

KESAN PENGLITUPAN KURATIF KE ATAS
SIFAT-SIFAT TENSIL FILEM LATEKS
GETAH ASLI

HAMIDAH HARAHAHAP

UNIVERSITI SAINS MALAYSIA

2010

**KESAN PENGLITUPAN KURATIF KE ATAS
SIFAT-SIFAT TENSIL FILEM LATEKS GETAH
ASLI**

oleh

HAMIDAH HARAHAHAP

Tesis yang diserahkan untuk
memenuhi keperluan bagi Ijazah
Doktor Falsafah

2010

ISTIMEWA UNTUK

Ayah dan emak tercinta

DR. H. M. Junus Harahap SE.

Hj. Halimah Nasution.

Suami tercinta

Irmansyah Batubara SH. SpN

Belahan jiwa

Irham Sophian Batubara.

Ichsan Aulia Batubara

Maghfirah Naziha Batubara

Yumna Azahra Batubara

Ahmed Rizky Hariri Batubara

Terima kasih atas sokongan dan dorongan semangat yang diberikan sepanjang masa belajar, sekali lagi terima kasih untuk suamiku dan anak-anaku.

PENGHARGAAN

Alhamdulillah puji dan syukur kehadiran Allah SWT kerana dengan keredaanNya projek penyelidikan dan tesis ini dapat diselesaikan

Saya ingin merakamkan ucapan ribuan terima kasih dan penghargaan yang tidak terhingga kepada penyelia utama saya, Prof Madya Dr. Baharin Azahari atas segala panduan, bimbingan, tunjuk ajar dan ide-ide beliau cemerlang dalam menjalankan penyelidikan dan penulisan tesis ini. Sokongan yang diberikan oleh beliau merupakan mangkin utama yang memotivasikan kejayaan penyelidikan ini. Ucapan penghargaan ini juga ditujukan kepada penyelia bersama projek penyelidikan ini, Prof. Madya Dr. Mas Rosemal Hakim bin Mas Haris. Segala tunjuk ajar yang diberikan beliau sangat bermakna dalam mencapai kejayaan ini. Ucapan terima kasih saya rakamkan kepada Prof Hanafi bin Ismail yang banyak membantu untuk mencapai kejayaan.

Ucapan terima kasih yang tidak terhingga kepada Dekan dan semua staf Pusat Pengajian Kejuruteraan Bahan dan Sumber Mineral USM atas segala kerjasama dan bantuan yang diberikan. Tidak lupa juga ucapan terima kasih kepada pembantu-pembantu makmal yang terlibat dalam projek penyelidikan saya iaitu En. Md. Zandar Md. Saman, Mr. Gunanasegaram a/l N.B. Dorai, En. Mohammad Hassan, En. Mohd. Faizal Mohd Kassim dan En. Mohd. Rokman Mat Nasir.

Penghargaan teristimewa buat rakan-rakan seperjuangan Dr. Salmah, Siti Maznah, saya mengucapkan terima kasih atas segala dorongan semangat dan bantuannya. Ucapan terima kasih untuk kawan yang di Medan iaitu Lisnawita,

Khairunisa, Renita Manurung dan Samson Sitorus terima kasih atas semangat yang diberikan. Terima kasih juga saya ucapkan kepada ibu-ibu serantau dirumah Antara Bangsa, bu Rosidah, Yunita, bu Izwani, bu Kartini, Diden, Husmiaty, bu Risna, Lindawati, Erna dan bu Azizah.

Akhirnya terima kasih saya ucapkan kepada abang dan kakak saya DR.H. Muhd Darwin SE, Dra. Hj. Nurlela Hayati MBA. SPsi, Ir. Hj. Ummi Kalsum MM, H. Hamdani SE, Hj. Masitah, adik saya H. Ben Yamin SE atas sokongan yang diberikan. Ucapan terima kasih kepada semua yang terlibat selama projek ini dijalankan. Jasa anda semua tidak akan saya lupakan.

Hamidah Harahap

JADUAL KANDUNGAN

	Muka surat
PENGHARGAAN	ii
JADUAL KANDUNGAN	v
SENARAI JADUAL	xi
SENARAI RAJAH	xii
SENARAI SIMBOL	xx
SENARAI SINGKATAN	xxi
SENARAI PENERBITAN DAN SEMINAR	xxii
ABSTRAK	xxiii
ABSTRACT	xxv
BAB 1. PENGENALAN	
1.1 Pengenalan	1
1.2 Objektif penyelidikan	3
BAB 2. KAJIAN LITERATUR	5
2.1 Lateks getah asli	5
2.2 Pemprosesan lateks getah asli	5
2.2.1 Ramuan penyebatian lateks	7
2.3 Mekanisme pematangan lateks	20
2.3.1 Pematangan sebatian lateks GA	21
2.3.2 Kaedah pencelupan	24
2.4 Mekanisme pembentukan filem lateks GA	31
2.4.1 Teori ikatan valens primer	32
2.4.2 Teori ikatan adesif simen	33

2.4.3	Teori ikatan valens sekunder	34
2.5	Sifat-sifat tensil	36
2.5.1	Perosotan pada sifat-sifat tensil	43
2.6	Pematangan filem lateks GA menggunakan kaedah penglitupan kuratif	46
BAB 3. BAHAN DAN EKSPERIMEN		48
3.1	Bahan-bahan	48
3.2	Peralatan	48
3.3	Tatacara eksperimen	50
3.3.1	Formulasi penyebatian	50
3.3.1.1	Penyediaan formulasi lateks GA	50
3.3.1.2	Formulasi kuratif	50
3.3.2	Proses pencelupan lateks GA	51
3.3.2.1	Penyediaan koagulan	51
3.3.2.2	Pembersihan plat pembentuk	51
3.3.2.3	Proses pencelupan	52
3.3.3	Proses pelucutan	53
3.3.4	Parameter kajian	54
3.3.5	Kesan masa dan suhu rendaman serta masa dan suhu pengeringan terhadap sifat-sifat tensil filem lateks	54
3.3.6	Kesan kepekatan kuratif pada sifat-sifat filem yang terhasil	55
3.3.7	Kesan ketebalan pada sifat-sifat filem yang terhasil pada masa dan suhu rendaman serta masa serta masa dan suhu pengeringan yang berbeza	55
3.3.8	Kesan luas kawasan sambung silang pada sifat-sifat filem	56
3.3.9	Penyediaan sebatian lateks GA dengan kaedah pra-pemvulkanan konvensional	63

3.4	Ujian yang dilakukan pada filem	66
3.4.1	Ujian pembengkakan keseimbangan	66
3.4.2	Ujian tensil	67
3.4.3	Mikroskop penskanan elektron	69
BAB 4.	KESAN MASA DAN SUHU RENDAMAN DAN PENDINGINAN TERHADAP SIFAT-SIFAT TENSIL FILEM LATEKS GA	70
4.1	Pendahuluan	70
4.2	Ketumpatan sambung silang	70
4.3	Modulus	75
4.4	Kekuatan tensil	78
4.5	Pemanjangan pada takat putus	81
4.6	Perbandingan kesan masa dan suhu pendinginan pada sifat-sifat tensil filem yang dihasilkan dengan kaedah penglitupan kuratif dengan kaedah pra-pemvulkanan konvensional	85
4.6.1	Penyediaan filem	85
4.6.2	Ketumpatan sambung silang	85
4.6.3	Modulus	88
4.6.4	Kekuatan tensil	88
4.6.5	Pemanjangan pada takat putus	89
BAB 5.	KESAN KEPEKATAN KURATIF PADA SIFAT-SIFAT FILEM YANG DIHASILKAN DENGAN MASA DAN SUHU RENDAMAN SERTA MASA DAN SUHU PENDINGINAN YANG BERBEZA	91
5.1	Pendahuluan	91
5.2	Kesan kepekatan kuratif ke atas ketumpatan sambung silang	91
5.3	Kesan kepekatan kuratif ke atas modulus	98
5.4	Kesan kepekatan kuratif ke atas kekuatan tensil	103
5.5	Kesan kepekatan kuratif ke atas pemanjangan pada takat putus	109

5.6	Kesan bagi filem yang disaluti kuratif pada dua permukaan	114
5.6.1	Ketumpatan sambung silang	114
5.6.2	Modulus	117
5.6.3	Kekuatan tensil	119
5.6.4	Pemanjangan pada takat putus	121
BAB 6	KESAN KETEBALAN FILEM, MASA DAN SUHU RENDAMAN SERTA MASA DAN SUHU PENGERINGAN PADA SIFAT-SIFAT FILEM YANG DIHASILKAN	123
6.1	Pendahuluan	123
6.2	Kesan ketebalan filem ke atas ketumpatan sambung silang	123
6.3	Kesan ketebalan filem ke atas modulus	134
6.4	Kesan ketebalan filem ke atas kekuatan tensil	139
6.5	Kesan ketebalan filem ke atas pemanjangan pada takat putus	144
6.6	Perbandingan kesan ketebalan pada sifat filem yang dihasilkan dengan kaedah pra-pemvulkanan konvensional dengan kaedah penglitupan kuratif	148
6.6.1	Penyediaan filem	148
6.6.2	Kesan ketebalan filem ke atas ketumpatan sambung silang	148
6.6.3	Kesan ketebalan filem ke atas modulus	150
6.6.4	Kesan ketebalan filem ke atas kekuatan tensil	151
6.6.5	Kesan ketebalan filem ke atas pemanjangan pada takat putus	152
BAB 7	KESAN KAWASAN PERMUKAAN FILEM YANG TERSAMBUNG SILANG DENGAN KAWASAN PERMUKAAN FILEM YANG TAK TERSAMBUNG SILANG PADA SIFAT-SIFAT TENSIL FILEM LATEKS GETAH ASLI	154
7.1	Pendahuluan	154

7.2	Hubungkait luas kawasan filem yang disaluti kuratif ke atas ketumpatan sambung silang	155
7.3	Kesan kawasan filem yang disaluti kuratif ke atas modulus filem	159
7.4	Kesan nisbah kawasan filem yang disaluti kuratif ke atas kekuatan tensil	161
7.5	Kesan nisbah kawasan filem yang disaluti kuratif ke atas pemanjangan pada takat putus	162
7.6	Kesan nisbah kawasan filem yang disaluti kuratif ke atas sifat-sifat filem	164
7.6.1	Kesan nisbah kawasan filem yang disaluti kuratif ke atas ketumpatan sambung silang	165
7.6.2	Kesan nisbah kawasan filem yang disaluti kuratif ke atas modulus	165
7.6.3	Kesan nisbah kawasan yang disaluti kuratif ke atas kekuatan tensil	166
7.6.4	Kesan nisbah kawasan filem yang disaluti kuratif ke atas pemanjangan pada takat putus	167
7.7	Hubungkait antara sifat-sifat tensil dengan kawasan filem yang disaluti kuratif	168
7.7.1	Hubungkait antara sifat-sifat tensil dengan nisbah kawasan filem yang disaluti kuratif antara kaedah 1 dengan kaedah 2 ke atas modulus	168
7.7.2	Hubungkait antara sifat-sifat tensil dengan kawasan filem yang disaluti kuratif antara kaedah 1 dengan kaedah 2 ke atas kekuatan tensil	171
7.7.3	Hubungkait antara sifat-sifat tensil dengan nisbah kawasan filem yang disaluti kuratif antara kaedah 1 dengan kaedah 2 ke atas pemanjangan pada takat putus	173
BAB 8 KESIMPULAN		175
8.1	Kesimpulan	175
8.2	Cadangan kajian lanjutan	177
RUJUKAN		179

