

**PENGARUH PENCAMPURAN *SPLIT FEEDING* TERHADAP
KALOR TIMBUL DAN KETAHANAN KIKIS
DARI VULKANISAT TELAPAK BAN**

Oleh

ADITYA LUKMANSYAH

F 31.0756



1998

**JURUSAN TEKNOLOGI INDUSTRI PERTANIAN
FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR**

Aditya Lukmansyah. F 31.0756. PENGARUH PENCAMPURAN *SPLIT FEEDING* TERHADAP KALOR TIMBUL DAN KETAHANAN KIKIS DARI VULKANISAT TELAPAK BAN. Di bawah bimbingan Drs. Chilwan Pandji, Apt. MSc dan Dr. Ridha Arizal MSc.

RINGKASAN

Dewasa ini, pembangunan jalan bebas hambatan semakin banyak dilakukan. Jalan bebas hambatan memungkinkan kendaraan melaju dengan kecepatan tinggi. Menurut data dari Jasa Marga, kecelakaan di jalan bebas hambatan yang disebabkan oleh ban pecah, menempati urutan teratas yaitu sebesar 62.6 persen. Pecahnya ban disebabkan oleh panas yang ditimbulkan ban (kalor timbul), akibat lenturan yang dialami ban, cukup tinggi. Panas yang tinggi ini menyebabkan kekuatan ban menjadi berkurang dan dalam keadaan yang lebih buruk dapat menyebabkan ban pecah. Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari pengaruh pencampuran terpisah (*split feeding*) terhadap kalor timbul dan ketahanan kikis vulkanisat telapak ban.

Penelitian ini dilakukan dalam empat seri. Pada penelitian seri pertama dilihat pengaruh penambahan karet polikloropren dan karet polibutadien sebagai karet terpisah terhadap parameter-parameter yang diamati. Pada penelitian seri kedua karet terpisah yang ditambahkan diganti dengan karet alam. Penelitian seri ketiga dilakukan dengan cara membandingkan penerapan sistem pencampuran *split feeding* pada kompon yang tidak mengandung karet polikloropren dengan kompon yang mengandung karet polikloropren terhadap kontrolnya masing-masing. Pada penelitian seri keempat karet terpisah yang ditambahkan, bertambah jumlahnya dari 25 phr menjadi hingga 45 phr. Pencampuran kompon karet dilakukan dengan cara *split feeding*. Pada kontrol, pencampuran kompon karet dilakukan dengan cara konvensional. Parameter-parameter yang diamati adalah tegangan putus, ketahanan sobek, kepegasan pantul, kalor timbul, *bound rubber*, ketahanan kikis dan kekerasan.

Hasil yang diperoleh dari penelitian ini menunjukkan bahwa pada penelitian seri pertama, ketahanan kikis pada vulkanisat yang dibuat dengan sistem pencampuran terpisah lebih baik dari pada sistem pencampuran konvensional, sedangkan kalor timbulnya lebih buruk. Hasil penelitian seri kedua menunjukkan bahwa ketahanan kikis vulkanisat yang dibuat dengan sistem pencampuran karet terpisah lebih baik dibandingkan kontrol, sedangkan kalor timbulnya lebih buruk. Kecuali pada vulkanisat yang karet terpisahnya ditambahkan ZnO dan asam stearat, kalor timbulnya menyamai kontrol. Hasil penelitian seri ketiga menunjukkan bahwa pada vulkanisat yang tidak mengandung karet polikloropren dengan penambahan karet terpisah karet alam 20 phr dan karet polibutadien 5 phr memiliki ketahanan kikis dan kalor timbul yang lebih baik dibandingkan kontrol I, sedangkan vulkanisat dengan penambahan karet terpisah karet alam 25 phr memiliki ketahanan kikis yang lebih baik dan kalor timbul yang lebih buruk dibandingkan kontrolnya. Pada vulkanisat yang mengandung karet polikloropren ketahanan kikis vulkanisat karet lebih baik dibandingkan kontrol, kecuali pada vulkanisat yang diberi penambahan *processing oil* minarex B satu phr lebih banyak, memiliki ketahanan kikis yang lebih buruk dari kontrol II. Kalor timbul vulkanisat yang dibuat dengan sistem

