

**KESAN PEMBEBANAN SERBUK SEKAM PADI  
TERHADAP SIFAT PEMATANGAN, SIFAT  
MEKANIK DAN KELAKUAN PENGGEMBUNGAN  
DI DALAM SEBATIAN GETAH ASLI**

*PERPUSTAKAAN  
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH*

**MULIYADI BIN GULILING**

**SEKOLAH SAINS DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH  
2007**

**BORANG PENGESAHAN STATUS TESIS**

**JUDUL:** Kesan Pembebanan Serbuk Sekam Padi Terhadap Sifat Pematangan, Sifat Mekanik dan Kelakuan Penggembungan Di Dalam Sebatian Getah Asli

**IJAZAH :** Sarjana Sains Pengurusan Sekitaran

**SESI PENGAJIAN :** 2004 – 2007

Saya Mulyadi Bin Guliling mengaku membenarkan tesis Sarjana ini disimpan di Perpustakaan Universiti Malaysia Sabah dengan syarat-syarat kegunaan seperti berikut:

1. Tesis adalah hak milik Universiti Malaysia Sabah;
2. Perpustakaan Universiti Malaysia Sabah dibenarkan membuat salinan untuk tujuan pengajian sahaja;
3. Perpustakaan dibenarkan membuat salinan tesis ini sebagai bahan pertukaran antara industri pengajian tinggi;
4. Tidak Terhad.

Disahkan oleh:

PERPUSTAKAAN  
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

(Penulis: Mulyadi Bin Guliling)

~~TANDATANGAN PUSTAKAWAN~~

Alamat tetap:

No. 3-1-4, Ramim 8, Lrg Puterajaya 25,  
Tmn. Puterajaya, Jln Tuaran,  
88450 Kota Kinabalu, Sabah.

~~(Penyelia: Dr. Abdullah Chik)~~

**TARIKH :** 1 Julai 2007

**CATATAN :** Tesis dimaksudkan sebagai tesis ijazah Doktor Falsafah dan Sarjana secara penyelidikan atau disertasi bagi pengajian secara kerja kursus dan penyelidikan atau Laporan Projek Sarjana Muda (LPSM)



## **PENGAKUAN**

Karya ini adalah hasil kerja saya sendiri kecuali nukilan, ringkasan dan rujukan yang tiap-tiap satunya telah saya jelaskan sumbernya.

  
**MULTYADI BIN GELILING**  
PS04-001(K)-021  
15 JUN 2007

**PERPUSTAKAAN**  
**UNIVERSITI MALAYSIA SABAH**

## **PENGHARGAAN**

Alhamdulillahi Rabbil A'lamin. Segala puji dan syukur ke hadhrat Allah dengan limpah kurnia dan rahmatNya, projek penyelidikan dan disertasi ini telah dapat disiapkan.

Terlebih dahulu saya ingin merakamkan ucapan terima kasih kepada penyelia disertasi saya, Dr Abdullah Chik di atas tunjuk ajar, teguran dan bimbingan yang diberi sepanjang disertasi ini disiapkan. Tidak dilupakan juga kepada Encik Razif Muhammed Nordin (penyelia bersama) dan Encik Che Mohamad Som Said selaku rakan projek penyelidikan ini. Terima kasih juga saya ucapkan kepada Ketua Program Teknologi Polimer, Fakulti Sains Gunaan, UiTM Shah Alam dan semua staf Universiti Malaysia Sabah dan Universiti Teknologi MARA yang terlibat secara langsung mahupun tidak langsung.

Akhirnya, rakaman terima kasih yang tak terhingga untuk seluruh ahli keluarga yang memahami kesibukan saya, khas buat ayahanda, Hj. Guliling Lauma & Mustafa Maarub dan bonda, Hjh. Waha Rukka & Samsuria A. Yusup; teristimewa untuk Isteri tersayang, Musrianie Mustafa dan anakanda Mursyidah Amanina di atas pengorbanan, dorongan dan sokongan yang diberikan selama menjalani kursus ijazah sarjana ini. Untuk rakan-rakan seperjuangan, Zulherry, Din, Vitalis, Thien, Siti, Elin, Darna, Solihin, Asran, Idzham dan lain-lain, saya ucapkan terima kasih atas segala bantuan dan tunjuk ajar.

Semoga kajian di dalam disertasi ini dapat memberi manfaat kepada semua. Semakin kita menerokai ilmuNya, semakin banyak rahsiaNya yang kita tidak tahu.

## **ABSTRAK**

Serbuk sekam padi (RHP) yang diperolehi daripada proses pengisaran padi telah digunakan sebagai pengisi di dalam penyebatan getah asli (NR). Kesan pembebanan RHP terhadap sifat pematangan, sifat mekanik dan kelakuan penggembungan sebatian NR telah dikaji menggunakan sistem pem vulkanisan sulfur separa cekap (semi-EV). Bebanan RHP adalah dalam lingkungan 0 hingga 50 bahagian per seratus getah (bsg). Keputusan menunjukkan, masa pematangan,  $t_{90}$  dan masa skorj,  $t_2$  vulkanizat NR menurun dengan peningkatan bebanan RHP manakala tork maksimum dan perbezaan tork ( $M_H - M_L$ ) menunjukkan trend meningkat. Sifat kekuatan tensil meningkat sehingga bebanan 20 bsg dan mula merosot pada pembebanan pengisi yang lebih tinggi. Modulus tensil dan kekerasan meningkat dengan peningkatan bebanan RHP sedangkan pemanjangan pada takat putus dan kebingkasan menurun. Penambahan bebanan RHP juga memberikan vulkanizat NR rintangan terhadap penggembungan di dalam toluena yang lebih baik tetapi kelakuan penggembungan terhadap air menunjukkan pola keputusan sebaliknya. Kesimpulannya, RHP boleh digunakan sebagai pengisi di dalam sebatian NR di mana peningkatan sifat mekanik adalah tidak kritikal.

## **ABSTRACT**

### **THE EFFECT OF RICE HUSK POWDER LOADING ON CURE CHARACTERISTICS, MECHANICAL PROPERTIES AND SWELLING BEHAVIOR OF NATURAL RUBBER COMPOUNDS**

Rice husk powder (RHP) obtained from the milling of rice was used as a filler in natural rubber (NR) compounds. The effect of RHP loading on cure characteristics, mechanical properties and swelling behavior of NR compounds in the loading ranging from 0 to 50 part per hundred (phr) under semi-efficient vulcanization system was investigated. The results indicated that the cure time,  $t_{90}$  and scorch time,  $t_2$  of NR vulcanizates decreased with increasing RHP loading while maximum torque and torque difference ( $M_H - M_L$ ) exhibited increasing trend. The tensile strength increased up to 20 phr of RHP loading and then decreased when more than 20 phr was used. The tensile modulus and hardness increased with increasing RHP loading whereas elongation at break and resilience decreased. Increasing RHP loading also gives NR vulcanizates better resistance towards swelling in the toluene but showed an opposite trend in the water. As a conclusion, RHP can be used as a filler in NR compounds where improved mechanical properties are not critical.