LAMPIRAN		189
Lampiran A	Ujian Spesifikasi Lateks GA	189
Eksperimen 1:	Pengukuran kandungan pepejal lateks GA (TSC)	189
Eksperimen 2 :	Pengukuran kandungan getah kering lateks GA	191
Eksperimen 3:	Pengukuran kandungan alkali lateks GA	193
Eksperimen 4:	Pengukuran kestabilan mekanikal lateks GA	195
Lampiran B	Pembersihan plat kaca (pembentuk)	197
Lampiran C	Rumus untuk pencairan bahan-bahan	199
Lampiran D	Pengiraan ketumpatan sambung silang kaedah pembengkakan keseimbangan	200
Lampiran F	Senarai Persidangan	202

SENARAI JADUAL

		Muka surat
Jadual 2.1	Formulasi umum untuk sebatian lateks	22
Jadual 3.1	Peralatan yang diguna dalam penyelidikan bersama dengan fungsinya	48
Jadual 3.2	Formulasi penyebatian lateks getah asli	50
Jadual 3.3	Formulasi 3% kuratif sulfur, ZDEC, ZnO	51
Jadual 3.4	Formulasi penyebatian koagulan	51
Jadual 3.5	Formulasi untuk penyediaan lateks dan antikoksidan dengan ketebalan yang berbeza.	56
Jadual 3.6	Formulasi bagi filem lateks berdasarkan bahagian peratus getah	63
Jadual A.1	Kandungan pepejal lateks GA (TSC)	190
Jadual A2	Kandungan getah kering lateks GA (DRC)	192
Jadual A3	Pengiraan kealkalian bagi lateks GA	194
Jadual C.1	Ramuan untuk penyediaan 10 % kuratif	199
Jadual C.2	Ramuan untuk penyediaan 50 % kuratif	199

SENARAI RAJAH

		Muka surat
Rajah 2.1	Carta aliran proses pencelupan berkoagulan	7
Rajah 2.2	Kesan pengaktif dan pemecut ke atas kekuatan tensil filem lateks getah asli yang disambung silang dengan sulfur pada suhu 93 °C	8
Rajah 2.3	Kesan peningkatan sulfur ke atas modulus pada 300% pemanjangan	10
Rajah 2.4	Struktur asid dithiokarbamat terganti	11
Rajah 2.5	Perbandingan efisiensi sambung silang daripada pemecut ZDEC, ZMBT, DPG dan ZMBT dalam vulkanisasi filem lateks GA	12
Rajah 2.6	Pengaruh zink oksida terhadap sambung silang lateks getah asli pada prapemvulkan 70 °C	14
Rajah 2.7	Mekanisme pengguntingan rantai	17
Rajah 2.8	Pembentukan radikal peroksida dari mekanisme pengguntingan rantai	18
Rajah 2.9	Kesan anti-pengoksidaan terhadap kadar penyerapan oksigen bagi filem getah asli tervulkan	19
Rajah 2.10	Struktur AO 2246	19
Rajah 2.11	Skematik mekanisme pematangan lateks	21
Rajah 2.12	Pembentukan penyambung valen primer antara zarah lateks berhampiran sabun logam yang terjepap	28
Rajah 2.13	Kesan masa rendaman pada enapan dalam pencelupan koagulan dengan menggunakan 30% kalsium nitrat	29
Rajah 2.14	Ilustrasi mekanisme pembentukan sambung silang partikle-zarah daripada pemvulkanan sebatian lateks	32
Rajah 2.15	Struktur pembentukan filem daripada prapemvulkanan lateks mengikut teori ikatan valens primer	33
Rajah 2.16	Ilustrasi daripada teori simen untuk pembentukan filem lateks getah asli yang kuat dan koheren	34

Rajah 2.17	Skematik ilustrasi daripada interaksi penarikan valens sekunder antara segmen molekul-molekul daripada pasangan zarah-zarah	35
Rajah 2.18	Kesan sambung- silang keatas kekuatan tensil	37
Rajah 2.19	Penerangan skematik bagi ketumpatan sambung silang tinggi yang akan memberi kekuatan tensil yang rendah	41
Rajah 2.20	Kesan daripada masa pra-pemvulkanan dan jenis media pelarutresapan keatas kekuatan tensil untuk pemvulkanan lateks getah asli	43
Rajah 3.1	Plat kaca untuk pembentukan filem lateks GA	52
Rajah 3.2(a-f)	Jumlah kawasan yang disaluti kuratif bagi filem lateks GA	58
Rajah 3.3(a-e)	Luas kawasan yang disaluti kuratif filem lateks GA (kaedah 2)	60
Rajah 3.4	Carta aliran pemprosesan bagi filem lateks GA dengan kaedah penglitupan kuratif	61
Rajah 3.5	Carta aliran pemprosesan bagi filem lateks GA dengan kaedah yang disaluti kuratif	62
Rajah 3.6	Carta aliran pemprosesan bagi filem lateks GA dengan kaedah pra-pemvulkanan konvensional	65
Rajah 3.7	Bentuk dumbel bagi ujian tensil	68
Rajah 4.1(a,b,c)	Kesan suhu dan masa rendaman serta suhu dan masa pengeringan ke atas ketumpatan sambung silang	72
Rajah 4.2	Mikrograf SEM bagi filem yang direndam pada suhu rendaman 50 °C dan masa rendaman 30 minit serta suhu pengeringan 110 °C dan masa pengeringan 10 minit dengan pembesaran 500X	74
Rajah 4.3	Mikrograf SEM bagi filem yang direndam pada suhu rendaman 70 °C dan masa rendaman 30 minit serta suhu pengeringan 110 °C dan masa pengeringan 10 minit dengan pembesaran 500X	74
Rajah 4.4	Mikrograf SEM bagi filem yang direndam pada suhu rendaman 80 °C dan masa rendaman 30 minit serta suhu pengeringan 110 °C dan suhu pengeringan 10	75

	minit dengan pembesaran 500X	
Rajah 4.5(a,b,c)	Kesan suhu dan masa rendaman serta suhu dan masa pengeringan ke atas M_{300}	77
Rajah 4.6(a,b,c)	Kesan suhu dan masa rendaman serta suhu dan masa pengeringan ke atas kekuatan tensil	80
Rajah 4.7(a,b,c)	Kesan suhu dan masa rendaman serta suhu dan masa pengeringan ke atas pemanjangan pada takat putus	83
Rajah 4.8	Mikrograf SEM bagi filem yang direndam pada suhu rendaman 70 °C dan masa rendaman 60 minit serta suhu pengeringan 110 °C dan masa pengeringan 10 minit dengan pembesaran 500X	84
Rajah 4.9	Mikrograf SEM bagi filem yang direndam pada suhu rendaman 70 °C dan masa rendaman 60 minit serta suhu pengeringan 120 °C dan masa pengeringan 10 minit dengan pembesaran 500x	84
Rajah 4.10	Perbandingan kesan kaedah penglitupan kuratif dan kaedah pencelupan pra-tervulkan ke atas ketumpatan sambung silang bagi filem yang direndam pada suhu 15 minit dan masa prapemvulkanan 15 minit	87
Rajah 4.11	Perbandingan kesan kaedah penglitupan kuratif dan kaedah pencelupan pra-tervulkan ke atas M_{300} bagi filem yang direndam pada suhu 15 minit dan masa prapemvulkanan 15 minit	88
Rajah 4.12	Perbandingan kesan kaedah penglitupan kuratif dan kaedah pencelupan pra-tervulkan ke atas kekuatan tensil bagi filem yang direndam pada suhu 15 minit dan masa prapemvulkanan 15 minit	89
Rajah 4.13	Perbandingan kesan kaedah penglitupan kuratif dan kaedah pencelupan pra-tervulkan ke atas pemanjangan pada takat putus bagi filem yang direndam pada suhu 15 minit dan masa prapemvulkanan 15 minit	90
Rajah 5.1(a,b,c)	Kesan kepekatan kuratif bagi filem yang direndam pada suhu 50 °C ke atas ketumpatan sambung silang	93
Rajah 5.2(a,b,c)	Kesan kepekatan kuratif bagi filem yang direndam pada suhu 70 °C ke atas ketumpatan sambung silang	94
Rajah 5.3(a,b,c)	Kesan kepekatan kuratif bagi filem yang direndam pada suhu 80 °C ke atas ketumpatan sambung silang	95

Rajah 5.4	Mikrograf SEM bagi filem yang direndam pada suhu rendaman 70 °C, suhu pengeringan 110 °C dan masa pengeringan 10 minit serta kepekatan kuratif 3% dengan pembesaran 500X	96
Rajah 5.5	Mikrograf SEM bagi filem yang direndam pada suhu rendaman 70 °C, suhu pengeringan 110 °C dan masa pengeringan 10 minit serta kepekatan kuratif 10% dengan pembesaran 500X	97
Rajah 5.6	Mikrograf SEM bagi filem yang direndam pada suhu rendaman 70 °C, suhu pengeringan 110 °C dan masa pengeringan 10 minit serta kepekatan kuratif 50% dengan pembesaran 500X	97
Rajah 5.7(a,b,c)	Kesan kepekatan kuratif bagi filem yang direndam pada suhu 50 °C keatas M ₃₀₀	100
Rajah 5.8(a,b,c)	Kesan kepekatan kuratif bagi filem yang direndam pada suhu 70 °C ke atas M ₃₀₀	101
Rajah 5.9(a,b,c)	Kesan kepekatan kuratif bagi filem yang direndam pada suhu 80 °C ke atas M ₃₀₀	102
Rajah 5.10(a,b,c)	Kesan kepekatan kuratif bagi filem yang direndam pada suhu 50 °C ke atas kekuatan tensil	106
Rajah 5.11(a,b,c)	Kesan kepekatan kuratif bagi filem yang direndam pada suhu 70 °C ke atas kekuatan tensil	107
Rajah 5.12(a,b,c)	Kesan kepekatan kuratif bagi filem yang direndam pada suhu 80 °C ke atas kekuatan tensil	108
Rajah 5.13(a,b,c)	Kesan kepekatan kuratif bagi filem yang direndam pada suhu 50 °C ke atas pemanjangan pada takat putus	111
Rajah 5.14(a,b,c)	Kesan kepekatan kuratif bagi filem yang direndam pada suhu 70 °C ke atas pemanjangan pada takat putus	112
Rajah 5.15(a,b,c)	Kesan kepekatan kuratif bagi filem yang direndam pada suhu 80 °C ke atas pemanjangan pada takat putus	113
Rajah 5.16(a,b,c)	Kesan suhu rendaman dan masa rendaman serta suhu dan masa pengeringan bagi filem yang dilitupi kuratif pada dua permukaan ke atas ketumpatan sambung silang	116

