

Analisa Semen Portland Dan Abu Batu Sebagai Filler Dengan Marshall Dan Durabilitas Aspal Hotmix (AC – WC)

Yunita Pane¹, Suhelmi², Desi Sri Pasca Sari³

Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara¹, STT Immanuel², Universitas Cut Nyak Dhien Langsa³

Email: yunitapane@umsu.ac.id

ABSTRACT

The Department of Settlement and Regional Development issued a new specification on the Hot Mix Asphalt Planning Guidelines with absolute density approach. One of the new specifications issued is Asphalt Concrete – Wearing Course (AC – WC) as the 2nd wear layer in the asphalt concrete type layer, which is the topmost layer in flexible pavement. In the AC-WC mixture which usually uses rock ash filler at this writing, it is compared to using portland cement filler. The portland cement used itself is type I portland cement which is commonly used as a mixture in concrete construction and is often found in the market. Prior to Marshall testing and the durability of the mixture, the properties of portland cement and rock ash were tested for comparison. The result of testing the specific gravity of portland cement is 3.153 gr/cc while the specific gravity of rock ash is 2.635 gr/cc. For testing the material passes 75 microns in portland cement is 99.6% while in stone ash is 88.8%. The design asphalt content to be used in both the mixture with portland cement filler and rock ash is 5.5% of the total mixture. After the Marshall test with the design asphalt content was carried out, the optimum asphalt content obtained in the mixture with portland cement filler and rock ash had different values, namely at 100% stone ash it was 5.738%, 50% stone ash – 50% portland cement was 5.725 % and 100% portland cement is 5.725%, then equated to 5.7%. The KAO obtained has met the requirements for Marshall properties while VIM and VFA are the limitations.

Keywords: filler, rock ash, portland cement

1. Pendahuluan

Perkembangan dan pertumbuhan penduduk sangat pesat seiring dengan hal tersebut mengakibatkan peningkatan mobilitas penduduk. Sehingga muncul banyak kendaraan – kendaraan berat di jalan raya yang melintas. Salah satu prasarana transportasi adalah jalan yang merupakan kebutuhan pokok dalam kegiatan masyarakat. Dengan melihat peningkatan mobilitas penduduk yang sangat tinggi dewasa ini maka diperlukan peningkatan baik kuantitas maupun kualitas jalan yang memenuhi kebutuhan masyarakat.

Di Indonesia, campuran beraspal panas untuk perkerasan lentur di rancang menggunakan metode Marshall. Pada perencanaan Marshall tersebut menetapkan untuk kondisi lalu lintas berat pemadatan benda uji sebanyak 2 x 75 tumbukan dengan batas rongga campuran antara 3,5 – 5,5%. Hasil pengujian pengendalian mutu menunjukkan bahwa kesesuaian parameter kontrol di lapangan seringkali tidak terpenuhi untuk mencapai persyaratan dalam spesifikasi. Selain itu rongga dalam campuran setelah dilalui

lalu lintas dalam beberapa tahun mencapai kurang dari 1 % yang memungkinkan terjadinya perubahan bentuk plastis. Kondisi ini sulit untuk menjamin campuran yang tahan terhadap kerusakan berbentuk alur plastis, sehingga kinerja perkerasan akan tidak tercapai.

Metode Marshall konvensional yang menggunakan 2 x 75 tumbukan belum cukup untuk menjamin kinerja campuran yang digunakan untuk lalu lintas berat dan padat dengan suhu tinggi. Keterbatasan metode Marshall adalah ketergantungannya terhadap kepadatan yang baik setelah dilalui kendaraan untuk mencapai rongga udara yang diisyaratkan. Oleh karena itu untuk kondisi seperti tersebut diatas maka metode Marshall dengan 2x75 tumbukan sudah tidak sesuai lagi. Pada dasarnya metode Marshall masih dapat digunakan sebagai dasar untuk perencanaan secara volumetrik. Tetapi untuk menambah kesempurnaan dalam prosedur perencanaan campuran maka ditentukan pengujian tambahan yaitu : pemadatan ultimit pada benda uji sampai mencapai kepadatan mutlak (refusal density). Sedangkan