## ISI KANDUNGAN

M/S

TAJUK	i
PENGAKUAN	ii
PENGHARGAAN	iii
ABSTRAK	lv
<i>ABSTRACT</i>	v
ISI KANDUNGAN	vi
SENARAI RAJAH	viii
SENARAI JADUAL	x
SENARAI SINGKATAN	xi
SENARAI SIMBOL	xii
<b>BAB 1: PENDAHULUAN</b>	<b>1</b>
1.1. Pengenalan	1
1.2. Kepentingan Kajian	3
1.3. Objektif Kajian	4
<b>BAB 2: KAJIAN LITERATUR</b>	<b>5</b>
2.1. Pengenalan	5
2.2. Getah Asli	5
2.2.1. Spesifikasi Teknikal Blok Getah Asli	5
2.2.3. Pemprosesan Getah	6
2.3.1. Mastikasi dan Penyebatian	6
2.3.2. Pembentukan	9
2.3.3. Pem vulkanan	9
2.3.4. Sistem Pem vulkanan Sulfur	11
2.4. Komposisi Kimia Bahan Lignoselulosik	13
2.4.1. Selulosa	13
2.4.2. Hemiselulosa	14
2.4.3. Lignin	14
2.5. Kelebihan Dan Kekurangan Bahan Lignoselulosik	15
2.6. Pengisi	16
2.6.1. Karbon Hitam	17
2.6.2. Silika	19
2.6.1. Abu Sekam Padi (RHA) dan Serbuk Sekam Padi (RHP)	21
2.7. Penggunaan RHA dan RHP sebagai Pengisi	21
2.8. Sifat-sifat Vulkanizat Getah	23
2.8.1. Pematangan	23
2.8.2. Kekuatan Tensil	26
2.8.3. Pemanjangan Pada Takat Putus	29
2.8.4. Modulus	29
2.8.5. Kekerasan	30
2.8.6. Kebingkasan	31
2.8.7. Kelakuan Penggembungan	32
<b>BAB 3: BAHAN DAN EKSPERIMEN</b>	<b>35</b>
3.1. Bahan	35

## **SENARAI RAJAH**

	M/S
Rajah 2.1.: Struktur asas bagi getah asli (cis-1,4-poliiisoprena).	5
Rajah 2.2.: Pemprosesan getah mentah kepada vulkanizat getah (Ismail & Hashim, 1998).	7
Rajah 2.3.: Pemvulkanan sulfur (Answers Corporation, 2006).	11
Rajah 2.4.: Struktur molekul selulosa (Espert, 2003).	14
Rajah 2.5.: Struktur bagi lignin.	15
Rajah 2.6.: Pengelasan pengisi (diubah suai daripada Zurina, 2003).	17
Rajah 2.7.: Kumpulan berfungsi pada permukaan karbon hitam dan silika (Leblanc, 2002).	18
Rajah 2.8.: Skematic pembentukan getah terikat (Leblanc, 2002).	19
Rajah 2.9.: Lengkung pematangan bagi sebatian getah.	24
Rajah 2.10.: Mikrograf SEM bagi permukaan kegagalan tensil sebatian NR diisi dengan 10 bsg WRHA (magnifikasi 500X) (Ismail et al., 1999a).	27
Rajah 2.11.: Mikrograf SEM bagi permukaan kegagalan tensil sebatian NR diisi dengan 40 bsg WRHA (magnifikasi 500X) (Ismail et al., 1999a).	28
Rajah 3.1.: Pengayak Endecotts.	36
Rajah 3.2.: Skematic penyebatian NR (Ismail & Hashim, 1998).	39
Rajah 3.3.: Skematic keratan rentas dai MDR (Warner et al., 1997).	40
Rajah 3.4.: Contoh lengkung tork melawan masa bagi sampel vulkanizat NR (Dick, 2000).	41
Rajah 3.5.: Dimensi sampel bagi ujian tensil.	42
Rajah 3.6.: Sampel vulkanizat NR pada bebanan RHP 0 bsg – 50 bsg bagi ujian tensil.	42
Rajah 3.7.: Skematic ujian tensil.	44
Rajah 3.8.: Ujian kekerasan <i>Durometer Shore A</i> (QualiTTest Inc., 2006).	45
Rajah 3.9.: Tiga tempat pengukuran pada sampel vulkanizat NR.	45



Rajah 3.10.: Skematik ujian kebingkasan (diubahsuai daripada Ismail & Hashim, 1998).	46
Rajah 3.11.: Sampel vulkanizat NR pada bebanan RHP 10 bsg dan 20 bsg bagi ujian kebingkasan.	47
Rajah 3.12.: Ujian penggembungan sampel di dalam air (pandangan hadapan).	48
Rajah 3.13.: Ujian penggembungan sampel di dalam air (pandangan atas).	48
Rajah 4.1.: Kesan pembebahan pengisi RHP terhadap masa pematangan bagi sebatian NR.	49
Rajah 4.2.: Kesan pembebahan pengisi RHP terhadap masa skorj bagi sebatian NR.	50
Rajah 4.3.: Variasi pembebahan pengisi terhadap tork maksimum bagi sebatian NR terisi RHP.	51
Rajah 4.4.: Variasi pembebahan pengisi terhadap perbezaan tork (tork maksimum – tork minimum), $M_H - M_L$ bagi sebatian NR terisi RHP.	51
Rajah 4.5.: Hubungan di antara kekuatan tensil dan pembebahan pengisi di dalam sebatian NR.	52
Rajah 4.6.: Hubungan di antara pemanjangan pada takat putus dan pembebahan pengisi di dalam sebatian NR.	54
Rajah 4.7.: Variasi $M_{100}$ dan $M_{300}$ terhadap pembebahan pengisi di dalam sebatian NR.	55
Rajah 4.8.: Hubungan di antara kekerasan dan pembebahan pengisi di dalam sebatian NR.	56
Rajah 4.9.: Hubungan di antara kebingkasan dan pembebahan pengisi di dalam sebatian NR.	57
Rajah 4.10.: Hubungan di antara keseimbangan penggembungan di dalam toluena (selepas 24 jam) dan pembebahan pengisi di dalam sebatian NR.	58
Rajah 4.11.: Hubungan di antara keseimbangan penggembungan di dalam air (selepas 7 hari) dan pembebahan pengisi di dalam sebatian NR.	59
Rajah 4.12.: Skematik pembentukan ikatan hidrogen di antara molekul air dan pengisi.	59

## SENARAI SINGKATAN

ASTM	<i>American Society for Testing and Materials</i>
BRHA	Abu Sekam Padi Hitam ( <i>Black Rice Husk Ash</i> )
bsg	Bahagian per seratus getah
CB	Karbon Hitam ( <i>Carbon Black</i> )
$\text{CaCO}_3$	Kalsium Karbonat
CV	Pem vulkanan Lazim ( <i>Conventional Vulcanization</i> )
EV	Pem vulkanan Cekap ( <i>Efficient Vulcanization</i> )
semi-EV	Pem vulkanan Separa Cekap ( <i>semi Efficient Vulcanization</i> )
NR	Getah Asli ( <i>Natural Rubber</i> )
ENR	Getah Asli Terepoksida ( <i>Epoxydized Natural Rubber</i> )
EPDM	Getah Etilena Propilena Diena ( <i>Ethylene Propylene Diene Rubber</i> )
SBR	Getah Stirena Butadiena ( <i>Styrene Butadiene Rubber</i> )
$t_{90}$	Masa Pematangan
$t_2$	Masa Skorj
$M_L$	Tork Minimum
$M_H$	Tork Maksimum
PP	Polipropilena
PS	Polistirena
RHP	Serbuk Sekam Padi ( <i>Rice Husk Powder</i> )
RHA	Abu Sekam Padi ( <i>Rice Husk Ash</i> )
SEM	Mikroskopik Penskanan Elektron ( <i>Scanning Electron Microscopy</i> )
WRHA	Abu Sekam Padi Putih ( <i>White Rice Husk Ash</i> )