Rajah 5.17(a,b,c)	Kesan suhu dan masa rendaman serta suhu dan masa pengeringan bagi filem yang dilitupi kuratif pada kedua permukaan keatas M ₃₀₀	118
Rajah 5.18(a,b,c)	Kesan suhu dan masa rendaman serta suhu serta suhu dan masa pengeringan bagi filem yang dilitupi kuratif pada dua permukaan ke atas kekuatan tensil	120
Rajah 5.19(a,b,c)	Kesan suhu dan masa rendaman serta suhu dan masa pengeringan bagi filem yang disaluti kuratif pada dua permukaan ke atas pemanjangan pada takat putus	122
Rajah 6.1(a,b,c)	Kesan ketebalan filem lateks GA ke atas ketumpatan sambung silang untuk filem yang direndam pada suhu 50 °C	125
Rajah 6.2(a,b,c)	Kesan ketebalan filem lateks GA ke atas ketumpatan sambung silang untuk filem yang direndam pada suhu 70 °C	126
Rajah 6.3(a,b,c)	Kesan ketebalan filem lateks GA ke atas ketumpatan sambung silang untuk filem yang direndam pada suhu 80 °C	127
Rajah 6.4	Lubang pada filem sampel yang terhasil	131
Rajah 6.5	Gelembung udara pada sampel filem yang terhasil	131
Rajah 6.6	Lubang jarum pada sampel yang terhasil	131
Rajah 6.7	Mikrograf SEM bagi filem yang direndam pada suhu rendaman 70 °C, masa rendaman 5 minit, suhu pengeringan 110°C dan masa pengeringan 10 minit dan ketebalan filem 0.02-0.04 mm dengan pembesaran 500X	133
Rajah 6.8	Mikrograf SEM bagi filem yang direndam pada suhu rendaman 70 °C, masa rendaman 5 minit, suhu pengeringan 110 °C dan masa pengeringan 10 minit dan ketebalan filem 0.05-0.07 mm dengan pembesaran 500X	133
Rajah 6.9	Mikrograf SEM bagi filem yang direndam pada suhu rendaman 70 °C, masa rendaman 5 minit, suhu pengeringan 110 °C dan masa pengeringan 10 minit dan ketebalan filem 0.11-0.2 mm dengan pembesaran 500X	134

Rajah 6.10	Kesan ketebalan filem lateks GA ke atas M_{300} untuk filem yang direndam pada suhu 50 °C	136
Rajah 6.11(a,b,c)	Kesan ketebalan filem lateks GA ke atas M_{300} untuk filem yang direndam pada suhu 70 °C	137
Rajah 6.12(a,b,c)	Kesan ketebalan filem lateks GA ke atas M_{300} untuk filem yang direndam pada suhu 80 °C	138
Rajah 6.13(a,b,c)	Kesan ketebalan filem lateks GA ke atas kekuatan tensil untuk filem yang direndam pada suhu 50 °C	141
Rajah 6.14(a,b,c)	Kesan ketebalan filem lateks GA ke atas kekuatan tensil untuk filem yang direndam pada suhu 70 °C	142
Rajah 6.15(a,b,c)	Kesan ketebalan filem lateks GA ke atas kekuatan tensil untuk filem yang direndam pada suhu 80 °C	143
Rajah 6.16(a,b,c)	Kesan ketebalan filem lateks GA ke atas pemanjangan pada takat putus untuk filem yang direndam pada suhu 50 °C	145
Rajah 6.17(a,b,c)	Kesan ketebalan filem lateks GA ke atas pemanjangan pada takat putus untuk filem yang direndam pada suhu 70 °C	146
Rajah 6.18(a,b,c)	Kesan ketebalan filem lateks GA ke atas pemanjangan pada takat putus untuk filem yang direndam pada suhu 80 °C	147
Rajah 6.19	Kesan suhu pengeringan 110 °C dan masa pengeringan 10 minit ke atas ketumpatan sambung silang bagi pencelupan pra-pemvulkanan konvensional dengan kaedah pencelupan penglitupan kuratif.	149
Rajah 6.20	Kesan suhu pengeringan 110 °C dan masa pengeringan 10 minit ke atas M_{300} bagi pencelupan pra-pemvulkanan konvensional dengan kaedah pencelupan penglitupan kuratif	151
Rajah 6.21	Kesan suhu pengeringan 110 °C dan masa pengeringan 10 minit ke atas kekuatan tensil bagi pencelupan pra-pemvulkanan konvensional dengan kaedah pencelupan penglitupan kuratif.	152
Rajah 6.22	Kesan suhu pengeringan 110 °C dan masa pengeringan 10 minit ke atas pemanjangan pada takat putus bagi filem pra-pemvulkanan konvensional dengan kaedah penglitupan kuratif.	153

Rajah 7.1	Sambung silang pada permukaan filem lateks GA	156
Rajah 7.2	Ketumpatan sambung silang	157
Rajah 7.3	Banyaknya kawasan yang disambung silang	158
Rajah 7.4	Luas kawasan yang tersambung silang berbanding banyaknya kawasan yang tak tersambung silang	159
Rajah 7.5	Kesan nisbah kawasan yang disaluti kuratif dengan kawasan yang tak tersambung silang bagi filem lateks GA yang dikeringkan pada suhu 110 °C dan masa pengeringan 20 minit ke atas M ₃₀₀	160
Rajah 7.6	Banyaknya kawasan filem yang disaluti kuratif dengan kawasan filem yang tak disaluti kuratif	161
Rajah 7.7	Kesan nisbah kawasan yang disaluti kuratif dengan kawasan yang tak disaluti kuratif bagi filem lateks GA ke atas kekuatan tensil	162
Rajah 7.8	Kesan nisbah kawasan yang disaluti kuratif dengan kawasan yang tak disaluti kuratif bagi filem lateks GA ke atas pemanjangan pada takat putus	163
Rajah 7.9	Tegasan melawan terikan, nisbah kawasan filem yang disaluti kuratif	164
Rajah 7.10	Kesan nisbah kawasan yang disaluti kuratif dengan kawasan yang tidak disaluti kuratif bagi filem lateks GA dengan menggunakan kaedah 2 dikeringkan pada suhu 110 °C dan masa pengeringan 20 minit ke atas M ₃₀₀	166
Rajah 7.11	Kesan nisbah kawasan yang disaluti kuratif dengan kawasan yang tak disaluti kuratif bagi filem lateks GA dengan menggunakan kaedah 2 ke atas kekuatan tensil	167
Rajah 7.12	Kesan nisbah kawasan yang disaluti kuratif dengan kawasan yang tak disaluti kuratif bagi filem lateks GA dengan menggunakan kaedah 2 ke atas pemanjangan pada takat putus	168
Rajah 7.13	Kesan nisbah kawasan yang disaluti kuratif dengan kawasan yang tak disaluti kuratif bagi filem lateks GA ke atas M ₃₀₀ (kaedah 1)	170

Rajah 7.14	Kesan nisbah kawasan yang disaluti kuratif dengan kawasan yang tak disaluti kuratif bagi filem lateks GA ke atas M ₃₀₀ (kaedah 2)	170
Rajah 7.15	Kesan nisbah kawasan yang disaluti kuratif dengan kawasan yang tak disaluti kuratif bagi filem lateks GA ke atas kekuatan tensil (kaedah 1)	172
Rajah 7.16	Kesan nisbah kawasan yang disaluti kuratif dengan kawasan yang tak disaluti kuratif bagi filem lateks GA ke atas kekuatan tensil (kaedah 2)	172
Rajah 7.17	Kesan nisbah kawasan yang disaluti kuratif dengan kawasan yang tak disaluti kuratif bagi filem lateks GA ke atas pemanjangan pada takat putus (kaedah 1)	174
Rajah 7.18	Kesan nisbah kawasan yang disaluti kuratif dengan kawasan yang tak disaluti kuratif bagi filem lateks GA ke atas pemanjangan pada takat putus (kaedah 2)	174
Rajah 8.1	Luas kawasan yang tersambung silang dan tidak tersambung silang	178
Rajah B.1	Pembersihan pembentuk	197
Rajah B.2.	Proses pencelupan ke dalam lateks GA	198
Rajah B.3.	Alat proses pencelupan ke dalam lateks GA	198

SENARAI SIMBOL

%	peratus
$(2Mc)^{-1}$	ketumpatan sambung silang
ρ_{rv}	ketumpatan rangkaian getah
m	jisim
V	isipadu
∞	bahagian
l	panjang kawasan yang disaluti kuratif
L	panjang seluruh filem
t	tebal filem yang disaluti kuratif
c	ketebalan filem
w	lebar
EB	Pemanjangan pada takat putus

SENARAI SINGKATAN

ASTM	American standart of testing method
AO	Anti oksidan
bsg	Bahagian peratus getah
DT	Suhu pengeringan
DP	Masa pengeringan
DRC	Kandungan getah kering
GA	Getah asli
HA	Lateks beramonia tinggi
KOH	Potasium hidroksida
LA	Lateks beramonia rendah
MST	Ujian kestabilan mekanikal
M ₃₀₀	Tegasan pada 300% pemanjangan
phr	Seratus bahagian getah
PVME	Polivinil metal eter
rpm	Putaran per minit
RRIM	Institut Penyelidikan Getah Malaysia
SEM	Mikroskop penskanan elektron
VFA	Asid lemak meruap

SENARAI PENERBITAN DAN SEMINAR

		Muka surat
Kertas 1 (Abstrak)	Effect of Diffusion of Curatives on Tensile Properties of Natural Rubber Latex Films	200
Kertas 2 (Abstrak)	Morphology and Tensile Properties of Natural Rubber Latex Films With Diffusion of Curatives Method	201
Kertas 3 (Abstrak)	Effect of Drying Temperature on Tensile Properties of Natural Rubber Latex Films	202
Kertas 4 (Abstrak)	Effect of Soaking And Drying Temperature In Curatives On The Surface Morphology and Tensile Properties of NR Latex Films	203
Kertas 5 (Abstrak)	Effect of Concentration of Curatives on Tensile Properties of Natural Rubber Latex Films	204
Kertas 6 (Abstrak)	Effect of Soaking In Curatives On The Morphology and Tensile Properties of NR Latex Films	205