pencampuran terpisah lebih baik dibandingkan kontrol II. Hasil penelitian seri keempat menunjukkan bahwa pada vulkanisat yang tidak mengandung karet polikloropren dengan penambahan karet terpisah karet alam sebanyak 35 phr, ketahanan kikis dan kalor timbulnya lebih baik dibanding kontrol I. Pada vulkanisat yang mengandung karet polikloropren, ketahanan kikis vulkanisat dengan penambahan karet terpisah karet alam 10 phr, karet polikloropren 10 phr dan karet polibutadien 20 phr lebih buruk dibandingkan kontrol II. Untuk vulkanisat dengan penambahan karet terpisah karet alam 15 phr, karet polikloropren 10 phr dan karet polibutadien 20 phr ketahanan kikisnya juga lebih buruk dibandingkan kontrol. Kalor timbul kedua vulkanisat tadi lebih baik dibandingkan kontrol II.

Dari formula – formula yang diteliti pada penelitian ini, vulkanisat yang paling banyak memperbaiki ketahanan kikis dibanding kontrolnya tanpa mengorbankan kalor timbul adalah vulkanisat IV penelitian seri kedua. Vulkanisat yang paling banyak menurunkan kalor timbul tanpa mengorbankan ketahanan kikis adalah vulkanisat III penelitian seri ketiga. Vulkanisat yang memperbaiki keduanya adalah vulkanisat I penelitian seri keempat.



**PENGARUH PENCAMPURAN *SPLIT FEEDING* TERHADAP
KALOR TIMBUL DAN KETAHANAN KIKIS
DARI VULKANISAT TELAPAK BAN**

SKRIPSI

Sebagai salah satu syarat memperoleh gelar
SARJANA TEKNOLOGI PERTANIAN
pada Jurusan Teknologi Industri Pertanian
Fakultas Teknologi Pertanian
Institut Pertanian Bogor

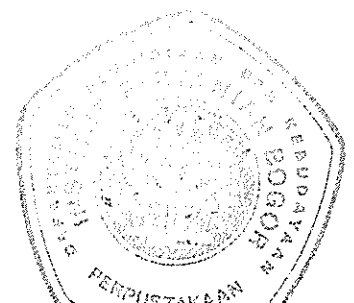
Oleh

ADITYA LUKMANSYAH

F 31.0756

1998

**FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR**



FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN
INSTITUT PERTANIAN BOGOR

**PENGARUH PENCAMPURAN *SPLIT FEEDING* TERHADAP
KALOR TIMBUL DAN KETAHANAN KIKIS
DARI VULKANISAT TELAPAK BAN**

SKRIPSI

Sebagai salah satu syarat memperoleh gelar
SARJANA TEKNOLOGI PERTANIAN
pada Jurusan Teknologi Industri Pertanian
Institut Pertanian Bogor

Oleh

ADITYA LUKMANSYAH

F 31.0756

Tanggal lulus : 7 September 1998

Bogor, 7 September 1998

Drs. Chilwan Pandji, Apt. MSc
Dosen Pembimbing I



Dr. Ridha Arizal, MSc
Dosen Pembimbing II

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan karunia – Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini. Skripsi ini dibuat untuk memenuhi persyaratan meraih gelar Sarjana Teknologi Pertanian pada Jurusan Teknologi Industri Pertanian, Institut Pertanian Bogor.

Penulis menyampaikan penghargaan dan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu penyelesaian skripsi ini, yaitu :

1. Kedua orang tua penulis, Lukman Bratamidjaja SH dan Tuti Hindayati, adik-adik penulis, Dian, Doni dan Dedy serta kekasih tersayang Veggy Monarika, S.TP.
2. Drs. Chilwan Pandji, Apt. MSc. dan Dr. Ridha Arizal, MSc. sebagai pembimbing yang telah memberikan pengarahan dan bantuan sejak awal sampai akhir masa penyelesaian skripsi.
3. Dr. Ir. H. Endang Gumbira Sa'id MADev sebagai dosen penguji yang telah memberikan masukan untuk kesempurnaan skripsi.
4. Seluruh karyawan serta staf Balai Penelitian Teknologi Karet Bogor yang telah membantu dalam proses penyelesaian penelitian di BPTK Bogor.
5. Rekan-rekan sesama mahasiswa TIN – 15 yang telah bekerja sama dengan penulis dalam menyelesaikan perkuliahan.
6. Semua pihak yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan studi.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa skripsi ini masih memiliki kekurangan. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun sangat dibutuhkan. Terakhir penulis mengharapkan agar skripsi ini dapat bermanfaat bagi yang memerlukan.