## **SENARAI SIMBOL**

dNm	desi <i>Newton</i> meter
$\mu\text{m}$	mikrometer
mm	milimeter
$^{\circ}\text{C}$	darjah Celsius
min	minit
%	peratus
MPa	<i>Mega Pascal</i>
IRHD	<i>International Rubber Hardness Degree</i>

# BAB 1

## PENDAHULUAN

### 1.1. Pengenalan

Padi, *Oryza sativa* adalah salah satu tanaman makanan utama dunia. Berdasarkan data statistik yang diperolehi daripada Pertubuhan Makanan dan Pertanian Sedunia (FAOSTAT Database, 2005) pada tahun 2004, pengeluaran padi dunia dianggarkan berjumlah 608,496 ribu tan metrik. Daripada jumlah itu, Asia selaku pengeluar terbesar padi menyumbang sebanyak 549,461 ribu tan metrik. Di Malaysia, padi adalah tanaman ketiga ditanam secara meluas selepas kelapa sawit dan getah. Pengeluaran padi di Malaysia ialah sejumlah 2,184 ribu tan metrik pada tahun 2004. Selepas beras dipisahkan daripada padi, 20% daripada berat asal kekal sebagai sekam padi (Chuah et al. 2005). Ini bermakna daripada 600,000 ribu tan metrik padi, sebanyak 120,000 ribu tan metrik sekam padi akan dihasilkan.

Penghasilan sekam padi di dalam kuantiti yang besar telah menimbulkan masalah pencemaran alam sekitar. Pelupusan sisa ini dengan cara yang betul juga memerlukan kos yang tinggi. Kebiasaanannya, sekam padi dilonggokkan dan terbiar di kawasan kilang padi. Dalam jangka masa panjang, keadaan ini akan menimbulkan masalah ruang penyimpanan. Satu cara pelupusan yang mudah dan lazimnya dilakukan ialah dengan membakarnya secara terbuka. Namun, kaedah pembakaran sebegini didapati tidak mesra alam. Pembakaran biojisim (*biomass*) telah menimbulkan keprihatinan masyarakat global sejak beberapa dekad yang lalu. Ini kerana ia memberi kesan kepada kebolehnampakan (*visibility*), kesihatan manusia,

dan perubahan cuaca global dengan pelepasan jirim zarahan dan gas-gas bahan pencemar yang lain (Yang et al., 2006a).

Permasalahan yang timbul telah menarik perhatian para penyelidik untuk mencari kaedah terbaik untuk memanfaatkan sekam padi. Sisa pertanian ini boleh dikitar semula bagi menghasilkan bahan yang mempunyai nilai tambah. Seterusnya ia boleh dimanfaatkan di dalam pelbagai kegunaan harian dan juga kegunaan industri. Ia merupakan satu sumbangan yang bermakna untuk melestari alam semula jadi. Daripada kajian literatur, sekam padi digunakan sebagai bahan penyerap bagi penyingkir bahan pencemar logam berat dan pewarna tekstil (Wong et al., 2003; Chuah et al., 2005), penghasilan karbon teraktif (*activated carbon*) (Guo et al., 2003), silika (Yalcin & Sevinc, 2001) dan silikon tetraklorida (Seo et al., 2003). Sekam padi juga berpotensi dijadikan sumber tenaga bagi penjanaan elektrik (Natarajan et al., 1998; Mansaray et al., 1999; Jain & Goss, 2000). Sebuah syarikat tempatan, Organigro Sdn. Bhd. telah berjaya memasarkan secara komersial baja organik berdasarkan campuran sekam padi dan enapan tebu (*molases*) terpakai. Antara keistimewaan baja jenama *Organigro* ini ialah ia 100 peratus organik (tanpa campuran bahan kimia), mengandungi mikrob berguna, mempunyai agen peningkat kesuburan tanah dan penggalak pertumbuhan serta mesra alam (Utusan Malaysia, 2000).

Serbuk sekam padi (RHP) diperolehi daripada proses pengisaran sekam padi. RHP dikategorikan sebagai bahan lignoselulosik. Ia mengandungi 35% selulosa, 25% hemiselulosa, 20% lignin dan 17% abu (*ash*) per berat (Premalal et al., 2002). Penyelidikan terhadap penggunaan bahan lignoselulosik sebagai pengisi dan gentian di dalam bidang polimer bukanlah sesuatu yang asing. Ini dapat dilihat berdasarkan artikel-artikel yang telah diterbitkan sejak tahun 1950an lagi. Pengisi daripada bahan lignoselulosik mempunyai beberapa kelebihan jika dibandingkan dengan pengisi tak

organik iaitu ketumpatan rendah, ketercacatbentukan (*deformability*) yang besar, kurangnya pelelasan terhadap peralatan dan yang lebih penting, kosnya yang murah. Tambahan pula, pengisi lignoselulosik diperolehi daripada sumber yang boleh dibaharui dan tidak terhad, potensi yang masih tidak diterokai sepenuhnya dan sangat menarik untuk dikaji (Rozman & Wan Daud, 1999).

## **1.2. Kepentingan Kajian**

Dua tujuan utama penambahan pengisi di dalam sebatian getah asli ialah untuk menguatkan dan mengurangkan kos produk getah. Hal ini dilakukan kerana permintaan terhadap getah asli yang tinggi, harganya yang mahal dan pengeluaran yang rendah serta sukar untuk didapati (Lembaga Getah Malaysia, 2005). Pada masa kini, pengisi komersial seperti karbon hitam (CB) dan silika telah digunakan dengan meluas di dalam industri pembuatan tayar dan barang mekanik seperti tali sawat penyampai (*conveyor belts*), hos, gasket dan pengadang, profil, dan komponen-komponen anti gegaran (*anti-vibrating parts*) dalam industri automotif (SpecialChem, 2006). Namun begitu, ekoran ketidakstabilan ekonomi, maka berlakunya peningkatan kos penghasilan produk getah kerana harga pengisi komersial yang mahal. Situasi ini telah mendorong pengkaji mencari sumber lain yang lebih murah. Justeru, RHP yang mempunyai kandungan selulosa tinggi berpotensi sebagai alternatif kepada pengisi sebatian getah asli yang sedia ada. Potensi kejayaan penggunaan RHP sebagai pengisi dalam sebatian getah asli adalah bergantung kepada beberapa faktor iaitu:

- 1) Produk getah yang dihasilkan mempunyai kualiti yang lebih baik, atau setara mutunya berbanding produk asal.
- 2) Keperluan pengitaran semula RHP untuk memulihara serta mencegah pencemaran alam sekitar.
- 3) Pelbagai produk getah dapat dihasilkan melalui penggunaan RHP.