**KESAN PENGLITUPAN KURATIF KE ATAS SIFAT-SIFAT TENSIL
FILEM LATEKS GETAH ASLI**

ABSTRAK

Kajian dijalankan dengan menggunakan kaedah penglitupan kuratif untuk menghasilkan filem lateks yang tersambung silang. Melalui kaedah ini filem tersambung silang disediakan dengan merendam filem tersebut di dalam takungan kuratif dan diikuti dengan pengeringan. Sebatian lateks GA disediakan berasingan dengan bahan-bahan dispersi kuratif. Sebatian lateks GA hanya dicampur dengan anti oksidan sahaja dan filem yang terhasil dengan kaedah pencelupan berkoagulan kering kemudian direndam ke dalam sebatian kuratif untuk proses sambung silang. Kesan parameter rendaman (masa dan suhu) serta parameter pengeringan (masa dan suhu) terhadap sifat-sifat filem yang terhasil telah dikaji. Selain itu kesan kepekatan kuratif dan ketebalan filem juga dikaji. Dari keputusan yang diperolehi dapat dilihat bahawa penglitupan bahan kuratif pada filem berlaku dengan pembentukan sambung silang semasa rendaman dan semasa pengeringan filem. Pembentukan sambung silang semasa rendaman meningkat dengan peningkatan suhu rendaman. Manakala semasa pengeringan pembentukan sambung silang dipengaruhi oleh amaun kuratif yang melekat pada permukaan filem dan juga suhu pengeringan. Kesan kepekatan kuratif didapati tidak memberikan kesan yang ketara terhadap sifat-sifat filem yang terhasil walaupun masa dan suhu rendaman serta masa dan suhu pengeringan meningkat. Ini kerana filem yang direndam dengan kepekatan kuratif yang tinggi sifat-sifat filem tidak menunjukkan peningkatan sambung silang yang ketara. Apabila filem disaluti kuratif pada dua permukaan dengan kepekatan kuratif yang

rendah, sifat-sifat tensil filem yang terhasil adalah tinggi, berbanding dengan filem yang dilitupi kuratif berkepekatan tinggi dengan satu permukaan sahaja. Peningkatan kepekatan kuratif yang tinggi tidak memberikan kesan yang ketara pada sifat-sifat filem yang terhasil tetapi sifat-sifat tensil filem bergantung kepada nisbah pembentukan sambung silang pada permukaan filem. Kesan ketebalan filem pada sifat-sifat filem memberikan kesan yang ketara pada filem yang terhasil. Filem yang nipis, mempunyai ketumpatan sambung silang, M_{300} , dan kekuatan tensil yang tinggi berbanding dengan filem yang lebih tebal. Pada filem yang nipis pemanjangan pada takat putus adalah rendah berbanding filem yang tebal. Apabila suhu rendaman ditingkatkan kepada 80 °C didapati keputusan yang berbeza, diperolehi kekuatan tensil filem yang nipis mula menurun. Sifat akhir filem yang disediakan dengan menggunakan kaedah penglitupan kuratif ditentukan oleh sambung silang yang terbentuk pada permukaan filem. Ketumpatan sambung silang bergantung kepada nisbah kawasan permukaan filem yang tersambung silang dengan kawasan yang tak tersambung silang. Sambung silang yang terbentuk pada permukaan filem ini boleh ditentukan dengan nisbah keluasan kawasan permukaan filem yang dilitupi kuratif. Isipadu kawasan yang besar akan membentuk sambung silang yang tinggi dan ini akan meningkatkan sifat-sifat tensil daripada filem lateks yang terhasil.

EFFECT OF CURATIVES COATING ON TENSILE PROPERTIES OF NATURAL RUBBER LATEX FILMS

ABSTRACT

In this technique, cross-linked films were prepared by soaking the films in curatives tank followed by drying. The NR latex compound used only contains anti-oxidant and films produced by using the dry coagulant dipping technique. The resulting films were soaked in the curatives bath for cross-linking process. Effect of soaking parameters (time and temperature) and also drying conditions (time and temperature) on the properties of the resulting films were studied. Other parameters that were studied were curatives concentrations and films thickness. Results obtained showed that coating of the films with curatives by soaking in the curatives bath and followed by drying, produced cross-links on the surface of the films. Amount of cross-links formed during soaking increased with increasing soaking temperature, whilst the formation of cross-links during drying is influenced by the amount of the curatives on the surface of films as well as drying temperature. Effect of curatives concentration on the cross-linking is not significant. This is because films soaked in curatives of higher concentration did not show significant increase in the cross-links formation. When films are coated both sides with curatives, the tensile properties of these films coated only one side. Increasing curatives concentration did not give significant effect on the produced films but depends on the ratio of cross-links on the surface of the films. Effect of the films thickness on the films properties were significant. Thin films had crosslink density of M_{300} and a high tensile strength was directly proportional to the films thickness. Thin films had lower elongation at break

compared to that of thick films. When the soaking temperature is increased to 80 °C, the tensile strength of the thin films reduced. The properties of the films cured by curatives coating technique depend on the amount of cross-links formed on the surface of films. The cross-linked formed on the surface of films could be estimated using the area of films surface coated with curatives. The final properties of the latex films produced using curative coating method were determined by the crosslink formed at the films surface. Cross-link density depended on the ratio of cross-linked and non cross-linked areas. Crosslink formed at the films surface could be determined by the ratio of the films area coated with curative compound. A high area would form high cross-linked films with improved tensile properties.

BAB 1 PENGENALAN

1.1 Pengenalan

Kebelakangan ini, penggunaan lateks getah asli semakin meningkat di seluruh dunia walaupun pengeluarannya didapati makin menurun. Menurut Ringkasan Perangkaan Getah Bulanan Malaysia kesan ini turut dirasai di Malaysia. Jumlah pengeluaran bagi tempoh sembilan bulan pertama tahun 2008 menurun sebanyak 4.6 % berbanding tahun tempoh yang sama tahun 2007. Pada bulan Ogos 2008, nisbah jumlah pengeluaran dengan keluasan yang ditoreh dilaporkan sebanyak 128,6 kilogram (kg/hek). Berbanding dengan bulan Julai 2008, produktiviti menunjukkan penurunan sebanyak 1,1%. Bagi tahun atas tahun, produktiviti menurun sebanyak 15,5%. (<http://www.statistic.gov.my>, 2008). Harga purata lateks pekat tahun ke tahun meningkat sebanyak 16.2 % (<http://www.bernama.com>, 2008). Malaysia merupakan negara pengeluar utama sarung tangan perubatan berkualiti tinggi di dunia dan menyumbang kira-kira 65% daripada pasaran dunia (Ong et al, 1998). Umumnya getah lebih dari 4000 jenis produk digunakan oleh pengguna dan 400 adalah alat-alat dibidang kesihatan, kerana ianya mempunyai sifat-sifat yang tiada bandingannya seperti ketahanan, keterlenturan, pelepasan dan hentaman, rintangan koyak, kekenyalan dan daya tahan yang baik. (Cornish, 2001). Penggunaan lateks getah asli (GA) banyak digunakan dalam penghasilan sarung tangan dan kondom. Selain daripada itu terdapat juga produk-produk lateks lain yang dihasilkan daripada lateks getah asli (GA) seperti pita pelekat, kain pembalut lentur, pelapik getah, topeng pembedahan, pakaian dalam, pelapik elektrod, tiub

stetoskop dan belon. Kejayaan yang dicapai adalah hasil daripada kualiti sarung tangan yang berjaya dihasilkan serta kecemerlangan kerajaan dan pengeluar sarung tangan lateks getah asli (GA). Penggunaan sarung tangan lateks getah asli pakai buang meningkat dengan pesat selepas tahun 1987. Banyak produk-produk lateks GA untuk bidang perubatan ini tidak dapat dibuat dengan getah sintetik (Jan, 2006). Walau bagaimana pun industri sarung tangan lateks di negara kita berada dalam dilema, ini disebabkan oleh peningkatan harga lateks getah asli. Malaysia terpaksa bersaing dengan negara jiran yang mampu menghasilkan bahan alternatif berkos rendah seperti sarung tangan sintetik vinil.

Penghasilan produk lateks menggunakan kaedah pencelupan selalunya menggunakan lateks yang terlebih dahulu disebatikan dengan bahan-bahan kuratif. Lateks yang telah disebatikan ini selalunya menimbulkan masalah yang mana menghasilkan sisa dalam industri lateks. Sisa lateks akan terhasil apabila sebatian lateks menjadi lampau matang. Lampau matang terjadi disebabkan proses sambung silang yang terjadi di dalam sebatian lateks semasa penyimpanan dan pemprosesan. Lateks lampau matang ini tidak dapat digunakan untuk menghasilkan produk kerana ianya akan menghasilkan sifat-sifat filem yang rendah kualitinya dan ianya harus dibuang sebagai sisa. Sambung silang lampau matang yang terbentuk adalah disebabkan oleh bahan-bahan kuratif yang berada dalam lateks. Bahan-bahan kuratif ini menyebabkan sambung silang boleh berlaku dalam zarah-zarah lateks. Proses sambung silang ini tidak boleh dihindarkan kecuali kalau bahan-bahan kuratif habis terpakai atau sebatian lateks disejukkan pada suhu di bawah 20 °C. Jika tidak dilakukan pencegahan, lateks yang tersebati ini cenderung menjadi lampau matang.

(Baharin et al, 2001) Oleh yang demikian lateks sebagai sisa harus dibuang dan ini akan menambah kos, pembaziran dan mendatangkan masalah pembuangan di bawah peraturan ‘Akta Kualiti Alam Persekitaran’ (1974), ‘ Akta Kualiti Udara Bersih’ (1979), ‘Akta Ancaman Persekitaran’, (1992), (Sin, 1994).

Kecenderungan penggunaan sumber yang tersedia ada dan peningkatan kesedaran terhadap persekitaran telah membawa kepada penyelidikan dengan menggunakan kaedah penglitupan kuratif pada filem lateks getah asli. Kaedah pencelupan yang diubah suai ini

1.2 Objektif Penyelidikan

Berdasarkan kaedah pencelupan yang selalu digunakan, projek ini cuba untuk menggunakan kaedah yang berbeza, dimana lateks dimatangkan dengan menggunakan kaedah penglitupan filem dengan kuratif. Ini dicapai dengan merendam filem lateks didalam takungan kuratif. Tujuan utama kajian ini dijalankan adalah untuk menghasilkan filem lateks getah asli yang berkualiti tinggi serta tidak menjanakan sisa kerana lateks getah asli hanya disebatikan dengan anti oksidan sahaja kemudian direndam didalam kuratif. Kaedah ini memperkenalkan kaedah yang lebih mudah untuk menghasilkan barangan dari lateks getah asli.

Objektif penyelidikan adalah:

1. Proses menghasilkan sambung silang getah asli dengan menggunakan kaedah penglitupan kuratif.
2. Mengkaji kesan rendaman di dalam kuratif dan pengeringan terhadap sifat-sifat tensil filem yang terhasil.

3. Mengkaji kesan ketebalan filem dan kepekatan kuratif terhadap sifat-sifat tensil filem yang terhasil .
4. Mencadangkan hipotesis untuk menerangkan kesan masa dan suhu rendaman serta masa dan suhu pengeringan terhadap sifat-sifat tensil filem yang terhasil.