Bogor, 7 September 1998

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI	iv
DAFTAR TABEL	vii
DAFTAR GAMBAR	viii
DAFTAR LAMPIRAN.....	x
I. PENDAHULUAN.....	1
II. TINJAUAN PUSTAKA.....	3
A. TANAMAN KARET.....	3
B. LATEKS.....	3
C. KARET ALAM DAN SINTETIK.....	4
1. Karet Remah.....	5
2. Karet polikloropren.....	6
3. Karet polibutadien.....	7
D. MASTIKASI.....	7
E. <i>SPLIT FEEDING</i>	9
F. VULKANISASI.....	9
III. BAHAN DAN METODA.....	12
A. BAHAN DAN ALAT.....	12
B. WAKTU DAN TEMPAT.....	12
C. METODA PENELITIAN.....	12
1. Penelitian Seri Kesatu.....	13
a. Penyiapan Bahan.....	13
b. Penggilingan.....	14
2. Penelitian Seri Kedua.....	15
a. Penyiapan Bahan.....	15
b. Penggilingan.....	15



3. Penelitian Seri Ketiga.....	17
a. Penyiapan Bahan.....	18
b. Penggilingan.....	19
4. Penelitian Seri Keempat.....	20
a. Penyiapan Bahan.....	20
b. Penggilingan.....	21
5. Pengujian Waktu Pemasakan.....	23
6. Vulkanisasi.....	23
7. Pengamatan.....	24
a. Tegangan Putus.....	24
b. Kekerasan.....	25
c. Ketahanan Sobek.....	25
d. Ketahanan Kikis.....	27
e. Kepegasan Pantul.....	28
f. Kalor Timbul.....	28
g. Uji <i>Bound Rubber</i>	29
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN.....	30
A. PENELITIAN SERI KESATU.....	30
1. Tegangan Putus dan Ketahanan Sobek.....	30
2. Kepegasan Pantul dan Kalor Timbul.....	33
3. Ketahanan Kikis dan Kekerasan.....	35
B. PENELITIAN SERI KEDUA.....	38
1. Tegangan Putus dan Ketahanan Sobek.....	39
2. Kepegasan Pantul, Kalor Timbul dan <i>Bound Rubber</i>	41
3. Ketahanan Kikis dan kekerasan.....	42
C. PENELITIAN SERI KETIGA.....	43
1. Tegangan Putus dan Ketahanan Sobek.....	44
2. Kepegasan Pantul, Kalor Timbul dan <i>Bound Rubber</i>	46
3. Ketahanan Kikis dan Kekerasan.....	47

	Halaman
D. PENELITIAN SERI KEEMPAT.....	49
1. Tegangan Putus dan Ketahanan Sobek.....	50
2. Kepegasan Pantul, Kalor Timbul dan <i>Bound Rubber</i>	51
3. Ketahanan Kikis dan Kekerasan.....	53
V. KESIMPULAN DAN SARAN.....	54
A. KESIMPULAN.....	54
B. SARAN.....	57
DAFTAR PUSTAKA.....	58
LAMPIRAN.....	61

DAFTAR TABEL

		Halaman
Tabel	1. Produksi karet alam tahun 1994 – 1997 di Thailand, Indonesia dan Malaysia	1
Tabel	2. Produksi ban roda empat menurut jenis dari tahun 1990-1992 (000 unit).....	2
Tabel	3. Spesifikasi SIR 20 (SK Menteri Perdagangan No 184/ KP/ VI/ 1988).....	5
Tabel	4. Formula kompon seri kesatu	13
Tabel	5. Formula kompon seri kedua	16
Tabel	6. Formula kompon seri ketiga	18
Tabel	7. Formula kompon seri keempat	21
Tabel	8. Hasil uji fisik vulkanisat penelitian seri kesatu, kedua ketiga dan keempat.....	66