### **1.3. Objektif Kajian**

Kajian ini dijalankan bagi menentukan kesan penambahan RHP sebagai pengisi di dalam sebatian getah asli. Kajian ini dibahagi kepada tiga objektif utama iaitu:

- 1) Mengkaji sifat pematangan bagi sebatian NR terisi RHP. Pengujian sifat pematangan yang terlibat ialah masa pematangan, masa skorj, tork maksimum dan perbezaan tork pada sampel vulkanizat NR.
- 2) Mengkaji sifat mekanik bagi sebatian NR terisi RHP. Perubahan sifat mekanik diuji berdasarkan sifat tensil, kekerasan, dan kebingkasan.
- 3) Mengkaji kelakuan penggembungan bagi sebatian NR terisi RHP. Ujian ketahanan terhadap kelembapan persekitaran dilakukan dengan perendaman sampel vulkanizat NR di dalam air. Manakala ujian penggembungan terhadap pelarut aromatik (organik) dilakukan dengan perendaman sampel di dalam toluena.



## BAB 2

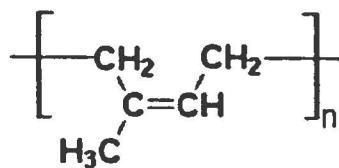
### KAJIAN LITERATUR

#### 2.1. Pengenalan

Bab ini bertujuan untuk menerangkan beberapa konsep dan prinsip-prinsip asas mengenai pemprosesan getah dan penggunaan pengisi di dalam sebatian getah.

#### 2.2. Getah Asli

Getah asli, *Hevea brasiliensis* gred komersial terdiri dari rantai hidrokarbon yang panjang dengan unit-unit ulangan, n isoprena (cis-1,4-poliisoprena) serta bahagian bukan getah. Struktur asas bagi getah asli ditunjukkan seperti di dalam Rajah 2.1.



Rajah 2.1.: Struktur asas bagi getah asli (cis-1,4-poliisoprena).

##### 2.2.1. Spesifikasi Teknikal Blok Getah Asli

Skim Piawaian Getah Malaysia (SMR) mula diperkenalkan pada tahun 1965. Langkah ini merupakan perkembangan yang penting di dalam penghasilan dan pemasaran getah asli secara spesifikasi teknikal. Ia juga bertujuan untuk memberi saingan terhadap getah sintetik di pasaran. Kaedah ini memberi kelebihan dari segi pemprosesan getah asli kerana lateks yang diproses berbentuk blok (bendela) boleh

digunakan secara terus oleh peralatan pemprosesan getah. Jadual 2.1 menyenaraikan beberapa spesifikasi getah asli berdasarkan piawaian Malaysia.

**Jadual 2.1.: Spesifikasi beberapa gred getah (RRIM) (Ismail & Hashim, 1998).**

Parameter	SMR L	SMR 5	SMR 10	SMR 20
Kekotoran yang ditahan di atas jaring 44 $\mu\text{m}$ (% berat maksimum)	0.03	0.05	0.10	0.20
Kandungan abu (% berat maksimum)	0.50	0.60	0.75	1.00
Kandungan nitrogen (% berat maksimum)	0.60	0.80	0.80	0.80
Bahan Meruap (% berat maksimum)	0.80	0.60	0.60	0.60
Keplastikan Cepat Wallace, min, P <sub>o</sub>	30.00	30.00	30.00	30.00
Indeks Penahanan Plastisiti (PRI), min%	60.00	60.00	5.00	40.00
Kod warna penanda	Hijau muda	Hijau muda	Coklat	Merah

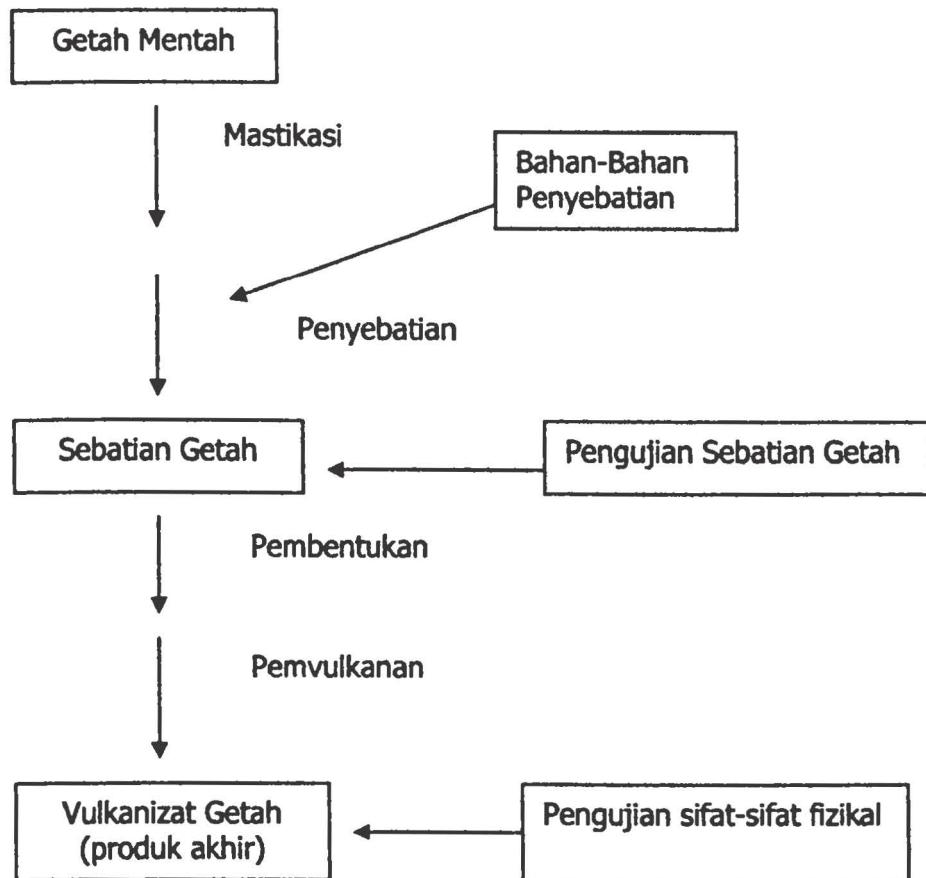
### **2.3. Pemprosesan Getah**

Rajah 2.2 menunjukkan langkah-langkah pemprosesan getah mentah menjadi vulkanizat getah. Dalam kes ini, pemprosesan hanya merujuk kepada getah kering (getah pukal) bukannya getah cair (lateks). Getah mentah merujuk kepada getah asli (NR) atau getah sintetik yang belum diproses. Pemprosesan getah melibatkan tiga proses utama iaitu mastikasi dan penyebatian, pembentukan dan pemvulkanan.

#### **2.3.1. Mastikasi dan Penyebatian**

Mastikasi boleh didefinisikan sebagai operasi pelembutan dan pengurangan kelikatan getah mentah. Ia melibatkan proses ricihan mekanik yang dilakukan ke atas getah mentah untuk menurunkan berat molekul dan meningkatkan kebolehprosesan getah. Proses ini sangat perlu bagi NR kerana ia mempunyai berat molekul yang tinggi secara semula jadi. Oleh itu, penurunan berat molekul amat penting untuk memudahkan pemprosesan terutamanya bagi keberkesanan serakan pengisi semasa penyebatian. Manakala kesan mastikasi dari segi berat molekul secara umumnya bagi

getah sintetik tidaklah begitu ketara kerana getah ini dihasilkan pada berat molekul yang sememangnya sesuai bagi proses penyebatan. Penyebatan pula ialah suatu proses pencampuran bahan-bahan penyebatan dengan getah mentah. Ia merupakan satu proses awal untuk menukar getah mentah kepada sebatian getah sebelum dilakukan pembentukan. Proses ini biasanya dimulakan dengan mericih getah menggunakan penggiling bergulung dua (*two roll mill*) atau pencampuran dalaman (*internal mixer*) untuk melembutkannya agar bahan-bahan penyebatan dapat dimasukkan ke dalam getah dengan mudah dan homogen.