BAB 2 KAJIAN LITERATUR

2.1 Lateks getah asli

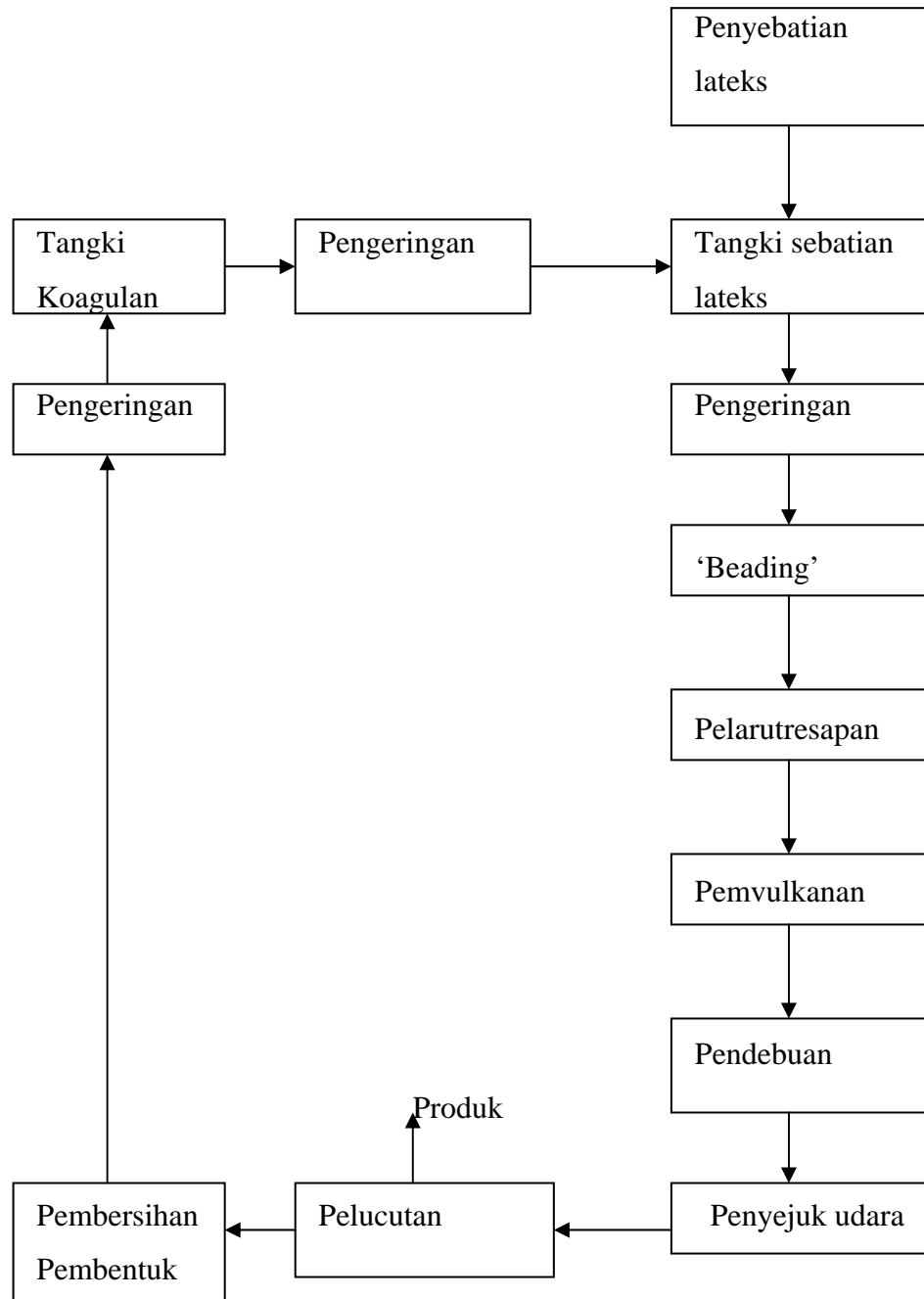
Lateks getah asli (GA) didapati daripada pokok *Hevea brasiliensis* yang berasal dari keluarga *Euphorbiaceae* telah dijumpai dikawasan tropika Amazon, Amerika Selatan sebelum dibawa ke benua lain. Lateks yang berasal dari pokok *hevea brasiliensis* ditemukan daripada kota Para negeri Brazil, dalam kimia dipanggil poliisoprena (Ciesielki, 1999; <http://ms.wikipedia.org>, 2007; Tan & Lau, 2006). *Hevea brasiliensis* adalah pokok yang tumbuh subur pada iklim tropika. Spesies ini hidup subur di kawasan yang bersuhu purata 80 °F (27 °C) dan mengalami penurunan hujan tahunan sebanyak 80 inci (200 cm), (Blackley, 1997). Lateks getah asli yang berasal daripada lateks *Hevea brasiliensis*, ialah cecair seperti susu yang diperolehi daripada proses penorehan batang pokok getah. Cecair ini adalah terdiri daripada 30-40% zarah hidrokarbon getah yang terkandung di dalam serum yang juga mengandungi protin, karbohidrat, dan komposisi-komposisi organik serta bukan organik yang lain (Ong *et al*, 1998; Esah & Paul, 2002).

2.2 Pemprosesan lateks getah asli

Pertukaran dari pemekatan cecair lateks getah asli menghasilkan barangan lateks getah asli seperti sarung tangan sangatlah kompleks. Umumnya lateks getah asli disediakan dengan kaedah pencelupan dan menambahkan bahan-bahan kimia untuk menghasilkan barangan yang mempunyai sifat-sifat fizikal yang baik. Bahan-bahan kimia disebatikan dengan lateks getah asli dan selanjutnya diletakkan dalam mesin pencelupan. Biasanya, kilang sarung tangan menggunakan pembentuk daripada seramik untuk proses pencelupan.

Sarung tangan dari lateks (sarung tangan pemeriksaan, sarung tangan pembedahan atau sarung tangan kegunaan rumah) dihasilkan dengan menggunakan kaedah pencelupan berkoagulan kering. Rajah 2.1. menunjukkan carta aliran penghasilan sarung tangan pemeriksaan menggunakan kaedah pencelupan berkoagulan kering. Carta aliran penghasilan sarung tangan yang lain tidak banyak berbeza dari sarung tangan pemeriksaan.

Dari Rajah 2.1. boleh dilihat langkah pertama penghasilan sarung tangan pemeriksaan ialah proses penyebatian lateks. Selepas penyebatian, barulah lateks dimasukkan ke dalam tangki lateks untuk pencelupan. Dari rajah ini, boleh dilihat tempat atau langkah yang akan menjanakan sisa lateks ialah semasa penyebatian dan semasa ditangki sebatian lateks. Langkah-langkah lain tidak menghasilkan sisa lateks tetapi akan menjanakan sisa produk seperti produk yang mempunyai kecacatan.



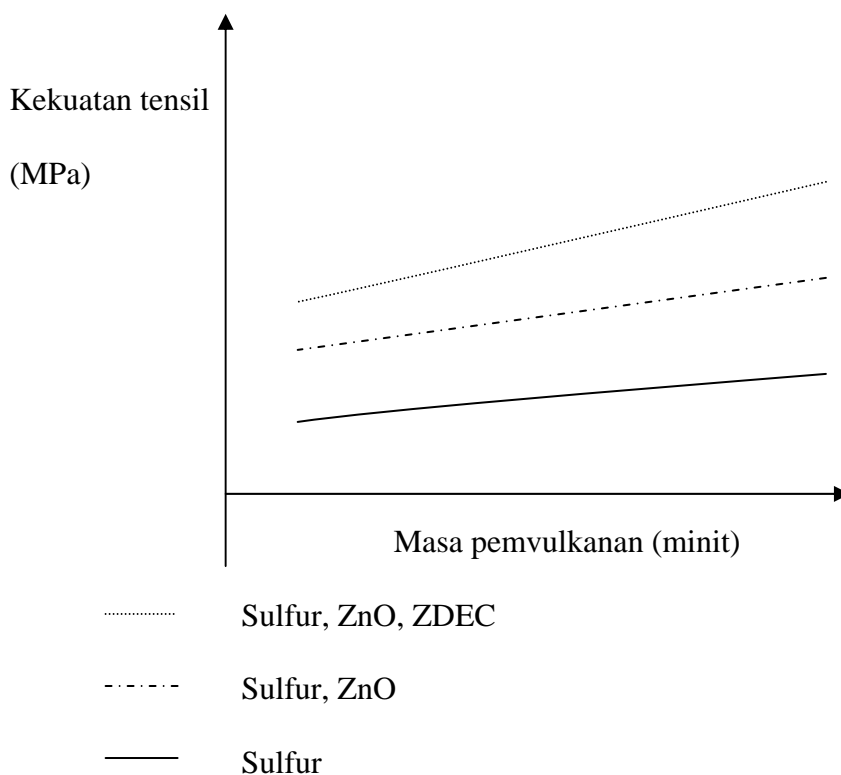
Rajah 2.1. Carta aliran proses pencelupan berkoagulan (Indian Rubber, 1998)

2.2.1 Ramuan Penyebatian Lateks

Penyebatian lateks GA semasa proses pra-penvulkanan harus diikuti dengan bahan-bahan kimia organik digunakan untuk menghasilkan sifat-sifat pada produk yang terhasil. Bahan-bahan ini selalu dipanggil kuratif. Sebahagian daripada bahan kimia organik tersebut boleh menghasilkan amin sekunder(Travas et al, 1995).

Fungsi kuratif ialah untuk menghasilkan sambung silang dalam zarah lateks. Kuratif yang paling biasa digunakan ialah sulfur.

Secara amnya, sambung silang dihasilkan dengan penggunaan sulfur secara bersendirian tanpa penambah- penambah yang lain tetapi kekuatan filem lateks ter Vulkan yang dihasilkan adalah rendah atau lemah. Kekuatan filem lateks ter Vulkan akan dapat ditingkatkan dengan penambahan bahan-bahan kuratif lain seperti ZnO (pengaktif) dan ZDEC (pemecut) seperti yang ditunjukkan dalam Rajah 2.2 (Wong & Chen, 1987).

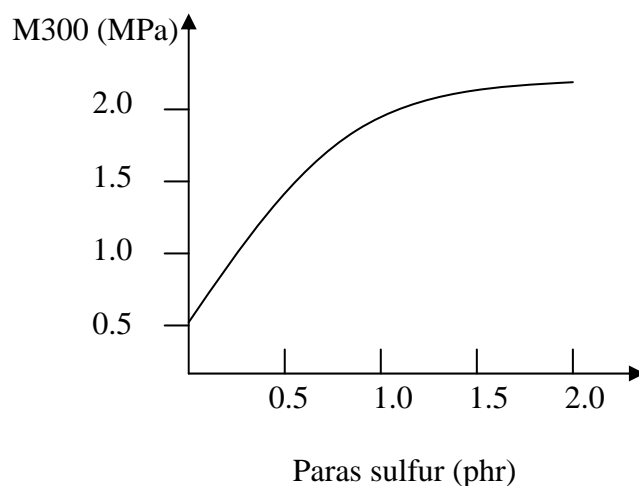


Rajah 2.2. Kesan pengaktif dan pemecut ke atas kekuatan tensil filem lateks getah asli yang disambung silang dengan sulfur pada suhu 93 °C, (Wong & Chen, 1987).

Daripada Rajah 2.2 menunjukkan bahawa kesan pengaktif dan pemecut ke atas kekuatan tensil filem lateks getah asli yang disambung silang dengan sulfur pada

suhu 93 °C mengalami perbezaan yang ketara. Apabila agen pemvulkanan tidak ditambahkan ke dalam sebatian lateks kekuatan tensil rendah berbanding sebatian yang telah ditambahkan pengaktif dan pemecut.

