

STUDI PENGGUNAAN ASBUTON BUTIR TERHADAP KARAKTERISTIK MARSHALL ASPHALTIC CONCRETE WEARING COURSE ASBUTON CAMPURAN HANGAT (AC-WC-ASB-H)

Arief Setiawan*

Abstract

Reserves of natural asphalt (asbuton) are quite large in Southeast Sulawesi, Buton Island can be utilized to encourage to the fullest. Research using warm mix generally has not shown satisfactory performance, so please note asbuton butir optimum levels to produce the performance of hot mix asphalt aggregate are eligible.

Research carried out by providing content variations asbuton T15/25 item by 11.5%, 12.5%, 13.5% and 14.5% of the total mixture. Mixed types are AC-WC-H Asb. Warm rejuvenating used are AC 60/70 with diesel fuel in accordance with specifications PH-1000 with levels of 3.5%. Testing characteristics of the mixture by using a Marshall.

The result is a specification in levels of grain abuton 11.5% to 14.5% with an optimum content item selected asbuton 12.1%.

Key words : *Asbuton butir, Marshall, Asphaltic Concrete, Wearing Course, Asbuton*

Abstrak

Cadangan aspal alam (asbuton) yang cukup besar di Pulau Buton Sulawesi Tenggara mendorong untuk dapat dimanfaatkan secara maksimal. Penelitian dengan menggunakan campuran hangat umumnya belum menunjukkan kinerja yang memuaskan sehingga perlu diketahui kadar asbuton butir optimum untuk menghasilkan kinerja campuran hangat agregat aspal yang memenuhi syarat.

Penelitian dilakukan dengan memberikan variasi kadar asbuton butir T15/25 sebesar 11,5%, 12,5%, 13,5% dan 14,5% dari total campuran. Jenis Campuran adalah AC-WC Asb-H. Permaja hangat yang digunakan adalah AC 60/70 dengan solar sesuai dengan spesifikasi PH-1000 dengan kadar 3,5%. Pengujian karakteristik campuran dengan menggunakan alat Marshall.

Hasil yang diperoleh adalah memenuhi spesifikasi pada kadar abuton butir 11,5% sampai dengan 14,5% dengan kadar asbuton butir optimum terpilih 12,1%.

Kata Kunci : Asbuton butir, Marshall, Beton , Lapis Aus, Asbuton

1. Pendahuluan

Salah satu sumber kekayaan alam Indonesia yang cukup potensial adalah aspal alam yang terletak di Pulau Buton Sulawesi Tenggara disebut Asbuton. Aspal alam yang tersedia di Pulau Buton mempunyai cadangan yang sangat besar, merupakan deposit aspal alam terbesar di dunia. Bidang

wilayah pertambangan dan energi propinsi Sulawesi Tenggara (1997) serta data satelit (Kurniadji, 2003), memperlihatkan cadangan aspal alam total adalah sekitar 677,247 juta ton (Anonim, 2006).

Selain jumlah cadangan yang cukup besar, Asbuton juga dapat diolah dalam campuran dengan cara panas,

* Staf Pengajar Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Tadulako, Palu

hangat maupun dingin. Konsumsi energi untuk pencampuran dengan cara hangat maupun cara dingin tentunya lebih kecil dibandingkan dengan cara panas yang biasa dilakukan pada campuran beton aspal (*Asphaltic Concrete*), sehingga dapat dikatakan bahwa campuran Asbuton relatif ramah terhadap lingkungan.

Penelitian dengan campuran hangat umumnya belum menunjukkan kinerja campuran yang memuaskan. Aulia, 2009 tentang Asbuton mikro menggunakan cara hangat dan cara panas, namun karakteristik campuran cara hangat belum sesuai dengan spesifikasi yang disyaratkan.

Karena itulah penelitian ini penting untuk dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui berapa kadar asbuton butir optimum sehingga memberikan kinerja campuran yang baik sesuai dengan spesifikasi yang disyaratkan.

2. Tinjauan Pustaka

2.1 Aspal batu Buton (*Asbuton, Indonesian Rock Asphalt*)

Asbuton adalah aspal alam yang terdapat di pulau Buton, Sulawesi Tenggara yang selanjutnya dikenal dengan istilah Asbuton. Asbuton pada umumnya berbentuk padat yang terbentuk secara alami akibat proses geologi. Proses terbentuknya asbuton berasal dari minyak bumi yang terdorong muncul ke permukaan

menyusup di antara batuan yang porous.

Terdapat dua jenis unsur utama dalam Asbuton, yaitu aspal (bitumen) dan mineral. Pemanfaatan unsur ini dalam pekerjaan pengaspalan akan mempengaruhi kinerja perkerasan aspal yang direncanakan.

Jenis Asbuton yang telah diproduksi secara fabrikasi dan manual dalam tahun-tahun belakangan ini adalah:

a. Asbuton butir

Asbuton butir adalah hasil pengolahan dari Asbuton berbentuk padat yang dipecah dengan alat pemecah batu (*crusher*) atau alat pemecah lainnya yang sesuai sehingga memiliki ukuran butir tertentu.

Persyaratan dan jenis pengujian Asbuton butir disajikan pada Tabel 1.

b. Asbuton hasil ekstraksi

Ekstraksi Asbuton dapat dilakukan secara total hingga mendapatkan bitumen Asbuton murni atau untuk memanfaatkan keunggulan mineral asbuton sebagai filler, ekstraksi dilakukan hingga mencapai kadar bitumen tertentu. Produk ekstraksi Asbuton dalam campuran beraspal dapat digunakan sebagai bahan tambah (aditif) aspal atau sebagai bahan pengikat sebagaimana halnya aspal standar siap pakai atau setara aspal keras.