untuk mengendalikan kepadatan maka diperkenalkan kriteria kadar rongga minimum dan maksimum dalam persyaratan campuran, terutama untuk campuran beraspal panas sebagai lapis permukaan jalan. Rongga dalam campuran dirancang dapat dicapai tidak kurang dari 3,5% untuk lalu lintas berat. Pemadatan contoh uji harus dilakukan dengan jumlah tumbukan yang berlebih sebagai simulasi adanya pemadatan oleh lalu lintas, sampai benda uji tidak bertambah padat lagi. Kepadatan yang mutlak ini berguna untuk menjamin bahwa dengan pendekatan adanya pemadatan oleh lalu lintas setelah beberapa tahun umur rencana, lapis permukaan tidak akan mengalami perubahan bentuk plastis (plastic deformation). Bila pengujian ini diterapkan maka kinerja perkerasan jalan beraspal yang dicampur secara panas akan meningkat.

Pada tahun 1999, Departemen Pemukiman dan Prasarana Wilayah telah mengeluarkan SK.No.76/KPTS/Db/1999 tentang Pedoman Teknik yang berjudul Pedoman Perencanaan Campuran Beraspal Dengan Pendekatan Kepadatan Mutlak yang kemudian diikuti dengan dikeluarkannya spesifikasi baru beton aspal campuran panas pada tahun 2001. Semua campuran dirancang dalam spesifikasi tersebut untuk menjamin bahwa asumsi rancangan yang berkenaan dengan kadar aspal yang cocok, rongga udara, stabilitas, kelenturan dan keawetan ketebalan terpenuhi. Dalam upaya meningkatkan kekuatan struktur perkerasan jalan di samping perlu adanya penggunaan campuran beraspal panas dengan spesifikasi baru, pemilihan jenis material yang digunakan adalah sangat penting. Selain aspal, agregat kasar dan agregat halus, filler adalah salah satu komponen dalam campuran yang mempunyai peranan besar. Prosentase yang kecil pada filler terhadap campuran bukan berarti tidak mempunyai efek yang besar pada sifat – sifat Marshall yang juga merupakan kinerja campuran terhadap beban lalu lintas.

Campuran Bahan pengisi pada campuran yang sering digunakan pada proses pembuatan aspal di AMP (Asphalt Mixing Plant) adalah abu batu. Semen portland adalah salah satu material yang digunakan untuk berbagai konstruksi bangunan memberikan peluang alternatif sebagai material penyusun campuran aspal. Material tersebut adalah bahan non palstis yang telah disetujui oleh Departemen Pemukiman dan

Prasarana Wilayah sebagai filler pada campuran beraspal panas. Ada kemungkinan persyaratan spesifikasi pada material tersebut dapat terpenuhi. Selain itu keberadaan semen portland banyak dijumpai di banyak tempat penjualan material, sehingga mudah untuk mendapatkannya dibandingkan material yang lain.

2. Metode Pelaksanaan

Metode yang dilakukan di dalam penelitian ini adalah dengan pengujian agregat (kasar, halus dan filler), aspal dan pengujian terhadap campuran (uji Marshall). Pengujian terhadap agregat termasuk pemeriksaan berat jenis, pengujian abrasi dengan mesin Los Angeles, Kelekatan terhadap aspal, indeks kepipihan dan penyerapan air. Ada 2 tahap untuk benda uji tes Marshall yaitu :

Tahap I. Berdasarkan perkiraan kadar aspal optimum Pb dibuat benda uji dengan jenis aspal pertamina dengan 2 variasi kadar aspal di atas Pb dan dua variasi kadar aspal di bawah Pb serta variasi komposisi Filler dengan dibuat masing – masing 2 (dua) benda uji.

Tahap II. Pembuatan benda uji dengan variasi komposisi filler yaitu 100% abu batu, 50% abu batu 50% semen portland dan 100% semen portland pada durasi perendaman ½, 24 dan 48 jam. Selanjutnya dilakukan uji marshall dengan kondisi standar (2 x 75 tumbukan) dan dengan kondisi refusal (2 x 400 tumbukan) untuk menentukan VIM, VMA, VFA, kepadatan, stabilitas, kelelahan dan hasil bagi Marshall, serta pengujian durabilitas standar dan durabilitas modifikasi untuk menentukan nilai indeks durabilitas pertama (r,R) dan nilai indeks durabilitas kedua (a,Sa).