Selain penggunaan kombinasi penambah tertentu yang akan mempengaruhi sifat-sifat filem lateks getah asli, jenis dan amaun sulfur yang digunakan juga amat mempengaruhi struktur rangkaian dan jenis sambung silang yang terbentuk yang akan meninggalkan kesan pada sifat filem. Sulfur hanya digunakan untuk rangkaian tulang belakang getah yang tepu. Terdapat dua bentuk sulfur iaitu sulfur rombik (S₈) dan sulfur polimerik (iaitu penderma sulfur). Jika sulfur biasa (sulfur berbentuk kristal rombik halus atau sulfur amorfus) digunakan pada 0.5 - 2.5 bsg (bahagian seratus getah), produk atau filem yang dihasilkan akan mempunyai kestabilan haba yang rendah iaitu dimensi produk akan berubah selepas pemanasan kerana kebanyakan sambung silang yang terbentuk dengan cara pemvulkanan ini adalah jenis ikatan polisulfida. Ikatan polisulfida ini merupakan ikatan yang kurang stabil iaitu mudah diubahkan. Ini berlaku bagi lateks yang telah di jadikan filem. Modulus dan kekerasan vulkanizat meningkat dengan pertambahan sulfur dengan anggapan yang sulfur ditambah, digunakan sepenuhnya dalam sambung silang. Pengaruh paras sambung silang pada modulus filem lateks ditunjukkan dalam Rajah 2.3 (Gazeley et al, 1988)

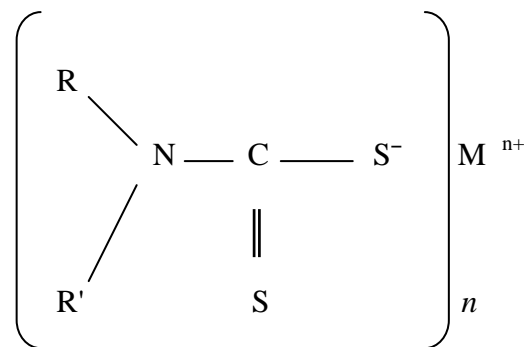


Rajah 2.3. Kesan peningkatan sulfur ke atas modulus pada 300% pemanjangan (Gazeley et al, 1988).

Hasil kajian Mohd Nasir (1980) menunjukkan terdapatnya penghadan sulfur yang bergabung dengan zarah-zarah lateks. Jadi bilangan ikatan valens sekunder yang bertanggung jawab pada kekuatan filem turut terbatas. Oleh itu, pada gabungan sulfur maksimum, akan adanya bilangan ikatan maksimum yang menghasilkan kekuatan tensil maksimum dan modulus pada pemanjangan 300% (M_{300}) meningkat. Hauser et al, (1942) melaporkan sulfur tergabung semasa pemvulkanan lateks bergantung pada suhu dan masa pemvulkanan lateks, bukan saja kepada amaun sulfur yang hadir di dalamnya. Pemerhatian yang sama telah dilaporkan oleh beberapa penyelidik (Humphreys & Wake, 1950) iaitu hanya lebih kurang 1.8% sulfur akan bergabung dengan hidrokarbon getah tanpa bergantung kepada banyaknya amaun sulfur yang digunakan. Jika penderma sulfur jenis tiuram seperti TMTD (Tetramethylthiuram disulphide) digunakan, filem lateks yang dihasilkan akan mempunyai kestabilan haba yang lebih tinggi dan penuaan suhu tinggi lebih baik (Gorton, 1988).

Pemecut merupakan bahan kimia yang biasanya ditambahkan ke dalam sebatian lateks dan ia akan bertindak untuk mengawal kadar proses penyambung silangan. Untuk sebatian lateks, pemecut cepat (kereaktifan tinggi) sering digunakan memandangkan proses penyambung silangan dilakukan pada suhu yang lebih rendah dari penyambung silangan getah kering. Pemilihan pemecut di dalam proses vulkanisasi sulfur akan menentukan jaringan struktur dan akibat dari spesifik sifat-sifat bahan yang digunakan (Coran, 1990; Jelencic, 1988).

Pemecut yang selalu digunakan untuk mempercepat proses penyambung-silangan lateks getah asli ialah pemecut jenis dithiokabamat. Garam daripada asid dialkildithiokarbamat merupakan jenis pemecut yang biasa digunakan. Struktur am asid dithiokarbamat terdapat ditunjukkan dalam Rajah 2.4 (Blackley, 1966).



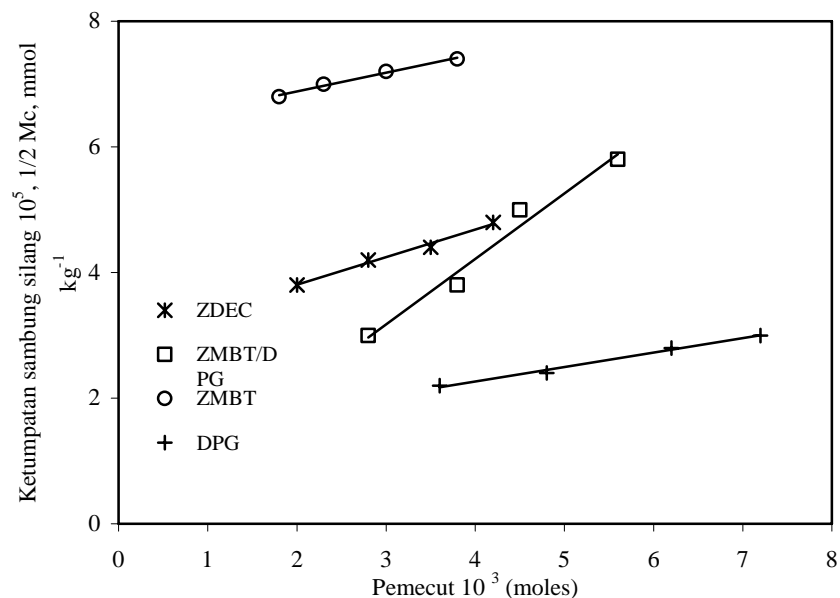
Rajah 2.4. Struktur asid dithiokarbamat terdapat (Blackley, 1966).

Kation itu boleh merupakan samada ion logam ataupun ion ammonium terdapat. Logam yang paling biasa digunakan ialah zink dan pemecut dithiokarbamat biasa digunakan adalah ZDEC (zink diethyldithiocarbamate). Sementara itu, sodium dan piperidinium merupakan dua kation yang lain juga boleh dipakai. Satu

kelemahan pada pemecut dithiokarbamat ialah ia akan menghasilkan pelumuran kupram (copper staining) pada filem lateks. Selain itu ia berfungsi sebagai antioksidan yang kuat dalam produk lateks (Chapman & Porter, 1988). Kereaktifan pemecut dithiokarbamat adalah bergantung pada panjang rantai kumpulan alkil, seperti tertib berikut (Loo & Wong, 1987)



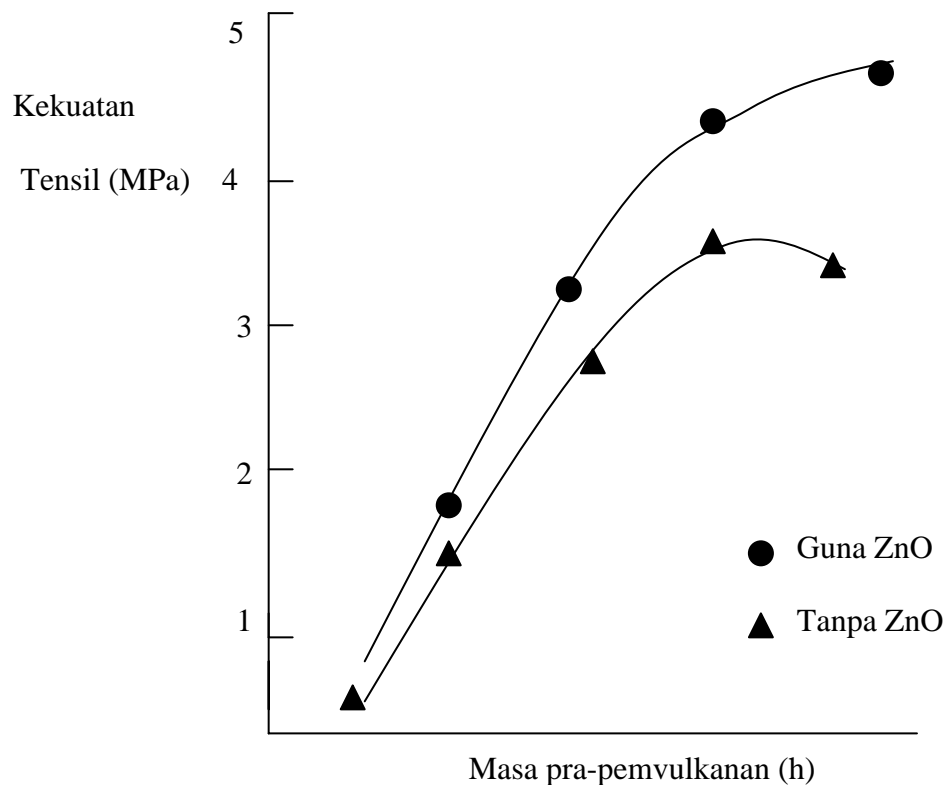
Penggunaan pemecut boleh di kombinasi dengan sistem satu pemecut (pemecut primer) yang mempunyai keaktifan yang mencukupi untuk menghasilkan pematangan yang berkesan dalam masa tertentu. Gabungan dua atau lebih pemecut, mengandungi pemecut primer yang digunakan dalam jumlah yang sedikit (iaitu 10% hingga 20% dari jumlah keseluruhan) untuk mengaktifkan dan memperbaiki sifat-sifat vulkanisat Gabungan jenis ini biasanya mewujudkan kesan sinergistik di mana produk akhir lebih baik dihasilkan menggunakan pemecut secara berasingan.



Rajah 2.5. Perbandingan efisiensi sambung silang daripada pemecut ZDEC, ZMBT, DPG dan ZMBT dalam vulkanisasi filem lateks GA (Travas, 1995).

Kehadiran pemecut akan meningkatkan kadar kombinasi sulfur dengan getah dan meningkatkan kecekapan sulfur sebagai agen sambung silang bagi membentuk struktur rangkaian. Ini akan meningkatkan kadar sambung silang dan ketumpatan sambung silang. Penggunaan pengaktif seperti ZnO, pemecut seperti ZDEC dalam formulasi akan meningkatkan ketumpatan sambung silang. Meningkatnya kuantiti bahan tersebut akan meningkatkan kadar kombinasi sulfur dan getah iaitu meningkatkan kecekapan sambung silang (Bateman et al, 1963) yang akhirnya meningkatkan ketumpatan sambung silang.

Pengubahsuaian kandungan bahan dalam formulasi akan mengubah jumlah kandungan sambung silang. Ini juga dapat ditunjukkan didalam, Rajah 2.6 untuk kesan ketumpatan sambung silang yang menggunakan penambah dan yang tidak menggunakan penambah (zink oksida) (Blackley, 1988). Rajah 2.6 menunjukkan kesan penambahan ZnO telah meningkatkan kekuatan tensil lateks getah asli.



Rajah 2.6. Pengaruh zink oksida terhadap sambung silang lateks getah asli pada prapemvulkan 70 °C (Blackley, 1988).

Pengaktif adalah kuratif yang digunakan untuk meningkatkan kadar pemvulkanan dengan mengaktifkan pemecut supaya bertindak dengan berkesan. Adalah dipercayai pengaktif akan bertindakbalas untuk membentuk kompleks perantaraan dengan pemecut. Kompleks ini akan lebih berkesan untuk mengaktifkan sulfur dan pengaktif ini dapat dikelaskan kepada (Morton, 1987) :

- a) Sebatian tak organik (terdiri dari oksida logam) contoh zink oksida, batu kapur terhidrat, plumbum merah dan putih, magnesium oksida, hidroksida dan lain-lain.
- b) Asid organik biasa digunakan dengan cara menggabungkan dengan oksida logam. Asid organik adalah asid monobes mempunyai berat molekul tinggi contohnya asid stearik dan lain-lain.