Tabel 1. Jenis pengujian dan persyaratan Asbuton Butir (Anonim, 2006)

Sifat - Sifat Asbuton Butir	Metoda Pengujian	Tipe	Tipe	Tipe	Tipe
		5/20	15/20	15/25	20/25
Kadar bitumen asbuton; %	SNI 03-3640-1994	18 - 22	18 - 22	23 - 27	23 - 27

Tabel 1 (lanjutan)

Sifat - Sifat Asbuton Butir	Metoda Pengujian	Tipe	Tipe	Tipe	Tipe
		5/20	15/20	15/25	20/25
Ukuran butir asbuton butir					
-Lolos saringan No. 4 (4,75 mm); %	SNI 03-1968-1990	100	100	100	100
-Lolos saringan No. 8 (2.36 mm); %	SNI 03-1968-1990	100	100	100	Min 95
-Lolos saringan No. 16(1.18 mm); %	SNI 03-1968-1990	Min 95	Min 95	Min 95	Min 75
Kadar air; %	SNI 06-2490-1991	Maks 2	Maks 2	Maks 2	Maks 2
Penertasi bitumen asbuton pada 25 °C, 100 g, 5 detik ; 0,1 mm	SNI 03-2456-1991	≤10	10 - 18	10 - 18	19 – 22

Sumber: Anonim, 2006

Keterangan :

1. Asbuton butir Tipe 5/20 : kelas penetrasi 5 (0,1 mm) dan kelas kadar bitumen 20 %.
2. Asbuton butir Tipe 15/20 : kelas penetrasi 15 (0,1 mm) dan kelas kadar bitumen 20 %.
3. Asbuton butir Tipe 15/25 : kelas penetrasi 15 (0,1 mm) dan kelas kadar bitumen 25 %.
4. Asbuton butir Tipe 20/25 : Kelas penetrasi 20 (0,1 mm) dan kelas kadar bitumen 25 %.

Tabel 2. Persyaratan Aspal Yang Dimodifikasi Dengan Asbuton

No.	Jenis Pengujian	Metode	Persyaratan
1	Penetrasi, 25 °C; 100 gr; 5 detik; 0,1 mm	SNI 06-2456-1991	40 – 60
2	Titik Lembek, °C	SNI 06-2434-1991	Min. 55
3	Titik Nyala, °C	SNI 06-2433-1991	Min. 225
4	Daktilitas; 25 °C, cm	SNI 06-2432-1991	Min. 50
5	Berat Jenis	SNI 06-2441-1991	Min. 1,0
6	Kelarutan, % berat	RSNI M-04-2004	Min. 90
7	Penurunan Berat, % berat	SNI 06-2440-1991	Maks. 2
8	Penetrasi setelah penurunan berat,% asli	SNI 06-2456-1991	Min.55
9	Daktilitas setelah penurunan berat, cm	SNI 06-2432-1991	Min. 50
10	Mineral lolos saringan No. 100, %*	SNI 03-1968-1990	Min. 90

Sumber: anonim, 2006

Hasil ekstraksi Asbuton yang masih memiliki mineral antara 50% sampai dengan 60%, agar dapat dimanfaatkan sebagai bahan pengikat masih memerlukan pelunak atau peremaja sehingga yang selama ini telah digunakan di lapangan adalah

dengan mencampurkan hasil ekstraksi tersebut dengan Aspal Keras atau dikenal dengan istilah "Aspal Yang Dimodifikasi Dengan Asbuton". Persyaratan aspal keras yang yang dimodifikasi dengan Asbuton diperlihatkan pada Tabel 2. Adapun

Bitumen Asbuton hasil ekstraksi dengan kadar/kandungan bitumen 100% atau "Bitumen Asbuton Modifikasi" yang memiliki nilai penetrasi berkisar antara 40 dmm sampai dengan 60 dmm, harus memenuhi persyaratan sesuai yang diperlihatkan pada Tabel 3.

2.2 Campuran Beraspal Hangat dengan Asbuton Butir

Yang dimaksud dengan campuran beraspal hangat dengan asbuton olahan adalah campuran antara agregat dengan peremaja hangat serta asbuton butir. Campuran beraspal hangat ini, dicampur di Unit Pencampur Aspal (UPCA/AMP),

dihampar dan dipadatkan dalam keadaan panas pada temperatur tertentu. Jenis Asbuton Butir yang dapat digunakan dalam Asbuton Campuran Hangat ini adalah dapat salah satu dari Asbuton Butir Tipe 5/20, Tipe 15/20, Tipe 15/25 atau Tipe 20/25. Sedangkan Peremaja untuk Asbuton Campuran Hangat adalah PH-1000 (peremaja hangat dengan kelas penetrasi 800-1200 cSt atau 80-120 detik. (Anonim 2006).

Ketentuan berkaitan dengan campuran beraspal hangat menggunakan asbuton butir dapat dilihat pada Tabel 4 sampai dengan Tabel 8.

Tabel 3. Persyaratan Bitumen Asbuton Modifikasi (Anonim, 2006)

No.	Jenis Pengujian	Metode	Persyaratan
1	Penetrasi, 25 °C; 100 gr; 5 detik; 0,1 mm	SNI 06-2456-1991	40 – 60
2	Titik Lembek, °C	SNI 06-2434-1991	Min. 55
3	Titik Nyala, °C	SNI 06-2433-1991	Min. 225
4	Daktilitas; 25 °C, cm	SNI 06-2432-1991	Min. 100
5	Berat Jenis	SNI 06-2441-1991	Min. 1,0
6	Kelarutan, % berat	RSNI M-04-2004	Min. 99
7	Penurunan Berat, % berat	SNI 06-2440-1991	Maks. 1
8	Penetrasi setelah penurunan berat, % asli	SNI 06-2456-1991	Min. 65
9	Daktilitas setelah penurunan berat, cm	SNI 06-2432-1991	Min. 50

Tabel 4. Kadar Asbuton dan Kadar Peremaja Perkiraan

Uraian	Kadar Asbuton dan Peremaja				
	PH-1000 5/20	PH-1000 15/20	PH-1000 15/25	PH-1000 20/25	PH-1000 30/25
Jenis Peremaja					
Tipe Asbuton					
Kadar Peremaja perkiraan (Pp), % terhadap berat total campuran	4,6	4	2,9	2,3	1,9
Kadar Asbuton (% terhadap berat total campuran)	7	10	12,5	15	16,5

Sumber: Anonim, Des 2006.

Keterangan: PH-1000 = Peremaja Hangat Viskositas pada 60°C 800-1200 cSt.