Tabel 1. Jumlah Sampel yang di rencanakan

Tabel 1: Jumlah Sampel yang di Rendaman											
Tahap Pengujian		Variasi	Komposisi Filler						Sub Jlh	Jumlah	
			D	S	D	S	D	S			
I	Marshall standar kadar aspal optimum (KAO)	Kadar Aspal (%)	-1,0	2	0	2	0	2	0	6	30
			-0,5	2	0	2	0	2	0	6	
			Pb	2	0	2	0	2	0	6	
			+0,5	2	0	2	0	2	0	6	
			+1,0	2	0	2	0	2	0	6	
II	a.Marshall standar (2x75) & Durabilitas modifikasi	Perendaman (jam)	0	2	0	2	0	2	0	6	30
			24	0	2	0	2	0	2	6	
			48	0	2	0	2	0	2	6	
			72	0	2	0	2	0	2	6	
			96	0	2	0	2	0	2	6	
			0	2	0	2	0	2	0	6	
	b. Marshall dgn kepadatan mutlak (2 x 400) & Durabilitas modifikasi		24	0	2	0	2	0	2	6	30
			48	0	2	0	2	0	2	6	
			72	0	2	0	2	0	2	6	
			96	0	2	0	2	0	2	6	
			0	2	0	2	0	2	0	6	
			24	0	2	0	2	0	2	6	
JUMLAH TOTAL									90		
Keterangan : -S = sampel diasumsikan dalam kondisi rendaman -D = Sampel diasumsikan dalam kondisi (dry) kering -AB = Abu batu -SD = Sampel diasumsikan dalam kondisi basah											

Keterangan : -S = sampel diasumsikan dalam kondisi rendaman
-D = Sampel diasumsikan dalam kondisi (dry) kering
-AB = Abu batu
-SP = Semen portland

3. Hasil dan Pembahasan

Dalam memperoleh gradasi agregat yang sesuai dengan spesifikasi gradasi, maka kombinasi untuk masing – masing agregat campuran terdiri dari tiga fraksi agregat yang penggabungannya dalam hal ini menggunakan cara analitis. Proses perhitungan dalam mencari prosentase masing – masing fraksi agregat untuk masing – masing campuran dilakukan secara tersendiri. Hal ini dikarenakan masing – masing jenis filler yang didapat mempunyai hasil yang berbeda pada masing – masing ukuran saringan walaupun hampir sama pada proporsi tiap fraksi.

1. Agregat Kasar

Tabel.2. Hasil pengujian Agregat kasar

Karakteristik	Standar Pengujian	Hasil	Spesifikasi	Ket
Berat Jenis Bulk	AASHTO T-85-81	2,608 gr/cc		
Berat Jenis	AASHTO T-85-81	2,664 gr/cc		
Berat jenis Apparent	AASHTO T-85-81	2,762 gr/cc		
Penyerapan air	SNI 03-2417-1991	1,14 %	Maks. 3 %	Memenuhi
Abrasidengan mesin Los Angeles	SNI 03-2417-1991	13,7 %	Maks. 40 %	Memenuhi
Kelekatana agregat dengan aspal	SNI 03-2417-1991	8,0 %	Min. 95 %	Memenuhi
Partikel pipih	ASTM D-4791	5,9 %	Max 25 %	Memenuhi
Partikel	ASTM D-4791	4,4 %	Lonjong Maks. 10%	Memenuhi
Material lolos saringan no. 200	SNI 03-4142-1996	1,5 %	Maks 1 %	Memenuhi

2. Agregat Halus

Untuk pengujian berat jenis dan penyerapan air antara agregat kasar dan agregat halus pada metode dan peralatan pengujian, sedangkan proses nya hampir sama. Untuk tingkat ketelitian pada agregat harus lebih diperlukan dibandingkan agregat kasar. Hal ini dikarenakan gradasi agregat halus lebih kecil daripada agregat kasar, sehingga material yang terbuang lebih besar kemungkinannya.