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1. Struktur molekul 1, 4 cis poliisoprena.....	4
Gambar 2. Struktur molekul karet polikloropren.....	6
Gambar 3. Struktur molekul karet polibutadien.....	7
Gambar 4. Posisi putusnya rantai molekul.....	8
Gambar 5. Proses oksidasi radikal bebas.....	8
Gambar 6. Contoh uji dayung.....	24
Gambar 7. Contoh uji ketahanan sobek.....	26
Gambar 8. Permukaan contoh yang akan diukur bagian yang tidak tersobekan.....	26
Gambar 9. Tegangan putus dan ketahanan sobek vulkanisat seri kesatu.....	32
Gambar 10. <i>Scanning electron micrograph</i> contoh yang dibuat dengan penggilingan konvensional (x1000).....	34
Gambar 11. <i>Scanning electron micrograph</i> contoh yang dibuat dengan penggilingan <i>split feeding</i> (x1000).....	34
Gambar 12. Ketahanan kikis, kepegasan pantul, kekerasan dan kalor timbul vulkanisat seri kesatu.....	37
Gambar 13. Grafik tegangan putus dan ketahanan sobek vulkanisat seri kedua	40
Gambar 14. Grafik kalor timbul, kepegasan pantul dan <i>bound rubber</i> vulkanisat seri kedua	41
Gambar 15. Grafik ketahanan kikis dan kekerasan vulkanisat seri kedua.....	43

Gambar 16.	Grafik tegangan putus dan ketahanan sobek vulkanisat seri ketiga.....	45
Gambar 17.	Grafik kepegasan pantul, kalor timbul dan <i>bound rubber</i> vulkanisat seri ketiga.....	47
Gambar 18.	Grafik ketahanan kikis dan kekerasan vulkanisat seri ketiga.....	48
Gambar 19.	Grafik tegangan putus dan ketahanan sobek vulkanisat seri keempat.....	51
Gambar 20.	Grafik kepegasan pantul, kalor timbul dan <i>bound rubber</i> vulkanisat seri keempat.....	52
Gambar 21.	Grafik ketahanan kikis dan kekerasan vulkanisat seri keempat.....	53
Gambar 22.	Mesin penggiling <i>banbury mixer</i>	67
Gambar 23.	Mesin penggiling gilingan terbuka (<i>open mill</i>).....	68
Gambar 24.	Mesin vulkanisasi.....	69



DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1. Rheograph vulkanisat penelitian seri kesatu.....	62
Lampiran 2. Rheograph vulkanisat penelitian seri kedua.....	63
Lampiran 3. Rheograph vulkanisat penelitian seri ketiga.....	64
Lampiran 4. Rheograph vulkanisat penelitian seri keempat.....	65
Lampiran 5. Hasil uji fisik.....	66
Lampiran 6. Gambar mesin pengolah kompon karet.....	67

I. PENDAHULUAN

Menurut Setyamidjaja (1993), tanaman karet tersebar di seluruh Indonesia dengan luas mencapai 2.944.000 hektar, sehingga Indonesia mempunyai lahan karet yang terluas di seluruh dunia (Tim Penebar Swadaya, 1992). Tanaman karet mempunyai nilai ekonomis yang tinggi. Pohon karet dapat disadap menghasilkan lateks. Dari lateks tersebut dapat diolah menjadi bahan baku industri baik dalam bentuk lateks pekat maupun karet padat. Pada tahun 1988 Indonesia merupakan penghasil produk karet kedua terbesar di dunia setelah Malaysia dengan pangsa pasar sebesar 26.6 persen. Menurut data dari IRSG (1998), seperti tercantum pada Tabel 1, tahun 1994 hingga tahun 1997 Indonesia menempati posisi nomor dua, posisi nomor satu Thailand, sedangkan Malaysia menempati posisi nomor tiga.

Tabel 1. Produksi karet alam tahun 1994 – 1998 di Thailand, Indonesia dan Malaysia (ribu ton)

Negara	Tahun			
	1994	1995	1996	1997
Thailand	1717.9	1804.8	1527	2029.6
Indonesia	1360.8	1466.8	1970	1571.8
Malaysia	1100.6	1089.3	1082.5	971.1

Sumber : IRSG, Juni 1998.