Tabel 5. Ketentuan Sifat – Sifat Campuran Beraspal Hangat dengan Asbuton Butir

Sifat - sifat Campuran		AC-WC Asb-H	AC-BC Asb-H	AC-Base Asb-H
Jumlah tumbukan per bidang		75		112 ⁽¹⁾
Rongga dalam campuran (%) ⁽³⁾	Min		4	
	Max		6	
Rongga dalam agregat (VMA) (%)	Min	15	14	13
Rongga terisi aspal (%)	Min	65	63	60
Stabilitas Marshall (Kg)	Min	800		1200 ⁽¹⁾
	Max	-		-
Pelelehan (mm)	Min	3		5 ⁽¹⁾
	Max	-		-
Marshall Quotient (Kg/mm)	Min		250	
Stabilitas Marshall sisa (%) setelah perendaman selama 24 jam, 60 °C	Min		60	
Rongga dalam campuran (%) pada kepadatan membal (refusal) ⁽²⁾	Min		2.5	

Sumber: Anonim, Des 2006.

Catatan: [1], [2] dan [3] dapat dilihat di Spesifikasi Khusus Campuran Beraspal Hangat, Des 2006

Tabel 6. Gradasi Agregat Gabungan Campuran Beraspal Hangat dengan Asbuton

Ukuran Ayakan		% Berat Yang Lolos		
ASTM	(mm)	AC-WC Asb	AC-BC Asb	AC-Base Asb
1½"	37.5			100
1"	25		100	90 – 100
¾"	19	100	90 -100	Maks. 90
½"	12.5	90 – 100	Maks. 90	
3/8"	9.5	Maks. 90		
No. 4	4.75			
No. 8	2.36	28 – 58	23 - 49	19 – 45
No. 16	1.18			
No. 30	0.6			
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	0.6	19.1 - 23.1	16.7 - 20.7	13.6 - 17.6
No. 50	0.3	15.5	13.7	11.4

Sumber: Anonim, 2006

Tabel 7. Ketentuan Viskositas Peremaja untuk Pencampuran dan Pematatan

No.	Prosedur Pelaksanaan	Temperatur Campuran dengan Peremaja (°C)
1	Pencampuran benda uji Marshall	110 ± 1
2	Pematatan benda uji Marshall	105 ± 1
3*	Pencampuran, rentang temperatur sasaran	100 – 120
4	Menuangkan campuran beraspal dari alat pencampur	100 – 120
5	Pemasokan ke Alat Penghampar	85 – 105
6	Pematatan	
	a. Pematatan awal (roda baja)	80 – 100
	b. Pematatan utama (roda karet)	60 – 80
	c. Pematatan akhir (roda baja)	> 60

Sumber: Anonim, Des 2006

Catatan : * Temperatur agregat pada saat pencampuran tidak boleh lebih dari 130 °C

Tabel 8. Persyaratan Peremaja Hangat

Jenis Pengujian	Metode Pengujian	Persyaratan
Viskositas : - pada 60 °C (cSt) atau - pada 82,2 °C, (dtk)	AASHTO T - 72	800 – 1200 80 – 120
Kelarutan	SNI 06-2438-1991	Min. 99,5
Titik Nyala, (°C)	AASHTO T - 73	Min. 180
Berat Jenis	SNI 06-2441-1991	Min. 0,95
Penurunan Berat, (% terhadap berat awal)	SNI 06-2440-1991	Maks. 1
Kadar Parifin Lilin, (%)	SNI 03-3639-94	Maks. 2

Sumber: Anonim, Des 2006

3. Metode Penelitian

3.1 Tempat penelitian

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Transportasi dan Jalan Raya Fakultas Teknik Universitas Tadulako, Palu.

3.2 Bahan penelitian

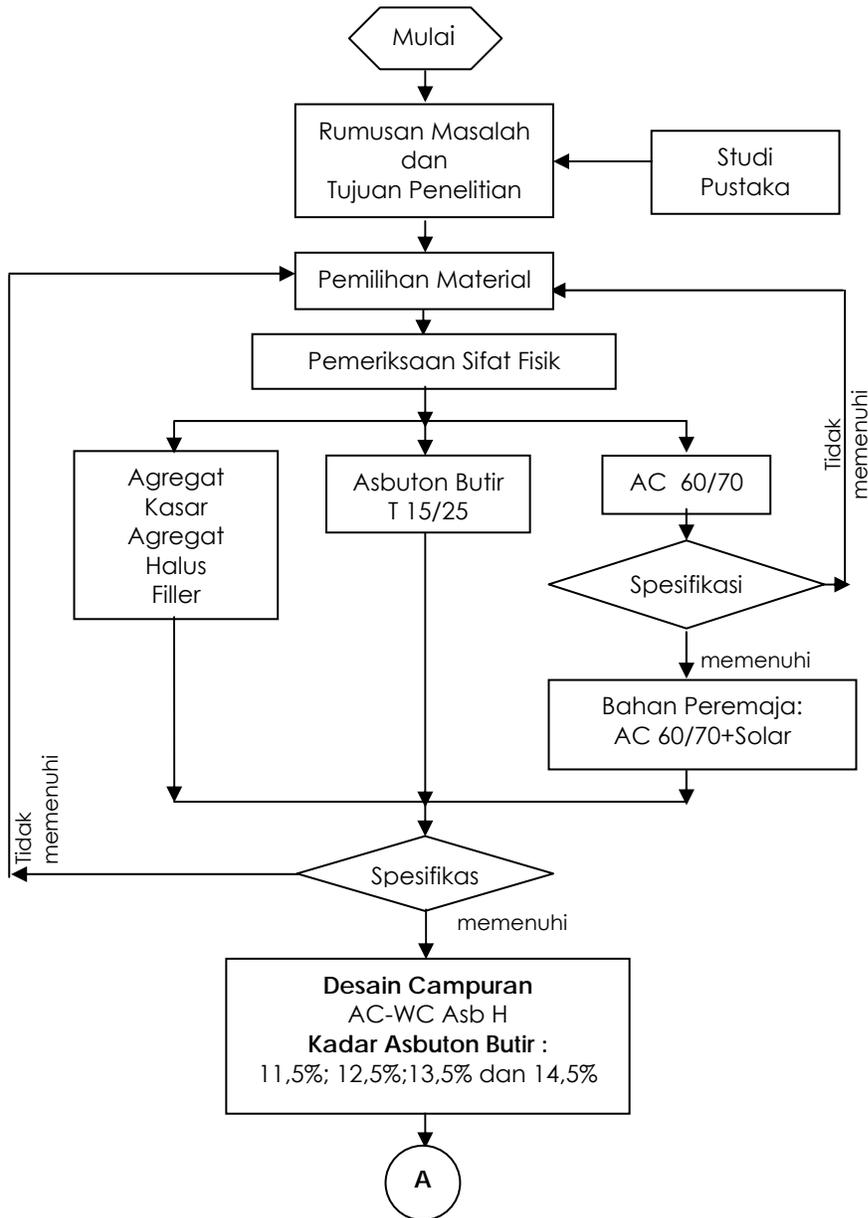
Aspal yang digunakan yaitu Aspal Minyak penetrasi 60/70 (AC 60/70) produksi Pertamina dan bahan Asbuton Butir T 15/25 Ex. PT Buton Asphalt Indonesia (BAI) diperoleh dari Dinas