Tabel.3. Hasil Pengujian Agregat Halus

Karakteristik	Standar Pengujian	Hasil	Spesifikasi	Ket
Berat Jenis Bulk	AASHTO T-85-81	2,715 gr/cc	-	-
Berat Jenis SSD	AASHTO T-85-81	2,743 gr/cc	-	-
Berat jenis Apparent	AASHTO T-85-81	2,794 gr/cc	-	-
Penyerapan air	SNI 1969 – 1989 - F	1,05 %	Maks. 3 %	Memenuhi
Nilai Setara Pasir	SNI 03-4428-1997	74,51 %	Maks. 50 %	Memenuhi
Material lolos saringan no. 200	SNI-03-4428-1997	5,0 %	Min. 8 %	Memenuhi

Prosentase lolos saringan #200 pada agregat halus 10 (sepuluh) kali lebih besar dibandingkan agregat kasar. Sedangkan untuk mencermati proses perhitungannya adalah merupakan hal yang sama dengan agregat kasar. Syarat minimal telah

dimiliki pada pengujian nilai setara pasir untuk agregat halus pada campuran AC-WC/

3. Filler

Hasil pengujian ketiga jenis menjadi satu tabel agar dapat dilihat perbedaan masing – masing nilai hasil pengujian baik pada berat maupun jenis lolos saringan #200 yang mana memiliki persyaratan spesifikasi yang sama untuk masing – masing jenis filler, sedangkan seluruh hasil pengujian filler dapat dilihat pada tabel dibawah ini :

Tabel 4. Hasil Pengujian Filler

No	Jenis Filler	Karakteristik	Standar Pengujian	Hasil	Spesifikasi
1	Abu Batu	Lolos saringan no. 200	SNI M-02-1994-03	88,8 %	Min 70%
		Berat Jenis	AASHTO T-85-81	2,635 gr/cc	-
2	Abu Batu + PC	Lolos saringan no. 200	SNI M-02-1994-03	94,2 gr/cc	Min 70%
		Berat Jenis	AASHTO T-85-81	2,676 gr/cc	-
3	Semen Portland	Lolos saringan no. 200	SNI M-02-1994-03	99,6 %	Min. 70 %
		Berat Jenis	AASHTO T-85-81	3,15 gr/cc	-

Hanya ada satu macam pengujian berat jenis pada masing – masing jenis filler, sedangkan untuk kebutuhan proses perhitungan Marshall, berat jenis bulk dan apparent adalah nilai yang sama.

4. Aspal

Pengujian aspal dengan kondisi laboratorium mempengaruhi hasil dalam titik lembek, titik nyala dan titik bakar pada aspal yang hasil penetrasinya menunjukkan nilai 68,4.

Tabel 5. Hasil Pengujian Aspal

No	Karakteristik	Standar Pengujian	Hasil	Spesifikasi	Keterangan
1	Penetrasi; 25 °C	SNI 06-2456-1991	68,4	60 – 70	Memenuhi
2	Titik Lembek ; C	SNI 06-2434-1991	51 C	48 – 58	Memenuhi
3	Titik nyala & titik bakar	SNI 06-2433-1991	343 & 353 C	Min 200	Memenuhi
4	Daktilitas; 25 C; cm	SNI 06-2432-1991	>110 cm	Min 100	Memenuhi
5	Berat jenis	SNI 06-2432-1991	1,063 21244	Min 1,0	Memenuhi
6	Kelarutan dalam CC 14% berat	SNI 06-2432-1991	99,58	Min. 99	Memenuhi
7	Penurunan berat %	SNI 06-2432-	0,162	Maks 0,8	Memenuhi

	berat	1991			
7	Penetrasi telah penurun berat	SNI 06-2432-1991	62,7	Min 54	Memenuhi
9	Daktilitas telah penurun berat	SNI 06-2432-1991	>110 cm	Min 50	Memenuhi

5. Hasil Analisis Marshall pada Kondisi Kadar Aspal Optimum Dan Durabilitas Dengan 2 x 75 Tumbukan

Hubungan parameter sifat Marshall adalah terhadap lama perendaman terhadap perbedaan hasil pengujian Marshall, yaitu pada campuran dengan kadar filler 100% semen portland mempunyai nilai yang tertinggi pada stabilitas dan hasil bagi Marshall sedangkan terendah pada angka kelelahan dapat dilihat pada tabel 6.

