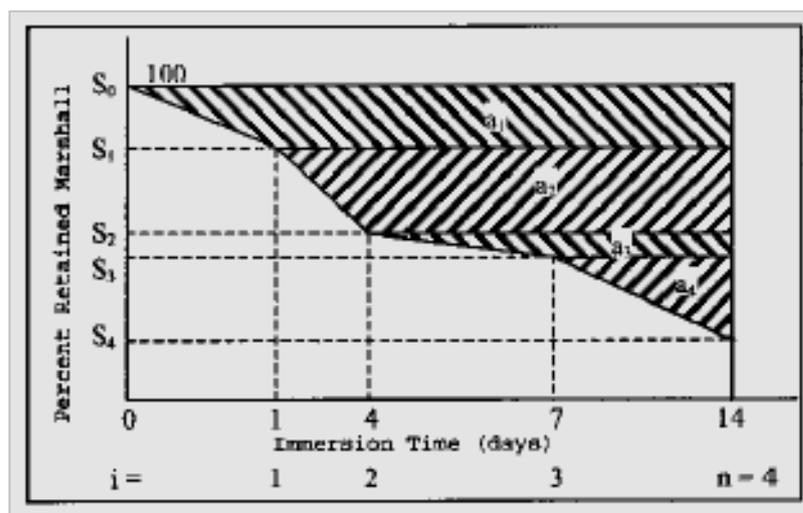
Indeks kedua didefinisikan sebagai luas kehilangan kekuatan rata-rata antara kurva keawetan dengan garis $S_0 = 100$ persen. Berdasarkan Gambar 2.4. indeks (a) ini dinyatakan sebagai berikut :

$$a = 1/t_n \sum_{i=1}^n a_i = 1/2 t_n \sum_{i=0}^{n-1} (S_i - S_{i+1}) [2 t_n - (t_i + t_{i+1})] \dots\dots\dots (18)$$

Indeks keawetan kedua didefinisikan sebagai luas kehilangan kekuatan satu hari. Nilai positif dari (a) menunjukkan kehilangan kekuatan, sedangkan nilai negatif sebagai peningkatan kekuatan. Menurut definisinya, $a < 100$. Karena itu, memungkinkan untuk menyatakan persentase kekuatan sisa satu hari (S_a) sebagai berikut :

$$S_a = (100 - a) \dots\dots\dots (19)$$

Luas kehilangan kekuatan tersebut dapat dilihat contoh skema pada Gambar 2.4. di bawah ini.



Sumber : Kusmawan R, (2000)

Gambar 2.4.: Skema Kurva Keawetan

2.11. PENELITIAN YANG PERNAH DILAKUKAN

Beberapa penelitian yang berkaitan dengan penggunaan *filler* sebagai bahan lapis perkerasan beraspal telah dilakukan para peneliti terdahulu dan dapat dijadikan acuan atau literatur untuk penyusunan tesis / penelitian ini. Adapun hasil penelitian yang berkaitan tersebut seperti yang tertera dalam Tabel 2.7 dibawah.

Tabel 2.7 : Jenis Filler Terhadap Sifat-sifat Marshall

Jenis Filler	SIFAT-SIFAT MARSHALL						Jenis Perkerasan	Sumber
	KAO (%)	Stabilitas (kg)	Flow (mm)	VMA (%)	VFA (%)	VIM (%)		
Semen	5,7	1272,76	3,375	15,33	67,375	5,0031	AC-WC	Rian, 2006
Abu batu	5,7	1194,19	3,425	15,37	68,315	4,8707		
Serbuk-Genting	7,0	988,79	3,615	20,45	73,75	6,237	HRS-WC	Darmawan, 2003
Batu-Kapur	5,9	1094,14	4,34	14,45	71,09	4,92	AC-BC	Ariawan, 2007
Mikro-Asbuton	6,2	1266,1	4,38	17,50	78,31	3,83	HRA	Novrizal, 2000
Limbah-Karbit	-	938	3,7	-	80,9	3,6	SMA	Widodo, 2000
Kapur	7,0	768	2,2	-	-	-	HRS	Pratomo P, 1999
Lanau	7,0	348	2,3	-	-	-		
<i>Fly As</i>	7,0	855	2,3	-	-	-		
PC	7,0	833	2,8	-	-	-		
Abu Batu	7,0	831	2,8	-	-	-		

Pembahasan dari hasil penelitian terdahulu seperti dalam Tabel 2.7 diatas, sebatas pada sifat-sifat campuran terhadap persyaratan Marshall dan tidak banyak membahas tentang nilai ekonomis terhadap penggunaan *filler*. Banyak faktor untuk menentukan nilai ekonomis dari suatu material diantaranya kemudahan dalam memperoleh material, kemudahan dalam pengerjaan dan kekuatan struktural

Kemudahan dalam memperoleh material, dapat diartikan sebagai daerah yang banyak menghasilkan material. Daerah yang cukup banyak memproduksi genting atau daerah sebagai produsen batu kapur (gamping), maka daerah tersebut akan tersedia cukup banyak *filler* dari serbuk genting atau *filler* kapur sebagai material pengisi campuran beraspal. Namun kendati harga material tersebut dipandang cukup murah, tetapi untuk mendapatkan bentuk seperti *filler* tidak mudah dan perlu pengerjaan ekstra, sehingga material tersebut belum memiliki nilai ekonomis. Disamping itu peran *filler* sebagai material campuran beraspal memiliki fungsi sebagai media menyerap aspal untuk membasahi permukaan agregat, semakin besar penyerapan *filler* terhadap aspal membuat jenis *filler* tersebut kurang ekonomis (Darmawan, 2003).

Segi kekuatan struktural dari suatu jenis *filler*, tidak menjamin bahwa harga murah akan lebih ekonomis dari harga yang mahal. Umumnya ada hubungan antara kekuatan struktur dengan mutu material, hubungan antara mutu material dengan harga dan hubungan kekuatan struktur dengan umur (masa layan). Sehingga sangat memungkinkan bahwa harga material mahal akan lebih ekonomis dari pada harga material yang murah.