Permukiman dan Prasarana UPTD Balai Pengujian dan Peralatan Pemerintah Daerah Sulawesi Tengah.

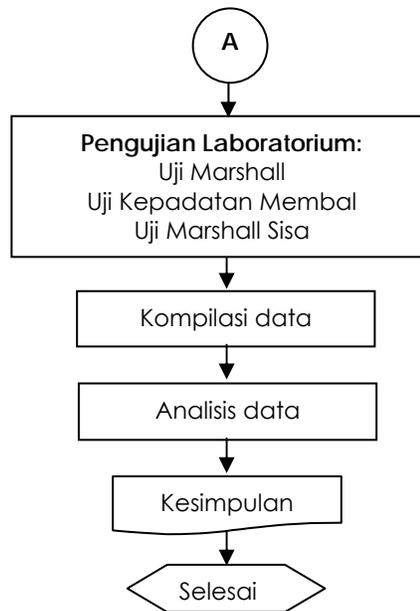
Bahan peremaja yang digunakan adalah campuran antara Solar dan AC 60/70 dengan perbandingan 1 : 1.

Agregat 3/4 in, 3/8 in dan debu batu berasal dari lokasi mesin pemecah batu yang mengambil sumber material dari Sungai Taipa sedangkan pasir alam diambil dari Sungai Palu.

3.3 Prosedur penelitian
Prosedur penelitian yang dilakukan digambarkan dalam diagram alir penelitian. Diagram alir dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian



Gambar 2. Diagram Alir Penelitian (lanjutan)

Tabel 9. Hasil Pemeriksaan Agregat

No.	Jenis Pemeriksaan	Agregat		Pasir	Debu Batu	Spesifikasi
		3/4 in	3/8 in			
1	Ketahanan Abrasi, %	32.67	-	-	-	Maks. 40
2	Berat Jenis Bulk	2.683	2.613	2.823	2.640	Min. 2.5
3	Berta Jenis SSD	2.699	2.626	2.875	2.675	Min. 2.5
4	Berat Jenis Semu	2.727	2.649	2.986	2.736	Min. 2.5
5	Penyerapan, %	0.606	0.501	1.776	1.317	Maks. 3

Sumber: Hasil pemeriksaan laboratorium Tahun 2010

4. Hasil dan Pembahasan

4.1 Hasil Pemeriksaan Agregat

Hasil pemeriksaan agregat dipresentasikan pada Tabel 9. Agregat 3/4 in, 3/8 in, pasir dan debu batu memenuhi persyaratan sehingga dapat digunakan untuk memperoleh gabungan agregat.

4.2 Asbuton butir T1 5/25

Hasil pemeriksaan terhadap Asbuton Tipe 15/25 dapat dilihat pada Tabel 10. Hasil pemeriksaan menunjukkan bahwa Asbuton yang dipilih yakni T15/25 sudah sesuai dan memiliki kadar bitumen sebesar 23,40% yang akan digunakan dalam penentuan kadar aspal yang terkandung dalam campuran.

Tabel 10. Hasil Pemeriksaan Sifat Teknis Asbuton Butir T 15/25

No.	Jenis Pemeriksaan	Hasil	Spesifikasi
1.	Berat jenis bitumen	1.068	Min. 1.0
2.	Berat jenis mineral	2.59	-
3.	Kadar Bitumen, %	23.40	23-27
4.	Ukuran butir asbuton butir		
	-Lolos saringan No. 4 (4,75 mm); %	100	100
	-Lolos saringan No. 8 (2.36 mm); %	100	100
	-Lolos saringan No. 16(1.18 mm); %	99.8	Min 95

Sumber: Hasil pemeriksaan laboratorium Tahun 2010

Tabel 11. Hasil Pemeriksaan AC 60/70

No.	Jenis Pemeriksaan	Hasil	Spesifikasi
1	Berat jenis aspal	1.032	Min 1,0
2	Titik lembek, °C	52	48 – 58
3	Tingkat penetrasi, 0.1 mm	72	60 – 79
4	Kehilangan berat, %	0.205	Maks. 0.8
5	Daktilitas, cm	147.5	Min. 100
6	Titik nyala, °C	335	Min. 200

Sumber: Hasil pemeriksaan laboratorium Tahun 2010

Tabel 12. Hasil Permeriksaan Bahan Peremaja

No.	Jenis Pemeriksaan	Hasil	Spesifikasi
1	Viskositas pada 60 °C (cSt)	1000,667	800 – 1200
2	Berat jenis bulk	1.016	Min. 0.95
3	Titik nyala, °C	193	Min. 180
4	Kehilangan Berat, %	0.305	Maks. 1