**Rajah 2.2.: Pemprosesan getah mentah kepada vulkanizat getah (Ismail & Hashim, 1998).**

Resipi penyebatan biasanya terdiri daripada beberapa komponen, dengan setiap satu mempunyai fungsi yang khusus sama ada di dalam pembentukan, pemvulkanan, atau pengujian sifat-sifat fizikal vulkanizat getah. Bahan-bahan penyebatan terdiri daripada getah, pembantu pemprosesan, agen pemvulkanan, pemecut, pengaktif, penahan perosotan, pengisi dan pelembut.

- 1) Getah. Komponen asas di dalam penyebatan. Ia digunakan sama ada di dalam bentuk getah tunggal, gabungan atau adunan dua atau lebih jenis getah.
- 2) Pembantu pemprosesan. Bahan yang digunakan untuk meningkatkan kebolehprosesan getah semasa penyebatan dan pembentukan. Penambahan bahan ini dapat memberikan kebolehaliran dan kelikatan yang sesuai semasa pemprosesan tanpa mempengaruhi sifat-sifat fizikal vulkanizat getah.
- 3) Agen pemvulkanan. Bahan yang penting semasa pemvulkanan untuk menghasilkan ikatan sambung silang.
- 4) Pemecut. Bahan yang mengurangkan masa pemvulkanan dengan cara meningkatkan kadar pemvulkanan.
- 5) Pengaktif. Bahan yang membentuk kompleks kimia dengan cepat, seterusnya meningkatkan kadar pemvulkanan. Bagi sesetengah kes ia memberikan sifat-sifat fizikal vulkanizat getah yang lebih baik.
- 6) Penahan perosotan. Bahan yang digunakan untuk menghalang daripada berlakunya proses perosotan produk getah. Perosotan getah disebabkan oleh tindakan oksigen, ozon, cahaya, haba dan sinaran. Ia terdiri daripada antipengoksida dan antipengozon.
- 7) Pengisi. Bahan yang digunakan untuk mengubah atau memperkuatkan sifat-sifat fizikal getah atau untuk menurunkan kos penyebatan.

- 8) Pelembut. Bahan yang digunakan semasa penyebatian untuk memudahkan pencampuran bahan-bahan lain ke dalam getah, mengurangkan kekakuan getah atau menggantikan sebahagian daripada getah tanpa melibatkan penurunan sifat-sifat fizikal.

### **2.3.2. Pembentukan**

Pembentukan ialah proses penukaran sebatian getah kepada saiz dan bentuk seperti yang dikehendaki di dalam vulkanizat getah. Sebatian getah dapat dibentuk melalui salah satu daripada tiga cara berikut:

- 1) Menghimpit sebatian getah di antara pengulung dengan menggunakan pengkalender.
- 2) Memaksa sebatian getah menerusi satu orifis ke dalam satu acuan untuk mendapatkan bentuk yang dikehendaki dengan menggunakan pengekstrudan.
- 3) Memasukkan sebatian getah ke dalam satu acuan atau rongga yang mempunyai bentuk tertentu dan dikenakan tekanan sama ada dengan menggunakan pengacuan mampatan, pengacuan pemindahan atau pengacuan suntikan.

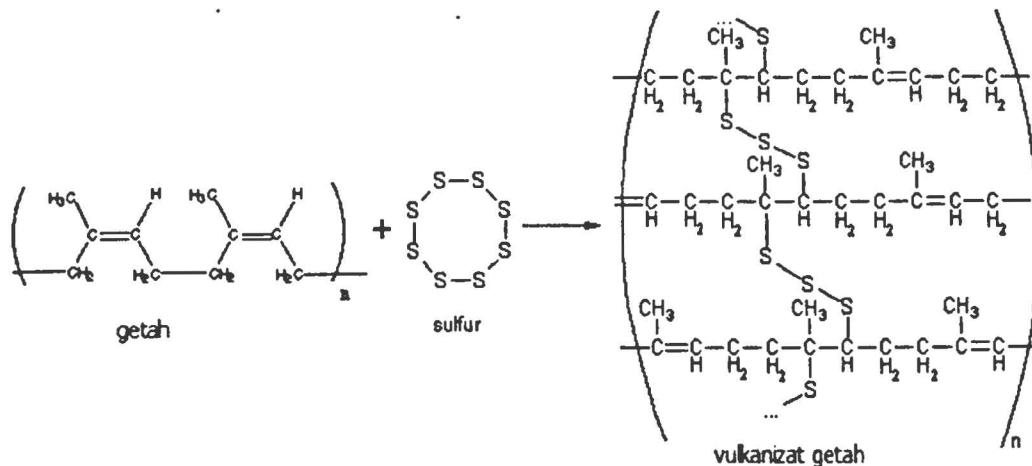
### **2.3.3. Pemvulkanan**

Pemvulkanan ialah proses menghubungkan atau mengikat rantai-rantai getah dengan ikatan kimia. Istilah pemvulkanan juga sering dikaitkan dengan pematangan dan penyambungsilangan. Ini kerana ia melibatkan tindak balas penyambungsilangan di antara rantai-rantai getah dengan agen pemvulkanan seperti sulfur dan dikumil peroksida. Bagaimanapun di dalam bab ini pemvulkanan sulfur sahaja akan dibincangkan.

Teknologi pemvulkanan sulfur telah ditemui oleh Charles Goodyear pada tahun 1839. Ia merupakan asas kepada pembinaan dan perkembangan industri getah di seluruh dunia. Kini, pemvulkanan getah bukan sahaja dengan unsur sulfur. Ia juga memerlukan bahan-bahan lain seperti pengaktif dan pemecut (pencepat). Contohnya, pemvulkanan NR hanya mengambil masa 10 minit atau kurang untuk mencapai darjah pematangan yang sesuai pada suhu 150°C. Ini dapat menjimatkan kos pemvulkanan getah berbanding dengan kaedah lama yang tidak praktik. Kaedah ini dirujuk sebagai pemvulkanan sulfur terpecut.

Di dalam pemvulkanan sulfur, ikatan sambung silang yang terhasil ialah ikatan sulfida ( $C-S-S-C$ ) seperti yang ditunjukkan di dalam Rajah 2.3. Getah yang telah disambungsilangkan dikenali sebagai getah tervulkan atau vulkanizat getah. Vulkanizat getah yang mengandungi pengisi penguat seperti karbon hitam dan silika, dirujuk sebagai vulkanizat diperkuatkan untuk memperbaiki sifat-sifat tertentu. Sementara, bagi vulkanizat getah yang tidak pengisi dirujuk sebagai vulkanizat gam.

Penghasilan produk getah melibatkan langkah penyambungsilangan supaya produk yang dibentuk mempunyai kestabilan dimensi dan bersifat kenyal. Sifat kekenyalan adalah aspek utama pada elastomer iaitu kecenderungan kembali ke bentuk asal selepas mengalami canggaan (*deformation*) apabila dikenakan daya mampatan atau tekanan (Nieuwenhuizen, 2001).