Honggokusumo (1994) menyatakan bahwa jenis ban dibagi menurut jenis kendaraan bermotor : penumpang atau sedan, angkutan dan sejenisnya. Kendaraan angkutan terdiri dari truk mini (MT), truk ringan (LT), dan truk/bus (T/B). Dua pertiga dari jenis ban truk/bus yang diproduksi merupakan jenis ban vulkanisir. Produksi ban menurut jenisnya dari tahun 1990 hingga 1992 disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Produksi ban roda empat menurut jenis dari tahun 1990-1992, (000 unit)

Jenis Ban	Tahun		
	1990	1991	1992
Sedan	2.530,8	2.357,1	2.591,0
MT	844,2	854,2	911,1
LT	3.757,1	4.186,9	4.272,9
T/B	1.072,9	1.087,1	1.607,2
Jumlah	8.204,5	8.485,3	8.782,2

Dewasa ini pembangunan jalan bebas hambatan semakin banyak dilaksanakan. Menurut Biro Pusat Statistik (BPS) panjang jalan yang diaspal di Indonesia pada tahun 1995 mencapai 175.358 km meningkat dari 164.866 km di tahun 1994. Dengan adanya jalan bebas hambatan, kendaraan dapat melaju dengan kecepatan tinggi. Berdasarkan data yang diperoleh, kecelakaan di jalan bebas hambatan lebih banyak disebabkan oleh faktor ban pecah yaitu 62.6 persen, disusul oleh kerusakan rem sebesar 18 persen (Jasa Marga, 1989).

Pecahnya ban dapat disebabkan oleh berbagai faktor seperti pada saat mobil sedang melaju, ban akan mengalami lenturan berulang-ulang dan akan timbul panas akibat gesekan antar molekul ban. Panas yang timbul akibat pemakaian ban ini disebut kalor timbul. Karet adalah pengantar panas yang buruk, sehingga menyebabkan panas tidak mudah keluar dari ban. Hal ini menyebabkan ban akan semakin panas dan bisa menyebabkan kekuatan ban berkurang. Dalam keadaan yang lebih buruk dapat menyebabkan ban menjadi pecah (Willet, 1974). Oleh sebab itu perlu diteliti formula dan proses pencampuran kompon ban yang dapat menghasilkan vulkanisat dengan kalor timbul yang rendah dan ketahanan kikis yang baik.

Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari pengaruh pencampuran dengan sistem *split feeding* terhadap kalor timbul dan ketahanan kikis vulkanisat telapak ban. Hasil yang diharapkan dari penelitian ini yaitu untuk mengetahui formula proses pencampuran terpisah (*split feeding*) dan pengaruh terhadap sifat fisik vulkanisat telapak ban, sehingga memiliki kalor timbul yang rendah dan ketahanan kikis yang optimum.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. TANAMAN KARET

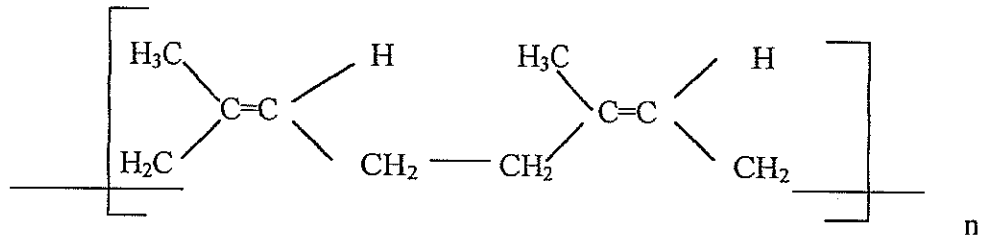
Tanaman karet mempunyai nama latin *Hevea brasiliensis*. Tanaman ini berasal dari Brazil dan dibawa ke Indonesia oleh Henry A. Wickham pada tahun 1876. Wickham memasukan biji karet ke kebun percobaan pertanian di Bogor dan kemudian terbukti bahwa pertumbuhan karet di Bogor sangat memuaskan. Oleh karena itu, kemudian dilanjutkan dengan memasukan bibit-bibit karet yang berikutnya (Setyamidjaja, 1993).

Untuk membuat suatu produk dari tanaman karet, komponen yang diambil adalah getah karet yang dinamakan lateks (Tim Penebar Swadaya, 1992). Pengambilan getah (penyadapan) dilakukan dengan jalan melukai batang pohon karet dan menampung getahnya pada suatu alat yang bernama mangkuk sadap. Penyadapan biasanya dilakukan di pagi hari, pukul 05.00 – 06.00 untuk mendapatkan hasil yang maksimal.