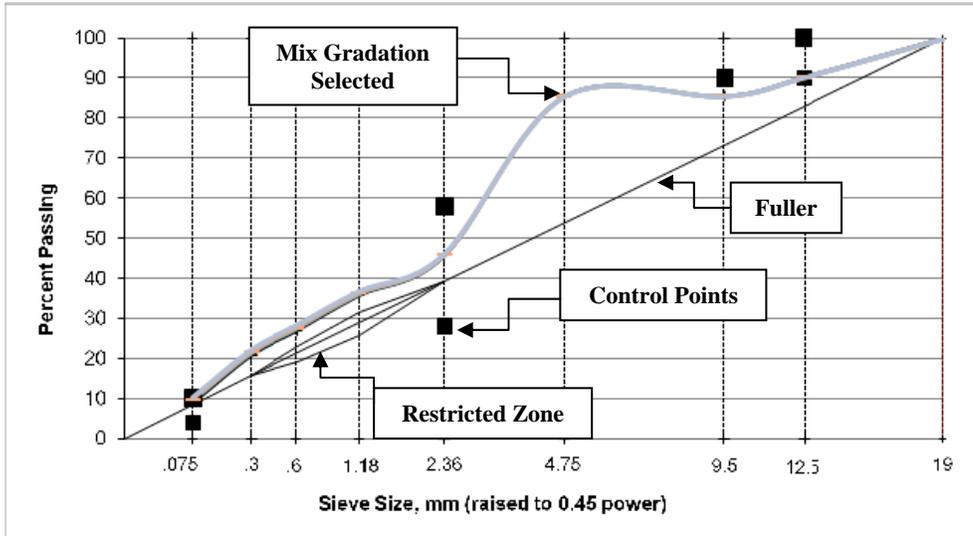
4.3 Aspal Minyak AC 60/70 dan Bahan Peremaja

Hasil pemeriksaan AC 60/70 Ex Pertamina telah memenuhi persyaratan sehingga dapat digunakan untuk membuat bahan peremaja dengan menambahkan solar dengan perbandingan 1:1. Selanjutnya dilakukan pemeriksaan apakah perbandingan ini sudah memenuhi persyaratan PH-1000. Tabel 11 adalah pemeriksaan AC 60/70 sedangkan

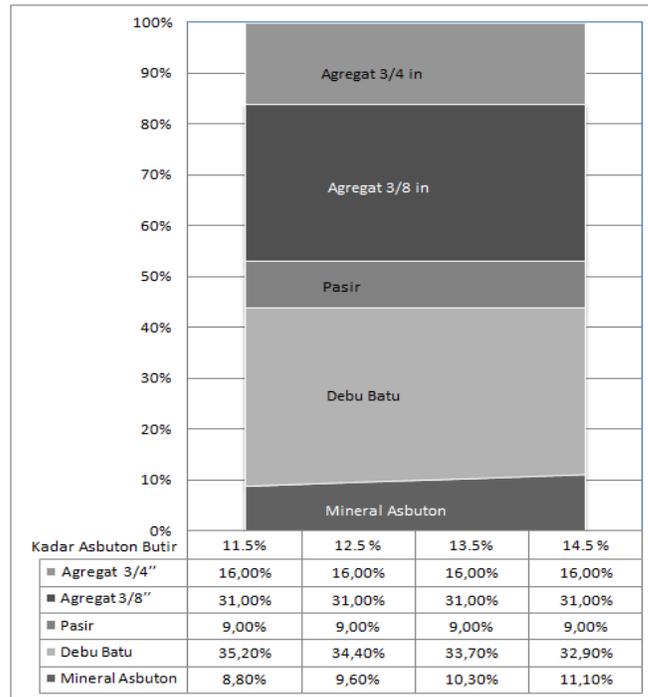
Tabel 12 menunjukkan bahwa bahan peremaja yang dibuat telah memenuhi PH-1000.

4.4 Gradasi gabungan dan proporsi agregat

Pencampuran agregat berdasarkan proporsi agar diperoleh gradasi gabungan yang merepresentasikan kondisi di lapangan. Gradasi gabungan terpilih dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Gradasi gabungan terpilih AC-WC Asb-H



Gambar 3. Proporsi Agregat

Pergeseran gradasi gabungan antara variasi Asbuton Butir 11,5%; 12,5%; 13,5% dan 14,5% kurang jelas terlihat karena perubahan proporsi yang terjadi hanya antara debu batu dan mineral asbuton.

Terjadi perubahan proporsi debu batu, peningkatan penggunaan asbuton butir selain meningkatkan kadar bitumen juga akan meningkatkan jumlah mineral asbuton sehingga dalam komposisi campuran, debu batu akan terganti oleh mineral asbuton sehingga poporsi debu batu akan turun. Fenomena ini dapat dilihat pada Gambar 3.

4.5 Asbuton Butir dan Karakteristik Campuran

Hasil pengujian campuran Asbuton Butir T15/25 AC-WC AsbH dipresentasikan pada Tabel 13. Nilai pengujian menunjukkan bahwa campuran memenuhi seluruh persyaratan.

a. Kepadatan

Nilai kepadatan campuran dipengaruhi oleh bahan susun, gradasi agregat dan cara pemadatan. Gambar 4 menunjukkan bahwa semakin besar kadar asbuton butir maka semakin tinggi kepadatannya sampai pada titik tertentu kepadatan tersebut akan turun. Kepadatan meningkat disebabkan oleh bertambahnya

kadar bitumen sehingga memudahkan pemadatan campuran tetapi bertambahnya kadar bitumen yang berlebihan menyebabkan campuran sulit untuk padat karena tambahan bitumen akan menghasilkan selaput tipis pada masing-masing agregat yang memberikan jarak antar agregat sehingga menyebabkan kepadatan menurun. Dalam Asbuton butir semakin besar asbuton butir semakin besar pula mineral yang terkandung didalamnya, tentunya hal ini akan mempengaruhi kepadatan apabila jumlah mineral bertambah dan kepadatan bisa turun apabila mineral berlebihan.

b. Void In Mixture (VIM)

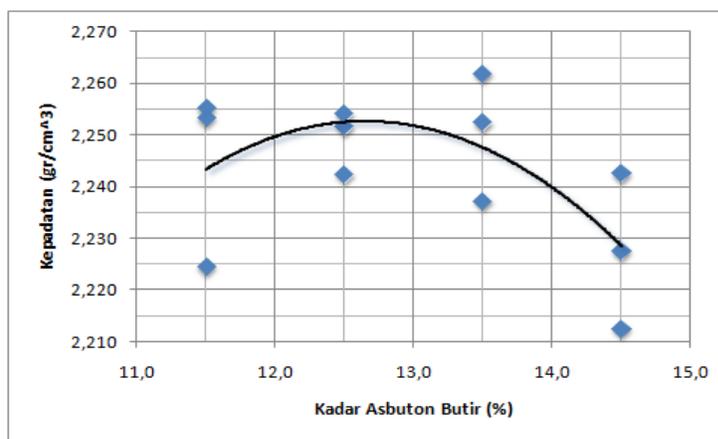
AC-WC harus menyediakan lapis permukaan yang relatif kedap terhadap air maupun udara. Pada Gambar 5 nilai VIM meningkat seiring dengan semakin bertambahnya kadar asbuton butir. Meningkatnya Kadar asbuton butir akan meningkatkan nilai VIM hal ini berhubungan dengan nilai kepadatan yang menurun karena pengaruh dari kadar bitumen dan kadar mineral dalam campuran yang meningkat. Nilai rata-rata VIM memenuhi persyaratan yakni 4%-6%.