**Rajah 2.3.: Pemvulkanan sulfur (Answers Corporation, 2006).**

#### 2.3.4. Sistem Pemvulkanan Sulfur

Dalam perkembangan teknologi getah, penggunaan sistem pemvulkanan sulfur terpecah yang menggunakan bahan kuratif menjadi satu kemestian sejak penghujung tahun 1970an lagi (Nieuwenhuizen, 2001). Penggunaan bahan kuratif ini bukan sahaja dapat meningkatkan kadar pematangan dan memendekkan masa pematangan tetapi juga memberikan ciri-ciri pemprosesan dan sifat-sifat produk yang lebih baik. Bahan-bahan kuratif boleh dikelaskan kepada:

- 1) Agen pemvulkanan
- 2) Pengaktif
- 3) Pemecut
- 4) Perencat

Fungsi dan contoh bahan kuratif di atas ditunjukkan di dalam Jadual 2.2 dan Jadual 2.3. Pemecut dapat dibahagikan kepada pemecut primer dan pemecut sekunder. Kehadiran pengaktif dan pemecut dapat mengurangkan masa pematangan dengan meningkatkan kadar pematangan. Perencat dapat melambatkan berlakunya skorj untuk memberikan keselamatan semasa pemprosesan.

**Jadual 2.2.: Fungsi bahan kuratif (Ismail & Hashim, 1998).**

Agen pem vulkanan	Untuk membentuk sambung silang rantai-rantai getah
Pengaktif	Untuk mengaktifkan pemecut atau meningkatkan keberkesanan pemecut
Pemecut	Untuk mengurangkan masa pematangan dengan meningkatkan kadar pem vulkanan
Perencat	Untuk keselamatan pemprosesan yang lebih lama dengan melambatkan skorj

**Jadual 2.3.: Contoh bahan kuratif (Ismail & Hashim, 1998).**

Agen pem vulkanan	*Sulfur rombik, sulfur amorfus
Pengaktif	*Zink oksida, *asid stearik, litarj, magnesia dan amina
Pemecut	Difeniguanida (DFG), Zink dimetilditiokarbamat (ZDMC), Tetrametiltiuram disulfida (TMTD), 2-Merkaptobenzotiazol (MBT)-pemecut primer dan N-Sikloheksil-2-benzoltiozolsulfenamida (CBS)-pemecut primer
Perencat	Sebatian asid (ftalik anhidrida, asid salisiklik dan benzoik), N-nitrosodifenilamina, *N-sikloheksiltioftalamida (CTP)

\* = bahan yang lazimnya digunakan di dalam pem vulkanan

Penvulkanan sulfur terpecut boleh dibahagikan kepada tiga jenis sistem laitu:

- 1) Penvulkanan lazim (CV)
- 2) Penvulkanan cekap (EV)
- 3) Penvulkanan separa cekap (semi-EV)

Dalam penyebatan getah asli, amaun sulfur yang digunakan adalah di antara 0.3 bsg – 3.5 bsg dan amaun pemecut pula ialah di antara 0.5 bsg – 6.0 bsg. Kecekapan sambung silang (E), ditakrifkan sebagai jumlah bilang atom sulfur per satu sambung silang yang terbentuk. Nilai E yang lebih rendah bermaksud penggunaan sulfur sebagai agen sambung silang adalah lebih cekap atau berkesan. Dari segi kuantiti

kuratif dan formulasi yang digunakan bagi ketiga-tiga sistem ditunjukkan di dalam Jadual 2.4.

**Jadual 2.4.: Amaun Sulfur (S) dan Pemecut (A) bagi pelbagai sistem pemvulkanan (Ismail & Hashim, 1998).**

Sistem	S bsg	A bsg	Nilai E (hampir)
CV	2.0 – 3.5	1.0 – 0.5	8 – 25
Semi-EV	1.0 – 2.0	2.5 – 1.0	4 – 8
EV	0.3 – 1.0	6.0 – 2.0	1.5 – 4

## **2.4. Komposisi Kimia Bahan Lignoselulosik**

Sebagaimana yang telah dibincangkan di dalam Bab 1, RHP boleh dikelaskan sebagai bahan lignoselulosik. Bahan lignoselulosik terdiri daripada tiga komponen penting iaitu selulosa, hemiselulosa dan lignin. Bahan lignoselulosik juga mengandungi komponen minor seperti pektin, *wax*, dan bahan larut air (Bledzki & Gassan, 1999). Komposisi kimia bagi lignoselulosik telah dilaporkan di dalam kajian literatur oleh para penyelidik lain. Namun begitu, komposisi kimia adalah berbeza-beza mengikut spesies tumbuhan dan juga tumbuhan daripada spesies yang sama tetapi berlainan dari segi kedudukan geografi, umur, keadaan cuaca dan tanah.

### **2.4.1. Selulosa**

Selulosa ialah komponen utama di dalam lignoselulosik. Umumnya, selulosa ialah polimer kondensasi linear yang mengandungi unit-unit D-anhidroglukopiranosa (juga dikenali sebagai anhidroglukosa atau glukosa) disambungkan bersama dengan ikatan  $\beta$ -(1-4)-glukosidik (Bledzki & Gassan, 1999). Selulosa mengandungi hablur yang tinggi yang dianggarkan sebanyak 80% bahagian. Sementara 20% bahagian lagi untuk selulosa amorfus. Bahagian selulosa inilah yang memberi kekuatan kepada

## RUJUKAN

- Ahmad Fuad, M.Y., Rahmad Shukor, Mohd Ishak, Z.A. & Mohd Omar, A.K. 1994. Rice Husk Ash as a Filler In Polypropylene: Effect of Wax and Silane Coupling Agents. *Plastics, Rubber and Composites Processing and Application.* 21(4): 225 - 235.
- Ansarifar, A., Azhar, A., Ibrahim, N., Shah, S.F. & Lawton, J.M.D. 2005. The Use of a Silanised Silica Filler to Reinforce and Crosslink Natural Rubber. *International Journal of Adhesion and Adhesives.* 25(1): 77 - 86.
- Answers Corporation, 2006. (atas talian) <http://www.answers.com/topic/cross-link>. Dicetak 17 Oktober 2006.
- Bachmann, J.H., Sellers, J.W., Wagner, M.P. & Wolf, R.F. 1959. Fine Particle Reinforcing Silicas and Silicates in Elastomers. *Rubber Chemistry and Technology.* 32: 1286 - 1391.
- Bledzki, A.K. & Gassan, J. 1999. Composites Reinforced with Cellulose Based Fibers. *Progress Polymer Science.* 24: 221 - 274.
- Boonstra, B.B. 1971. *Reinforcement by Fillers.* Dalam Blow, C.M. & Hepburn, C.(Eds.). *Rubber Technology and Manufacture.* 2nd Ed., London: Butterworth Scientific, 269 - 308.
- Chuah, T.G., Jumasiah, A., Azni, I., Katayon, S. & Thomas Choong, S.Y. 2005. Rice Husk as a Potentially Low-Cost Biosorbent for Heavy Metal and Dye Removal: an Overview. *Desalination.* 175: 305 - 316.
- Cohan, L.H. 1948. The Mechanism of Reinforcement of Elastomers by Pigments. *Rubber Chemistry Technology.* 21: 667 - 681.
- Coleman, M.M. & Painter, P.C. 1995. Hydrogen Bonded Polymer Blends. *Progress in Polymer Science.* 20(1): 1-59.
- Columbian Chemicals Company, 2006. (atas talian) <http://www.columbianchemicals.com>. Dicetak 10 November 2006.