Tabel 6. Hasil Pengujian Marshall KAO dengan 2 x 75 Tumbukan dan variasi Rendaman

Sifat Marshall	Kadar Filler & Batasan	Lama perendaman (jam)				
		0	24	48	72	96
Kepadatan (Gamb)(gr/cc)	100% AB	2,381	2,374	2,370	2,368	2,354
	50%AB – 50%PC	2,381	2,375	2,372	2,369	2,366
	100% PC	2,381	2,376	2,372	2,371	2,370
	Minimum	800,00				
Stabilitas (kg)	100% AB	1990,91	1821,76	1677,13	1537,98	1399,25
	50%AB – 50%PC	1998,37	1838,92	1711,82	1587,09	1499,38
	100% PC	2013,03	1915,56	1849,65	1754,26	17,39,90
	Minimum	3,000				
Kelelahan (mm)	100% AB	3,275	3,675	4,025	4,250	4,425
	50%AB – 50%PC	3,250	3,875	3,850	4,150	4,275
	100% PC	3,175	3,650	3,875	3,950	4,025
	Minimum	3,000				
Hasil bagi Marshall (MQ)(kg/mm)	100% AB	609,68	497,27	416,91	362,77	316,42
	50%AB – 50%PC	616,33	474,55	444,85	382,54	351,06
	100% PC	634,09	530,78	478,61	444,27	432,29
	Minimum	250,00				
Rongga di antara Mineral Agregat (VMA)(%)	100% AB	15,569	15,882	15,946	16,033	16,183
	50%AB – 50%PC	15,563	15,796	15,883	15,996	16,104
	100% PC	15,723	15,904	16,064	16,092	16,118
	Minimum	15,000				
Rongga dalam campuran (VIM)(%)	100% AB	4,621	4,907	5,047	5,144	5,314
	50%AB – 50%PC	4,612	4,875	4,973	5,101	5,222
	100% PC	4,772	4,976	5,158	5,189	5,218
	Minimum	3,5				
Rongga Terisi Aspal (VFA)(%)	100% AB	70,415	69,028	68,419	67,913	67,190
	50%AB – 50%PC	70,418	69,141	68,795	68,242	67,571
	100% PC	69,660	68,756	67,960	67,758	67,638
	Minimum	65,000				

Stabilitas, kelelahan dan hasil bagi Marshall sifat - sifat Marshall yang lain pada kondisi kadar aspal optimum dengan 2 x 75 tumbukan adalah sama dengan uji Marshall pada kondisi kadar aspal rencana yaitu tidak ada perbedaan yang berarti pada masing – masing jenis campuran.

Hasil pengujian ini menunjukkan adanya kepadatan yang hampir sama sebelum terjadi rendaman. Kemudian terjadi penurunan kepadatan pada campuran yang diakibatkan oleh lama waktu perendaman. Hal ini mengakibatkan terjadi

disintegrasi mineral agrgeat pada campuran terutama pada lapisan briket bagian luar.

Penurunan tidak terlalu drastis pada stabilitas Marshall terhadap lama perendaman terjadi pada campuran dengan kadar filler 100% semen portland. Sedangkan kedua jneis campuran yang lainnya mengalami penurunan yang lebih besar dan mempunyai nilai yang hampir sama.

Pada uji kelelahan Marshall terhadap perendaman, campuran dengan kadar filler 100% abu batu adalah kondisi yang tertinggi. Sedangkan campuran dengan kadar filler semen portland adalah yang terendah nilai kelelehannya dan tampak lebih mempertahankan kekakuannya. Hasil yang berbeda pada masing – masing jenis campuran akan sifat stabilitas Marshall dapat dibaca pada indeks stabilitas sisa dimana stabilitas sebelum direndam dibandingkan dengan satbilas yang di rendam selama 24 jam. Pengujian tersebut adalah uji durabilitas standar yang dilakukan di dalam waterbath dengan kondisi temperatur 60±1°C.