Tabel 13. Hasil Pengujian Campuran AC-WC AsbH

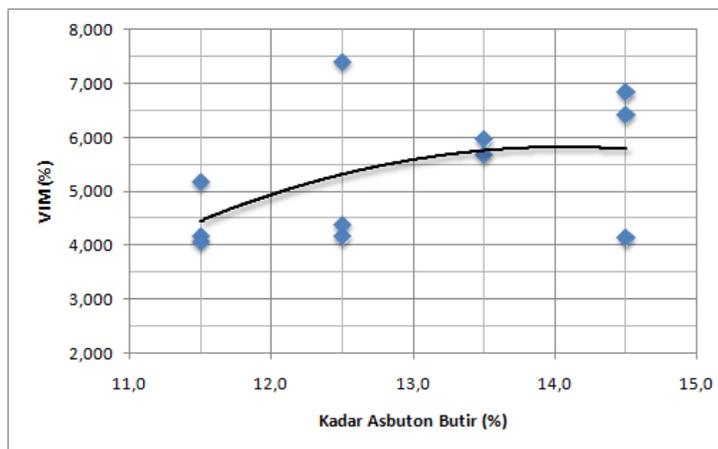
Parameter	Kadar Asbuton Butir (%)				Spesifikasi
	11,5	12,5	13,5	14,5	
Nilai rata-rata					
Kepadatan (gr/cm ³)	2,244	2,249	2,251	2,228	NA
VIM (%)	4,459	5,306	5,765	5,784	4 – 6
VMA (%)	20,426	20,464	20,638	21,613	Min. 15
VFB (%)	72,666	74,024	74,616	74,696	Min. 65

Tabel 13 (lanjutan)

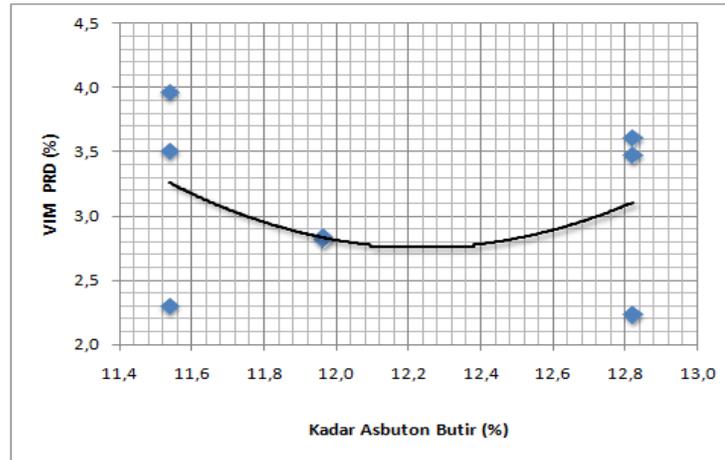
Parameter	Kadar Asbuton Butir (%)				Spesifikasi
	11,5	12,5	13,5	14,5	
	Nilai rata-rata				
Stabilitas (Kg)	942,317	967,604	968,464	980,724	Min. 800
Kelelahan (mm)	3,507	3,600	3,572	3,612	Min. 3
MQ (kg/mm)	268,741	270,340	271,111	271,738	Min. 250



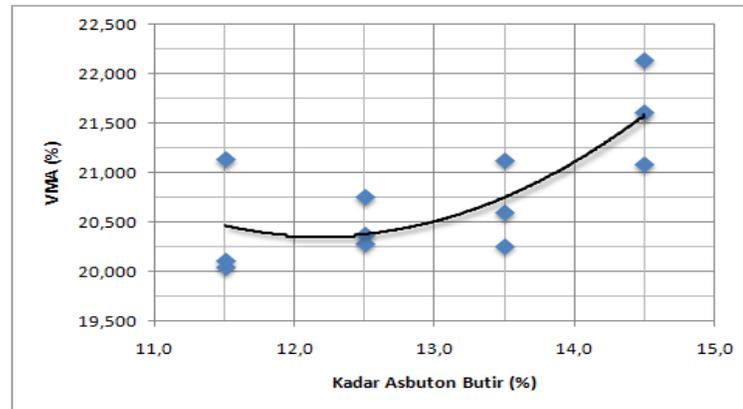
Gambar 4. Hubungan antara Kadar Asbuton Butir dengan Kepadatan



Gambar 5. Hubungan antara Kadar Asbuton Butir dengan VIM



Gambar 6. Hubungan antara Kadar Asbuton Butir dengan VIM PRD



Gambar 7. Hubungan antara Kadar Asbuton Butir dengan VMA

Kepadatan membal (*Percentage Refusal density, PRD*) dimaksudkan sebagai kepadatan tertinggi (maksimum) yang dapat dicapai di laboratorium, sampai kondisi campuran tersebut praktis tidak dapat menjadi lebih padat lagi. VIM pada kondisi kepadatan membal (VIM-_{RD}) pada kondisi yang disyaratkan memenuhi spesifikasi yakni lebih besar dari 2,5%. Melihat pada *trend* yang terjadi maka kadar

asbuton butir dari 11,5% sampai 14,5% memenuhi syarat VIM-_{RD} (lihat Gambar 6).

c. *Void In Mineral Aggregate (VMA)*

VMA adalah adalah banyaknya pori di antara butir-butir agregat di dalam beton aspal padat yang meliputi rongga udara dalam campuran dan volume aspal efektif. VMA yang terlalu kecil akan mengakibatkan problem durabilitas sedangkan nilai

VMA yang terlalu besar mengakibatkan problem stabilitas dan menjadikan campuran tidak ekonomis untuk diproduksi. Semakin besar kadar bitumen biasanya akan menghasilkan nilai VMA yang meningkat sehingga akan menghasilkan daerah yang 'basah' disebelah kanan kurva VMA ini (lihat Gambar 7). Tetapi pada penelitian ini kenaikan nilai VMA lebih dikarenakan oleh nilai kepadatan yang menurun sehingga rongga udara meningkat yang mengakibatkan meningkat pula nilai VMA. Bertambahnya mineral asbuton dalam campuran belum tentu meningkatkan kepadatan campuran itu sendiri, hal ini bisa dipahami karena susunan agregat yang sudah tidak kompak lagi. Secara keseluruhan nilai VMA lebih besar dari 15% atau memenuhi spesifikasi yang disyaratkan.