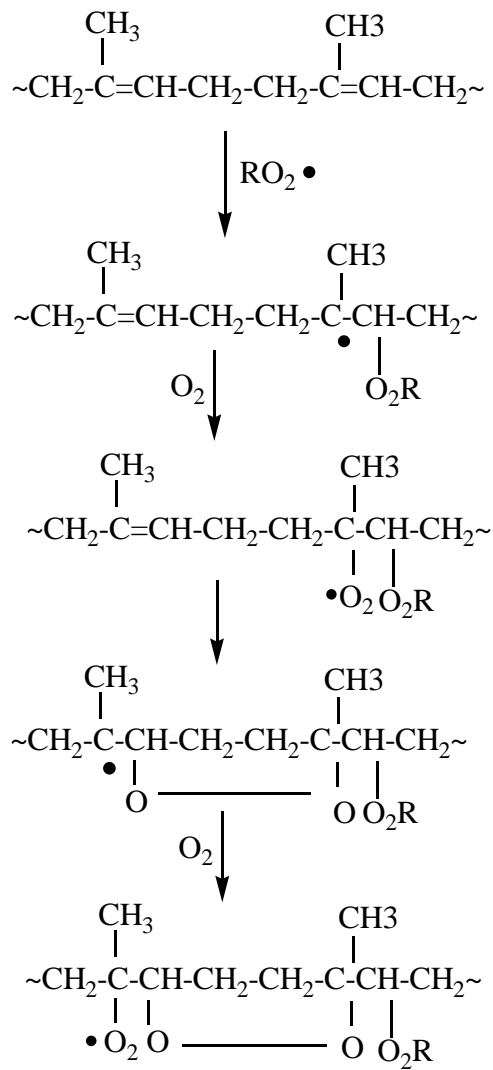
- c) Bahan-bahan alkali, meningkatkan pH sebatian getah dan kebanyakan reasol, setiap bahan yang menyebabkan sebatian getah lebih berbes akan meningkatkan kadar pematangan sementara bahan berasid akan merencatkan kesan pemecut, contohnya bahan alkali ialah ammonia, amina, garam amina dengan asid lemah.

Pengaktif yang biasa digunakan dalam industri adalah zink oksida. Amaun zink oksida yang ditambahkan biasanya pada bahagian peratus getah yang kecil sahaja 0.5-2.5 bsg. Peningkatan paras zink oksida menyebabkan filem lebih resisten kepada pematangan lampau (Morton, 1987). Kehadiran ZnO ini akan dapat mengurangkan kadar kehilangan pemecut semasa proses penyambung silangan dengan menjana semula pemecut. Dengan itu, penambahan zink oksida akan dapat memastikan bahawa proses pemvulkanan tidak terencat akibat kekurangan kepekatan pemecut. Hasil kajian daripada Dalfsen (1943) menunjukkan bahawa peratusan kandungan sulfur yang tergabung dalam getah semasa pemvulkanan adalah lebih tinggi dengan kehadiran ZnO

Kehadiran zink oksida akan mempengaruhi kejernihan filem. Untuk menghasilkan produk yang memerlukan kejernihan filem yang tinggi, amaun ZnO yang dipakai mestilah sangat sedikit dan menggunakan jenis pemecut yang lebih berkuasa dan kitaran pemanasan yang lebih panjang (Pendle, 1974). Penggunaan ZnO yang banyak akan menyebabkan peningkatan kelikatan sebatian lateks. Peningkatan kelikatan akan menyebabkan lateks mudah beku. Kesan penambahan pengaktif, ZnO kepada sebatian lateks menyebabkan peningkatan kekuatan tensil dan modulus (Blackley, 1997).

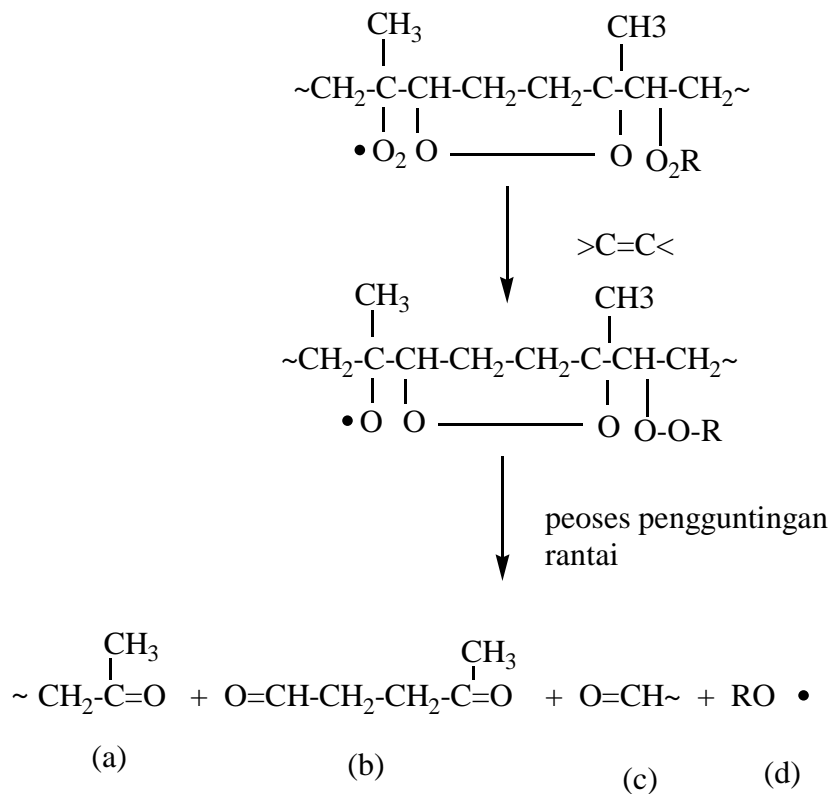
Anti pengoksidaan adalah tidak begitu diperlukan untuk sebatian lateks. Ini kerana molekul getah dalam lateks adalah tidak terdedah kepada sebarang langkah perosotan (Flint, 1946). Selain itu lateks getah asli juga mengandungi anti-pengoksidaan semula jadi seperti tokotrienol, protin, asid amino dan fenol. Tahap kandungan anti-pengoksidaan semula jadi ini akan memberi penuaan yang baik kepada lateks (Nadarajah et al, 1972; Morimoto, 1985).

Walaupun lateks GA mempunyai anti pengoksidaan semula jadi, anti pengoksidasian masih perlu ditambah ke dalam sebatian lateks getah asli kerana memandangkan kebanyakan produk lateks adalah nipis dan ini menyebabkan produk lateks cenderung mengalami proses pengoksidaan semasa dikilang dan juga semasa penggunaan haba. Walaubagaimanapun agen semula jadi yang juga paling utama akan merosot atau menuakan getah-getah adalah oksigen. Dengan kehadiran oksigen dan haba, proses penuaan oksidatif akan berlaku pada getah yang tidak mempunyai ketidaktepuan pada rantai tulang belakang. Proses ini menyebabkan pengguntingan rantai tulang belakang dan penguraian. Sambung silang sulfidik yang seterusnya membawa kepada perosotan sifat-sifat mekanik vulkanisat getah. Hasil utama dalam pengoksidaan getah adalah hidroperoksida. Hidroperoksida ini mengurai membentuk banyak radikal bebas yang seterusnya bertindak balas dengan getah untuk membentuk lebih banyak lagi radikal bebas. Bolland dan Hughes (1949) telah mencadangkan mekanisme pengguntingan rantai seperti yang ditunjukkan dalam rajah di bawah ini.



Rajah 2.7. Mekanisme pengguntingan rantai (Bolland dan Hughes, 1949).

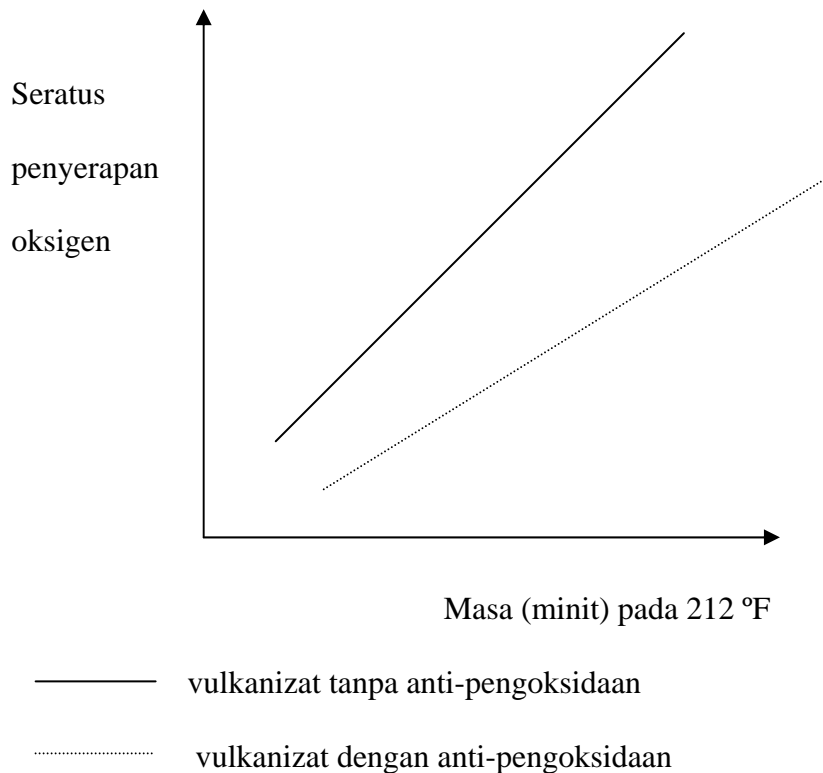
Radikal peroksida yang terbentuk adalah tidak stabil dan ditukarkan kepada radikal alkoksi yang lebih stabil seperti dibawah :



Rajah 2.8. Pembentukan radikal peroksida dari mekanisme pengguntingan rantai (Bolland dan Hughes, 1949).

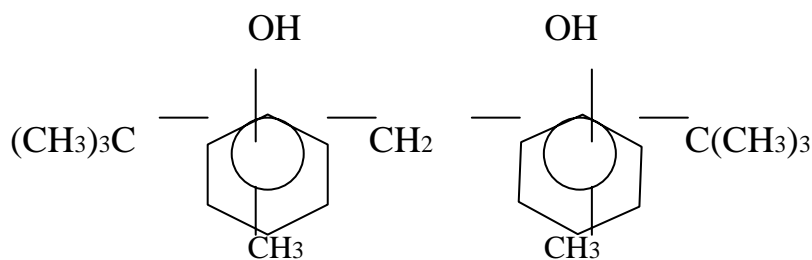
- (a) dan (c) → Rantai getah yang teretak
- (b) → Levulinaldehid yang bertakat lebur rendah
- (c) → Radikal alkoksi yang meneruskan proses rantaian

Walaubagaimanapun keadaan ini dapat ditunjukkan dalam Rajah 2.9 iaitu kesan anti-pengoksidaan terhadap kadar penyerapan oksigen bagi filem lateks getah asli tevulkan (Wong & Chen, 1987)



Rajah 2.9. Kesan anti-pengoksidaan terhadap kadar penyerapan oksigen bagi filem getah asli tervulkan (Wong & Chen, 1987).