**UMS**  
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

Da Costa, H.M., Visconde, L.L.Y., Nunes, R.C.R. & Furtado, C.R.G. 2002. Mechanical and Dynamic Mechanical Properties of Rice Husk Ash-filled Natural Rubber Compounds. *Journal of Applied Polymer Science*. **83**: 2331 - 2346.

Dick, J.S.(Ed.) 2001. *Rubber Technology: Compounding and Testing for Performance*. Ohio: Hanser Gardner Publications, Inc.

Donnet, J.B. 1998. Black and White Fillers and Tire Compound. *Rubber Chemistry and Technology*. **71**(3): 323 - 341.

Donnet, J.B. & Voet, A. 1976. *Carbon black: Physics, Chemistry, and Elastomer Reinforcement*. New York: Marcel Dekker, Inc.

Espert, A. 2003. Natural Fibres/Polypropylene Composites from Residual and Recycled Materials: Surface Modification of Cellulose Fibers, Properties and Environmental Degradation. Stockholm: KTH, Fibre and Polymer Technology. Dalam [urn:nbn:se:kth:diva-1667-2](http://urn.nbn.se/urn:nbn:se:kth.diva-1667-2) (fulltext.pdf). (atas talian) <http://www.diva-potal.org>. Dicetak 30 Ogos 2006.

Etxabarren, C., Iriarte, M., Uriarte, C., Etxeberria, A. & Irurin J. J. 2002. Polymer-Solvent Interaction Parameters In Polymer Solutions at High Polymer Concentrations. *Journal of Chromatography A*. **969**(1): 245 - 254.

FAOSTAT Database, 2005. (atas talian) <http://www.lri.org/science/ricestat/pdfs/WRS2005-Table01.pdf>. Dicetak 23 Ogos 2006.

Fried, J.R. 1995. *Polymer Science and Technology*. New Jersey: Prentice-Hall, Inc.

Fries, H. & Pandit, R.R. 1981. Mastication of Rubber. *Rubber Chemistry and Technology*. **55**: 309 - 327.

Guo, Y., Yu, K., Wang, Z. & Xu, H. 2003. Effects of Activation Conditions on Preparation of Porous Carbon from Rice Husk. *Carbon*. **41**: 1645 - 1687.

Hall, C. 1981. *Polymer Materials: An Introduction for Technologists and Scientists*. London: Macmillan Press Ltd.

Hewitt, N. 1979. Compounding with Non-Carbon Black Fillers. Educational Symposium,#4, presented at a meeting of rubber division, American Chemistry Society, Cleveland, Ohio, October 23-26.

Hofmann, W. 1989. *Rubber Technology Handbook*. New York: Hanser Publishers.

Ishak, Z.A.M. & Bakar, A.A. 1995. An Investigation on the Potential of Rice Husk Ash as Fillers for Epoxidized Natural Rubber. *European Polymer*. **31**(3): 259 - 269.

Ismail, H. 2000. *Pengisian dan Penguatan Getah*. Pulau Pinang: Penerbit Universiti Sains Malaysia.

Ismail, H & Anuar, H. 2000. Palm Oil Fatty Acid as an Activator in Carbon Black Filled Natural Rubber Compounds: Dynamic Properties, Curing Characteristics, Reversion and Fatigue Studies. *Polymer Testing*. **19**(3): 349 - 359.

Ismail, H. & Chung, F.L. 1998. Partial Replacement of Silica by White Rice Husk Ash in Natural Rubber Compounds: The Effect of Bonding Agents. *Iranian Polymer*. **7**: 255 - 261.

Ismail, H., Freakley, P.K., Sutherland, I. & Sheng, E. 1995. Effects of Multifunctional Additive on Mechanical Properties of Silica Filled Natural Rubber Compound. *European Polymer*. **31**(11): 1109 - 1117.

Ismail, H., & Hashim, A.S. 1998. *Pengenalan Penyebatian dan Pemprosesan Getah*. Pulau Pinang: Penerbit Universiti Sains Malaysia.

Ismail, H., Nasaruddin, M.N. & Ishiaku, U.S. 1999a. White Rice Husk Ash Filled Natural Rubber Compounds: The Effect of Multifunctional Additive and Silane Coupling Agents. *Polymer Testing*. **18**: 287 - 298.

Ismail, H., Nasaruddin, M.N. & Rozman, H.D. 1999b. The Effect of Multifunctional Additive In White Rice Husk Ash Filled Natural Rubber Compounds. *European Polymer*. **35**: 1429 - 1437.

Ismail, H., Nordin, R. & Noor, A.M. 2002a. Cure Characteristics, Tensile Properties and Swelling Behaviour of Recycle Rubber Powder-Filled Natural Rubber Compounds. *Polymer Testing*. **21**: 565 - 569.

Ismail, H., Nordin, R. & Noor, A.M. 2002b. The Comparison Properties of Recycle Rubber, Carbon Black and Calcium Carbonate Filled Natural Rubber Compounds. *Polymer-Plastics Technology and Engineering*. **41**(5): 847 - 862.



Ismail, H., Rosnah, N. & Rozman, H.D. 1997. Curing Characteristics and Mechanical Properties of Short Oil Palm Fibre Reinforced Rubber Composites. *Polymer*. 36(16): 4056 - 4064.

Ismail, H., Rusli, A. & Rashid, A.A. 2005. Maleated Natural Rubber as a Coupling Agent for Paper Sludge Filled Natural Rubber Composites. *Polymer Testing*. 24: 856 - 862.

Jacques, J.E. 1985. *Rubber Compounding*. Dalam Blow, C.M. & Hepburn, C.(Eds.). Rubber Technology and Manufacture. 2nd Ed., London: Butterworth Scientific, 386 - 7522.

Jain, A.K. & Goss, J.R. 2000. Determination of Reactor Scaling Factors for Throatless Rice Husk Gasifier. *Biomass and Bioenergy*. 18: 249 - 256.

Kazayawoko, M. & Balatinecz, J.J. 1997. Adhesion Mechanisms In Woodfiber-Polypropylene Composites. dalam Proc. Woodfiber-Plastics Composites Conf. Madison, Wisconsin: Forest Prod. Soc., 81 - 93.

Kraus, G. 1978. Reinforcement of Elastomers by Carbon Black. *Rubber Chemistry and Technology*. 51: 297 - 321.

Kumnuantip, C. & Sombatsompop, N. 2003. Dynamic Mechanical Properties and Swelling Behaviour of NR/Reclaimed Rubber Blends. *Materials Letters*. 57: 3167 - 3174.

Lamba, R. & Ignatz-Hoover, F. 2001. Surface Treated Carbon Black Having Improved Dispersability in Rubber. *Patent Cooperation Treaty Application*: WO0192423.

Leblanc, J.L. 2002. Rubber-Filler Interactions and Rheological Properties in Filled Compounds. *Progress Polymer Science*. 27: 627 - 687.

Lembaga Getah Malaysia, 2005. (atas talian) <http://www.lgm.gov.my/nrstat/T7.htm>. Dicetak 14 September 2006.