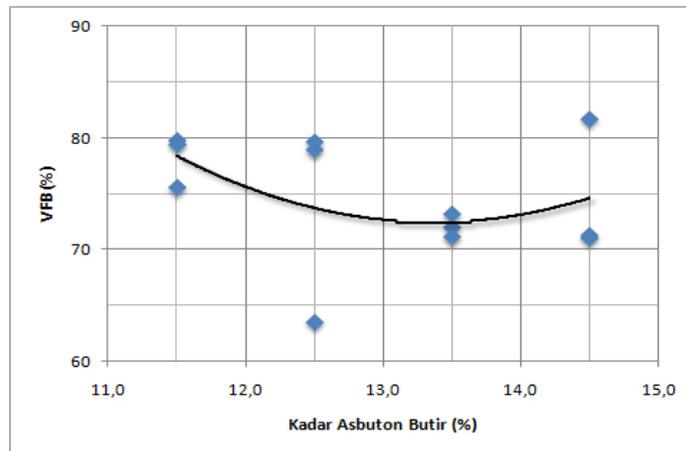
d. *Void Filled with Bitumen (VFB)*

Pengaruh utama dari kriteria VFB adalah untuk membatasi level maksimum nilai VMA dan sesudah itu

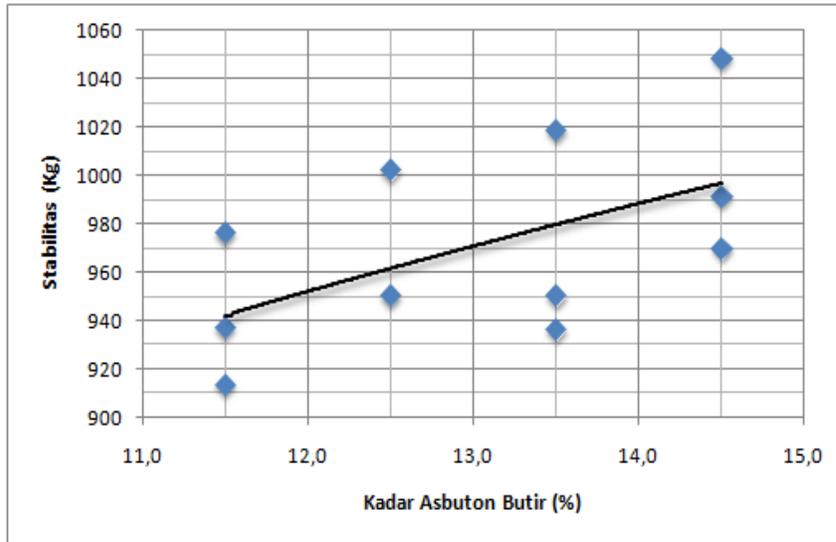
level maksimum dari kadar aspal. Gambar 8 menunjukkan bahwa nilai VFB menurun pada satu titik tertentu akan naik kembali. Hal ini menunjukkan bahwa nilai VMA yang meningkat pada Gambar 7 lebih disebabkan pada peningkatan rongga udara ketimbang penambahan bitumen dalam campuran, tetapi nilai rongga yang terjadi masih memenuhi spesifikasi yang disyaratkan. Nilai rata-rata VFB untuk kadar asbuton butir 11,5% - 14,5% masih memenuhi persyaratan yaitu minimal 65%.

e. Stabilitas

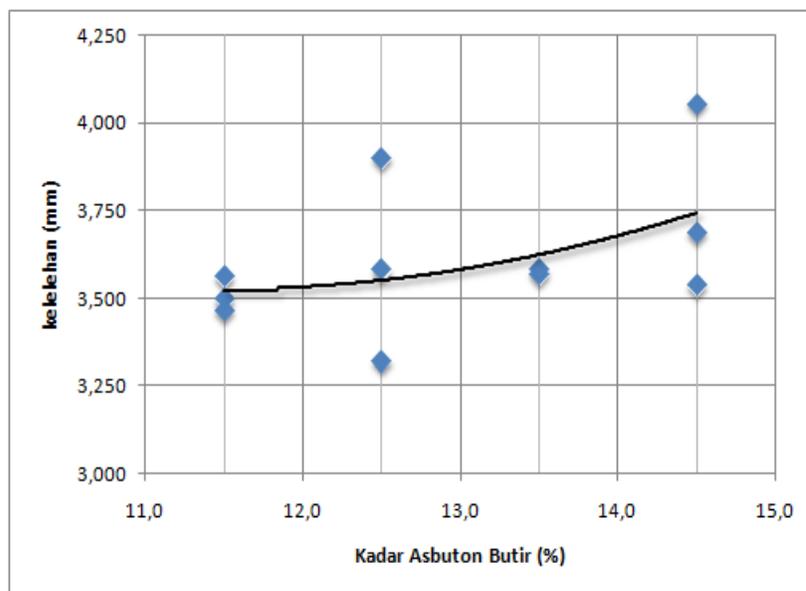
Hal yang utama dari Stabilitas Marshall adalah untuk mengevaluasi perubahan stabilitas dengan adanya perubahan kadar aspal dengan tujuan untuk menentukan kadar aspal optimum. Berdasarkan hasil penelitian yang diperlihatkan pada Gambar 9 menunjukkan bahwa dengan bertambahnya kadar asbuton butir akan meningkatkan nilai stabilitas.