Daripada Rajah 2.9 dapat dilihat penambahan agen anti pengoksidaan mengurangkan penyerapan oksigen, ini mengurangkan perosotan. Anti pengoksidaan yang biasa ditambah ke dalam sebatian lateks adalah anti pengoksidaan jenis fenolik kerana sifat “non-staining” iaitu tidak cenderung menyebabkan penyahwarnaan semasa penuaan (Calvert, 1982; Wong, 1992). Anti pengoksidaan yang biasa digunakan ialah 2,2'-methylene-bis-(4-methyl-6-tert-butylphenol) atau singkatannya AO 2246 dengan struktur seperti yang ditunjukkan dalam Rajah 2.10. :

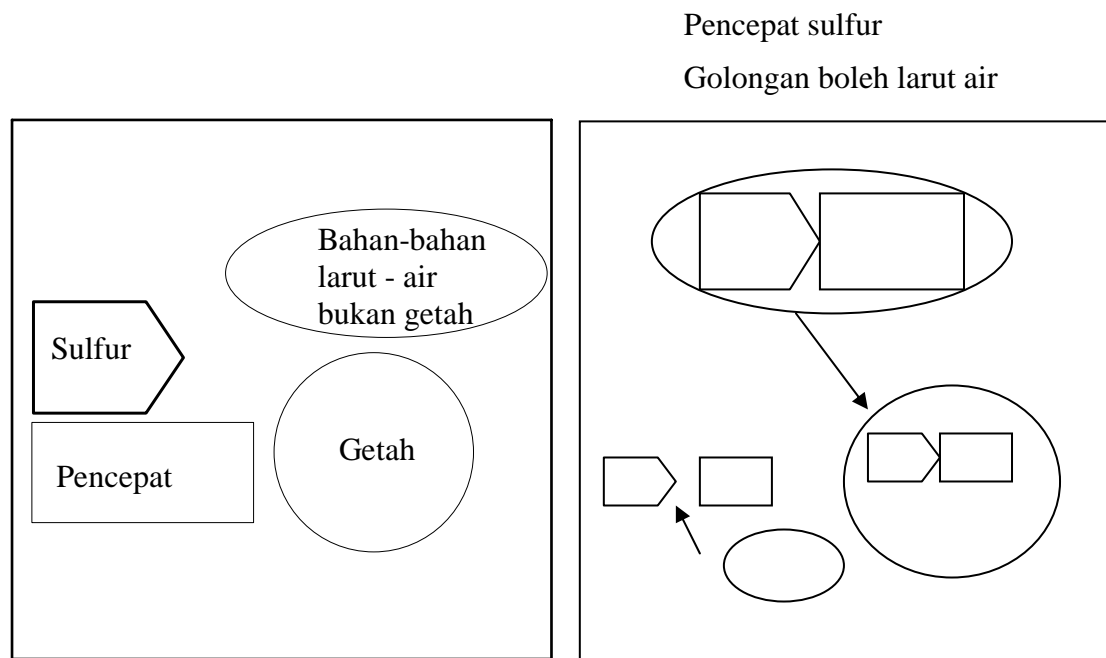


Rajah 2.10. Struktur AO 2246 (Calvert, 1982; Wong, 1992).

2.3. Mekanisme pematangan lateks

Pematangan adalah proses pembentukan sambung silang pada sebatian lateks GA dan filem yang dihasilkan. Mekanisme pematangan lateks belum sepenuhnya mempunyai pengertian yang seragam. Mekanisme pembentukan sambung silang terjadi semasa proses sebatian lateks dipra-pemvulkanan dan pengeringan. Sejauh kerja yang dilakukan pengertian dari mekanisme pematangan lateks adalah pematangan bahan-bahan yang terlarut dalam serum lateks. Kadar laju dari pelarutan adalah salah satu kesulfur berbanding dengan pencepat. Sulfur dan pencepat adalah melarut dalam air dengan beberapa kompleks dari kehadiran bahan-bahan boleh larut air bukan getah ke dalam kepekatan lateks getah asli yang telah diberi bahan pengawet ammonia normal. Kekompleksan dari sulfur dan pencepat dengan bahan-bahan boleh larut air bukan-getah dalam pembentukan dari golongan boleh larut air bukan-getah yang dapat dipindahkan ke zarah-zarah getah. Zarah-zarah permukaan golongan pencepat sulfur akan kehilangan sejumlah atau semua dari molekul-molekul yang menjadi melarut. Kehilangan molekul-molekul akan kembali ke fasa akues, dan boleh digunakan untuk kompleks dengan molekul-molekul lainnya dari golongan pencepat sulfur. Sisa golongan pencepat sulfur dari zarah-zarah permukaan getah akan menjadi hidropobik dan berpindah ke dalam zarah-zarah getah dan terbentuk sambung silang. Walaupun keadaan ini belum jelas keadaan proses sambung silang golongan pencepat sulfur berlaku masuk ke dalam zarah-zarah getah atau sampai golongan yang mempunyai kedudukan zarah-zarah getah dan kemudian proses pertunjukkan sambung silang. Bila proses sambung silang berlaku salah satu nilai semasa difusi dari golongan masuk ke dalam zarah-zarah, dan kemudian kepekatan dari sambung silang keluar dari bahagian zarah-zarah yang diharapkan menjadi lebih baik daripada ke dalam. Walaubagaimanapun, apabila proses sambung

silang sudah sampai menduduki golongan zarah-zarah pencepat sulfur, kepekatan dari sambung silang adalah diharapkan menjadi seragam. Sambung silang yang terbentuk memberi kesan pada sifat-sifat filem yang dihasilkan seperti sifat-sifat mekanikal dan ketumpatan sambung silang. Ketumpatan sambung silang adalah pengukuran jumlah sambung silang di antara rantai dalam bahan jisim yang diberi oleh berat molekul pada panjang rantai di antara setiap sambung silang (Mc). Sambung silang kimia dihasilkan semasa proses pemvulkanan (Blackley, 1997)



Rajah 2.11. Skematik mekanisme pematangan lateks (Blackley, 1997).

2.3.1 Pematangan sebatian lateks GA

Umumnya industri sarung tangan dan kondom menggunakan lateks getah asli dengan teknik pencelupan yang dipanggil pencelupan konvensional. Sebatian lateks getah asli ialah lateks yang telah dicampurkan dengan bahan-bahan tambahan seperti kuratif, pemecut, pengaktif, anti pengoksidaan dan bahan-bahan lain

mengikuti formulasi yang disediakan. Formulasi umum untuk sebatian lateks seperti yang ditunjukkan dibawah ini :

Jadual 2.1. Formulasi umum untuk sebatian lateks (Morton, 1973)

Bahan-bahan	Berat kering (gram)
60 % NR Latex	100
10 % KOH (penstabil)	0.25
50 % Sebatian sulfur (agen sambung silang)	1.75
50 % Sebatian Zink mercaptobenzothiozole (pencepat)	1.00
40 % Sebatian ZnO (pengaktif)	2.00
40 % Sebatian anti pengoksidaan	0.50

Sebatian lateks yang disediakan selalunya dilakukan proses sambung silang yang dipanggil pra-pemvulkanan sebelum digunakan. Tetapi ada juga industri yang menggunakan sebatian lateks yang tidak dilakukan proses pra-pemvulkanan. Proses pra-pemvulkanan dilakukan dengan memanaskan sebatian lateks pada suhu 70 °C mengikut masa pra-pemvulkanan yang telah diukur. Semasa pemanasan sambung silang akan terjadi pada molekul-molekul getah asli yang berada di dalam zarah lateks. Sekiranya proses pra-pemvulkanan ini tidak dikawal dengan rapi serta amaun kuratif yang digunakan lebih dari yang tertera di dalam formulasi, sebatian lateks akan menjadi lampau matang. Selepas proses pra-pemvulkanan, sebatian lateks tersebut akan disimpan di dalam tangki penyimpanan sebelum digunakan. Masa

penyimpanan bergantung pada kadar pengeluaran kilang tersebut. Semasa peyimpanan, sekiranya pengawasan rapi tidak dilakukan, kelikatan serta darjah sambung silang sebatian lateks akan meningkat. Peningkatan kelikatan boleh dipercepatkan oleh suhu yang tinggi dan kelembapan yang rendah. Fenomena pengerasan storan boleh terjadi dan disebabkan oleh kehadiran kumpulan karbonil seperti aldehid pada rantai getah, (Sekhar, 1960 a,b). Pengerasan storan boleh direncatkan dengan dua kaedah iaitu menambah garam hidroksilamina ke dalam lateks getah asli dan menuliskan getah. Getah yang ditambah dengan garam itu dipanggil CV (constant viscosity). Jika bahan bukan getah dan kumpulan amino ditambahkan ke dalam lateks getah asli maka pengerasan storan terjadi. Jika kumpulan amino dalam fasa getah bukan dinyahaktifkan dengan menindak balaskan dengan kalium sianat, pengerasan akan direncatkan. Oleh itu boleh disimpulkan bahawa dalam pengerasan storan, kumpulan-kumpulan berfungsi pada rantai getah akan bertambah dengan asid amino dan protin dari bahan bukan getah. Apabila ini terjadi, lateks tersebut tidak boleh digunakan.

Getah-getah mengalir apabila daya dikenakan ke atasnya. Getah-getah mentah juga mempunyai sifat-sifat kekuatan yang lemah. Untuk getah-getah mentah mempunyai sifat-sifat kekuatan yang kuat maka agen pemvulkanan ditambahkan bagi menghasilkan ikatan sambung silang secara kimia yang terbentuk dalam tiga dimensi. Proses pencampuran antara getah mentah dengan bahan pemvulkanan dan juga bahan-bahan yang lain dilakukan untuk mendapatkan sebahagian getah yang homogen.

Sistem pemvulkanan dapat dibahagikan kepada sistem lazim, sistem cekap, sistem separa cekap. Pada sistem lazim vulkanisat sistem ini mempunyai sebilangan besar sambung silang polisulfida dan sekurang-kurang 10 atom sulfur bergabung dalam rangkaian untuk setiap sambung silang kimia. Dari struktur yang ditunjukkan, hanya sulfida yang membentuk titian antara rantai-rantai merupakan penanggung tegasan yang menyambung kepada keelastikan getah dan kekuatan (Brydson, 1967).

Kumpulan-kumpulan lain seperti monosulfi siklik, disulfi siklik, sulfit fragmen pemecut dan sambung silang yang terbentuk bersebelahan adalah sulfida terbazir. Mereka tidak menyumbang kepada sifat elastik. Pengubahsuaian utama seperti diena dan triena berkojungat menambahkan kemungkinan perosotan bagi getah tervulkan (Kuan, 1985). Sedangkan pada sistem cekap faktor yang menghasilkan stukturanya, adalah nisbah pemecut dengan sulfur yang tinggi dan masa pemvulkanan panjang pada suhu yang rendah.

2.3.2 Kaedah pencelupan

Kaedah pencelupan merupakan suatu kaedah penghasilan barangan dari lateks yang dilakukan dengan mencelup suatu pembentuk, yang telah dibersihkan, ke dalam sebatian lateks. Semasa pembentuk dicelup di dalam sebatian lateks zarah-zarah lateks yang bersentuhan dengan permukaan pembentuk mengalami proses penyahstabilan dan bercantum membentuk suatu lapisan atau filem. Filem yang terbentuk mempunyai rupabentuk yang sama dengan rupabentuk pembentuk yang dicelup ke dalam sebatian lateks tersebut. Apabila filem ini dikeringkan produk lateks akan terhasil.