Mansaray, K.G., Ghaly, A.E., Al-Taweel, A.M., Hamdullahpur, F. & Ugursal, V.I. 1999. Air Gasification of Rice Husk in a Dual Distributor Type Fluidized Bed Gasifier. *Biomass and Bioenergy*. 17: 315 - 332.

Matthan, R.K.(ed.). 1998. *Rubber Engineering*. New Delhi: Indian Rubber Institute, Tata McGraw-Hill Publishing Co. Ltd.

Medalia, A.I. 1978. Effect of Carbon Black on Dynamic Properties of Rubber Vulcanizates. *Rubber Chemistry and Technology*. **51**: 437 - 523.

Morrison, N.J. & Porter, M. 1984. Temperature Effects on The Stability of Intermediates and Crosslink in Sulfur Vulcanization. *Rubber Chemistry and Technology*. **57**: 63 - 68.

Morton, M. 1987. *Rubber Technology*. 3rd Ed., New York: Van Nostrand Reinhold.

Mukhopadhyay, R. & De, S.K. 1979. Effect of Vulcanization Temperature and Different Fillers on the Properties of Efficiently Vulcanized Natural Rubber. *Rubber Chemistry and Technology*. **52**: 263 - 277.

Natarajan, E., Nordin, A. & Rao, A.N. 1998. Overview of Combustion and Gasification of Rice Husk In Fluidzed Bed Reactors. *Biomass and Bioenergy*. **14**(5): 533 - 546.

Nieuwenhuizen, P.J. 2001. Zinc Accelerator Complexes: Versatile Homogeneous Catalysts In Sulfur Vulcanization. *Applied Catalysis A: General*. **207**: 55 - 68.

Payne, A.R. 1965. *Dynamic Properties of Filler-Loaded Rubbers*. Dalam Kraus, G.(ed.). *Reinforcement of Elastomers*. New York: Wiley - Interscience. 69 - 123.

Premalal, H.G.B., Ismail, H. & Baharin, A. 2002. Comparison of the Mechanical Properties of Rice Husk Powder Filled Polypropylene Composites with Talc Filled Polypropylene Composites. *Polymer Testing*. **21** (7): 833 - 839.

QualiTTest Inc., 2006. (atas talian) <http://www.WorldofTest.com/durometer.htm>.  
Dicetak 9 November 2006.

Razif Mohammed Nordin. 2003. *Potensi Penggunaan Serbuk Getah Kitar Semula Sebagai Pengisi dan Matriks di dalam Penyebatian Getah Asli*. Tesis Ijazah Sarjana Sains, Universiti Sains Malaysia. (Tidak diterbitkan).

Rozman, H.D. & Wan Daud, W.R. 1999. *Development of Oil Palm-Based Lignocellulose Polymer Blends*. Dalam Shonaike, G.O. & Simon, G.P.(eds.). *Polymer Blends and Alloys*. New York: Marcel Dekker, Inc. 719 - 737.

Rozman, H.D., Yeo, Y.S., Tay, G.S. & Abubakar, A. 2003. The Mechanical and Physical Properties of Polyurethane Composites Based on Rice Husk and Polyethylene Glycol. *Polymer Testing*. 22: 617 - 623.

Sanadi, A.R., Walz, K., Wieloch, L., Jacobson, R.E., Caulfield, D.F. & Rowell, R.M. 1995. Effect of Matrix Modification on Lignocellulosics Composite Properties. dalam Proc. Woodfiber-Plastics Composites: Virgin and Recycled Wood Fiber and Polymer for composites. Madison, Wisconsin: Forest Prod. Soc., 166 - 172.

Schaefer, R.J. 1995. Dynamic Properties of Rubber. *Rubber World*. 212:16 – 19.

Seo, E.S.M., Andreoli, M. & Chiba, R. 2003. Silicon Tetrachloride Production by Chlorination Method Using Rice Husk as Raw Material. *Journal of Material Processing Technology*. 141: 351 - 356.

Sereda, L., López-González, M.M., Visconte, L.L.Y., Nunes, R.C.R., Furtado, C.R.G. & Riande, E. 2003. Influence of Silica and Black Rice Husk Ash Fillers on The Diffusivity and Solubility of Gases in Silicone Rubbers. *Polymer*. 44(10): 3085 - 3093.

SpedalChem for Polymer Additives and Colors, 2006. (atas talian)  
<http://www.specialchem4polymers.com>. Dicetak 10 November 2006.

Studebaker, M.L. 1965. *Compounding with Carbon Black*. Dalam Kraus, G.(ed.). Reinforcement of Elastomers. New York: Wiley - Interscience. 319 - 403.

Studebaker, M.L. & Beatty, J.R. 1974. Effects of Compounding on Dynamic Mechanical Properties of Rubber. *Rubber Chemistry and Technology*. 47: 803 - 824.

Taourmis, G.T. 1991. *Science and Technology of Wood: Structure Properties and Utilization*. New York: Van Nostrand Reinhold.

Utusan Malaysia. 2000. Kaedah Baru Atasi Masalah Pencemaran Alam. *Utusan Malaysia*, 21 Mac: 8.

Waddell, W.H. & Evans, L.R. 1996. Use of Nonblack Fillers in Tire Compounds. *Rubber Chemistry and Technology*. 69: 377 - 423.

Wagner, M.P. 1976. Reinforcing Silicas and Silicates. *Rubber Chemistry and Technology*. **49**: 703 - 773.

Warner, J.C., Wotring, T.L., Wise, R.W & Sullivan, A.B. 1997. Innovations in Curemeter and Mooney Viscometer Technology. *Rubber World*. **215**(4): 35-42.

Wang, M.J. 1998. Effect of Polymer-Filler and Filler-Filler Interaction on Dynamic Properties of Filled Vulcanizates. *Rubber Chemistry and Technology*. **71**: 520 - 589.

Wong, K.K., Lee, C.K., Low, K.S. & Haron, M.J. 2003. Removal of Cu and Pb by Tartaric Acid Modified Rice Husk from Aqueous Solutions. *Chemosphere*. **50**: 23 - 28.

Wolff, S. & Wang, M.J. 1992. Filler-Elastomer Interactions Part IV: The Effect of the Surfaces Energies of Fillers on Elastomer Reinforcement. *Rubber Chemistry and Technology*. **65**: 329 - 342.

Yalcin, N. & Sevinc, V. 2001. Studies on Silica Obtained from Rice Husk. *Ceramics International*. **27**: 219 - 224.

Yang, H.H., Tsai, C.H., Chao, M.R., Su, Y.L. & Chien, S.M. 2006a. Source Identification and Size Distribution of Atmospheric Polycyclic Aromatic Hydrocarbons During Rice Straw Burning Period. *Atmospheric Environment*. **40**(7): 1266 - 1274.

Yang, H.S., Kim, H.J., Park, H.J., Lee, B.J. & Hwang, T.S. 2006b. Water Absorption Behavior and Mechanical Properties of Lignocellulosic Filler-Polyolefin Bio-Composites. *Composite Structures*. **72**(4): 429 - 437.

Zurina Mohamad. 2003. *Adunan Polistirena/Getah Stirena Butadiena Terisi Serbuk Sekam Padi*. Tesis Ijazah Sarjana Sains, Universiti Sains Malaysia. (Tidak diterbitkan).