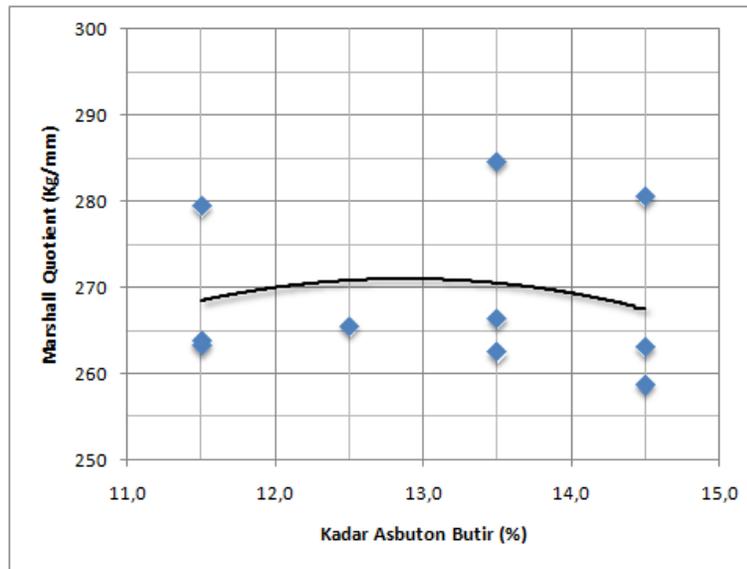
Gambar 8. Hubungan antara Kadar Asbuton Butir dengan VFB



Gambar 9. Hubungan antara Kadar Asbuton Butir dengan Stabilitas



Gambar 10. Hubungan antara Kadar Asbuton Butir dengan Kelelahan



Gambar 11. Hubungan antara Kadar Asbuton Butir dengan MQ

Pada kadar 11,5% sampai 14,5% masih memperlihatkan trend yang meningkat, hal tersebut disebabkan dengan bertambahnya kadar asbuton butir berarti bertambah pula kadar bitumen sehingga akan memberikan ikatan yang lebih kuat. Persyaratan untuk stabilitas adalah minimum 800 kg.

f. Kelelahan

Nilai Flow yang tinggi umumnya menunjukkan campuran bersifat plastis sehingga menyebabkan terjadinya deformasi permanen ketika mengalami pembebanan lalu lintas, sebaliknya nilai *flow* yang terlalu rendah menunjukkan suatu campuran dengan rongga udara lebih besar dari normal dan kekurangan aspal untuk keawetannya serta dapat mengakibatkan keretakan prematur akibat dari campuran yang getas selama masa layan perkerasan tersebut. Penambahan kadar asbuton butir meningkatkan nilai flow karena dalam kadar asbuton butir

terkandung bitumen yang akan meningkatkan sifat plastis campuran (lihat Gambar 10). Syarat minimum kelelahan adalah 3 mm.

g. Marshall Quotient (MQ)

Hasil bagi antara nilai stabilitas dan nilai kelelahan disebut *Marshall Quotient* (MQ). Nilai MQ menunjukkan fleksibilitas campuran agregat aspal. Gambar 11 menunjukkan adanya peningkatan nilai MQ dan pada titik tertentu nilai MQ menurun, tetapi secara keseluruhan nilai MQ cenderung datar artinya perubahan nilai yang terjadi relatif tidak signifikan. Syarat minimum nilai MQ adalah 250 kg/mm. Nilai MQ yang terlalu tinggi menunjukkan campuran agregat aspal yang terlalu kaku memiliki stabilitas tinggi tetapi mudah retak, sedangkan nilai MQ yang terlalu rendah akan menghasilkan campuran agregat aspal yang mudah berubah bentuk akibat beban

lalulintas. Meskipun syarat nilai MQ minimum 250 kg/mm tetapi nilai tersebut dibatasi atau terkontrol oleh kecenderungan nilai stabilitas dan nilai kelelahan.

5. Kesimpulan dan Saran

5.1 Kesimpulan

- Nilai karakteristik Marshall memenuhi seluruh persyaratan pada penambahan kadar asbuton butir 11,5% sampai dengan 14,5%
- Nilai Kadar asbuton butir optimum terpilih berdasarkan metode *bar chart* adalah 12,1% dengan nilai Marshall sisa sebesar 91% (syarat minimum 75%).

5.2 Saran

- Penambahan asbuton butir akan menambah mineral asbuton dengan berat jenis yang relatif rendah sehingga perlu dicermati perubahan gradasi agregat akibat perbedaan berat jenis.
- Peninjauan variasi viskositas bahan peremaja sangat penting karena bahan peremaja adalah penentu kinerja campuran manakala kadar asbuton butir menjadi salah satu variabel yang ditetapkan nilainya (konstan).

6. Daftar Pustaka

- Anonim, 2006, *Pemanfaatan Asbuton, Buku 1, Umum*, Pedoman Konstruksi Bangunan No. 001-01/BM/2006, Departemen Pekerjaan Umum, Direktorat Jenderal Bina Marga, Jakarta.
- Anonim, 2006, *Pemanfaatan Asbuton, Buku 4, Campuran Beraspal Hangat dengan Asbuton Butir*, Pedoman Konstruksi Bangunan No. 001-04/BM/2006, Departemen Pekerjaan Umum,

Direktorat Jenderal Bina Marga, Jakarta.

Anonim, Des 2006, *Spesifikasi Khusus Campuran Hangat dengan Asbuton*, Departemen Pekerjaan Umum, Direktorat Jenderal Bina Marga, Jakarta.

Anonim, 1993, *Mix Design Methods for Asphalt Concrete and Other Hot-Mix Types*, Manual Series No.2 (MS-2), 6th Edition Asphalt Institute.

Aulia, S., 2009, *Studi Penggunaan Asbuton Mikro Terhadap Karakteristik Campuran Beton Aspal*, Tugas Akhir S1 Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Tadulako, Palu (tidak dipublikasikan).

Roberts, F.L., Kandhal, P.S., Brown, E.R., Lee, D.Y., and Kennedy T.W., 1996, *Hot Mix Asphalt Materials, Mixture Design, and Construction*, Second Edition, NAPA Education Foundation Lanham Maryland.