6. Hasil Analisa Marshall pada kondisi kadar aspal optimum dan durabilitas dengan 2 x 400 Tumbukan

Sifat Marshall	Kadar Filler & Batasan	Lama perendaman (jam)				
		0	24	48	72	96
Kepadatan (Gmb)(gr/cc)	100% AB	2,4277	2,4240	2,4231	2,4215	2,4207
	50%AB – 50%PC	2,4278	2,4251	2,4236	2,4220	2,4217
	100% PC	2,4281	2,4259	2,4245	2,4238	2,4237
	Minimum	2,4237				
Stabilitas (kg)	100% AB	2893,87	2773,94	2711,93	2661,13	2655,63
	50%AB – 50%PC	2898,05	2805,61	2736,51	2689,96	2673,85
	100% PC	2909,52	2817,90	2759,51	2748,94	2725,81
	Minimum	2,4237				
Kelelahan (mm)	100% AB	0,950	1,450	2,525	2,750	3,350
	50%AB – 50%PC	1,150	1,600	1,825	2,225	2,925
	100% PC	1,000	1,425	1,575	1,950	2,475
	Minimum	0,950				
Hasil bagi Marshall (MQ)(kg/mm)	100% AB	3074,83	1921,73	1078,07	967,82	794,39
	50%AB – 50%PC	2540,86	1761,77	1499,57	1208,76	913,93
	100% PC	2940,82	1987,60	1767,26	1414,15	1102,87
	Minimum	794,39				
Mineral Agregat (VMA)(%)	100% AB	13,906	14,040	14,070	14,127	14,158
	50%AB – 50%PC	13,923	14,017	14,072	14,139	14,123
	100% PC	14,072	14,150	14,201	14,225	14,230
	Minimum	13,906				
Rongga dalam campuran (VIM)(%)	100% AB	2,742	2,893	2,927	2,992	3,026
	50%AB – 50%PC	2,759	2,865	2,927	2,987	3,003
	100% PC	2,906	2,995	3,052	3,079	3,085
	Minimum	2,5				
Rongga Terisi Aspal (VFA)(%)	100% AB	80,297	81,087	79,284	79,015	78,625
	50%AB – 50%PC	80,330	79,810	79,226	78,881	78,766
	100% PC	79,356	78,853	78,518	78,376	78,368
	Minimum	78,368				

Sifat – sifat Marshall terhadap lama perendaman pada uji ini hampir sama dengan uji Marshall standar hanya nilainya saja yang berbeda. Berat jenis kering padat pada benda uji kali ini lebih besar dari sebelumnya. Berat benda uji di udara rata – rata hampir sama dengan

campuran 2 x 75 tumbukan. Hanya saja volume tanpa rongga sebagai pembagiannya mendapatkan nilai kepadatan rata – rata lebih kecil, sehingga hasil pembagiannya adalah besar. Penurunan yang relatif tidak terlalu bnyak terjadi akibat lama perendaman selama 96 jam. Tingginya nilai stabilitas 2909,52 kilogram pada awal perendaman hampir mendekati kemampuan batas dari proving ring pada alat uji tekan Marshall sebesar 3000 kilogram. Trendline tertinggi masih di tempati oleh campuran dengan kadar filler 100% semen portland.

4.Kesimpulan

1. Uji Marshall dengan kadar aspal didapatkan hasil yang hampir sama untuk masing – masing jenis campuran dengan tiga macam komposisi filler.
2. Lama perendaman mengakibatkan turunnya nilai stabilitas Marshall. Begitu juga pada campuran 2 x 400 tumbukan mengalami hal yang sama.
3. Kekakuan yang semakin berkurang pada benda uji seiring dengan lama masa perendaman. Kelenturan masih dipertahankan oleh campuran dengan kadar filler 100% abu batu yang diikuti 50% abu batu – 50% semen portland.
4. Prosentse stabilitas yang direndam selama 24 jam dengan stabilitas standar memperlihatkan perbedaan yang besar pada ketiga jenis campuran dengan masing – masing kadar filler. Perbedaan nilai IRS tersebut lebih ketika dilakukan uji Marshall dengan 2 x 400 tumbukan.
5. Jumlah kelandaian yang berurutan dan luas kehilangan kekuatan rata – rata pada kurva keawetan semakin mudah dilihat perbedaannya pada ketiga jenis campuran dengan masing – masing kadar filler dengan nilai yang terbesar adalah campuran dengan kadar filler 100% abu batu 50% abu batu – 50% semen portland dan diikuti 100% semen portland

5. DAFTAR PUSTAKA

Anonim, (2001), Departemen Pemukiman dan Pengembangan Wilayah, Spesifikasi Baru Beton Aspal Campuran Panas, Badan Penelitian dan Pengemknologi dan Prasarana Jalan, Bandung.

Anonim, (2002), Departemen Pemukiman dan Prasarana Wilayah, manual Pekerjaan Campuran Beraspal Panas, Jakarta.

Harold N.Atkins, (1997), Higway Material, Soils and Concretes, 3th Edition Prentice Hall, New Jersey.

Kerbs,R.D.and Walker, R.D.,(1971),Highway Materials, McGraw Hill, NewYork.

Shell Bitumen, (1990), The Shell Bitumen Hand Book, Shell Bitumen UK, UK.