B. LATEKS

Lateks alam adalah suatu cairan koloid kompleks yang berwarna putih kekuningan seperti susu yang disadap dari pohon karet *Hevea brasiliensis*. Dalam cairan lateks, butiran karet terdispersi dalam fase cair (Archer, *et al.*, 1963). Lateks adalah sitoplasma yang terdapat di dalam pembuluh lateks pada tekanan turgor (tekanan pada dinding sel oleh isi sel) antara 10-14 atmosfer, jika masih berada di dalam pembuluh lateks yang belum disadap. Penyadapan dilakukan pada kulit hampir mencapai kambium. Segera setelah pohon disadap, terjadi penurunan tekanan di dalam pembuluh lateks. Pada waktu yang bersamaan lateks mengalir mengakibatkan mengerutnya pembuluh lateks dan pergerakan cairan masuk ke dalam pembuluh (Honggokusumo, 1978).

Morton (1963) menyatakan bahwa karet alam (*Hevea brasiliensis*) dalam lateks adalah makro molekul poliisoprena yang bergabung dengan ikatan kepala ekor (*head to tail*). Konfigurasi dari polimer tersebut adalah 'cis' dengan susunan ruang yang teratur, sehingga rumus karet alam adalah 1,4 cis poliisoprena (Gambar 1). Susunan yang demikian menyebabkan karet mempunyai sifat yang kenyal.



Gambar 1. Struktur molekul 1,4 cis-poliisoprena
(Archer *et al.*, 1963)

C. KARET ALAM DAN SINTETIK

Karet alam memiliki kelebihan dibandingkan dengan karet sintetik. Kelebihan-kelebihan itu di antaranya memiliki daya elastisitas 'sempurna', plastisitas yang baik, sedangkan vulkanisatnya mempunyai ketahanan kikis tinggi, daya aus tinggi, tidak mudah panas selama pemakaian, serta daya tahan yang tinggi terhadap keretakan akibat pelenturan yang berulang-ulang.

Kelebihan karet sintetik adalah lebih tahan terhadap berbagai zat kimia. (Tim Penebar Swadaya, 1992) Produk karet alam di antaranya karet remah, sedangkan di antara jenis karet sintetik adalah karet polikloropren, karet polibutadien dan lain-lain.



1. Karet Remah (*Crumb Rubber*)

Menurut Setyamidjaja (1993) karet remah merupakan karet alam yang relatif baru. Karet ini dalam perdagangan disebut juga dengan karet spesifikasi teknis. Hal ini dikarenakan karet ini ditentukan kualitasnya secara teknis melalui analisis yang dilakukan di laboratorium. Karet remah memiliki berbagai macam kualitas. Di Indonesia penentuan kualitas ini berpedoman kepada *Standar Indonesia Rubber* (SIR). Perkembangan permintaan pasar karet luar negeri menuntut dilakukannya beberapa kali penyempurnaan dan yang terakhir adalah ditetapkan skema SIR oleh Menteri Perdagangan Republik Indonesia yang mulai berlaku sejak 1 Januari 1989, seperti yang tercantum pada Tabel 3. Karet remah yang digunakan dalam penelitian ini adalah karet SIR 20.

Tabel 3. Spesifikasi karet SIR 20 (SK Menteri Perdagangan No.184/KP/VI/1988)

Spesifikasi	
Kadar kotoran (persen maksimum)	0.20
Kadar abu (persen maksimum)	1.20
Kadar zat menguap (persen maksimum)	0.80
PRI (persen minimal)	50
Po (minimal)	30
Kadar Nitrogen (maks b/b)	0.60

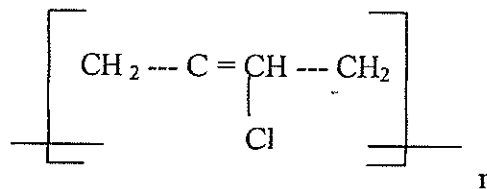
Sumber: Hasil Keputusan Pertemuan Teknis Evaluasi Pelaksanaan Pengawasan Mutu Barang Ekspor, Impor dan Produksi Dalam Negeri, Jakarta 15-16 Februari 1988.

Karet remah SIR 20 termasuk karet dengan mutu yang relatif rendah. Bahan baku karet ini berasal dari lump mangkok, lump tanah, krep mutu 'rendah' (*brown creep*), maupun lump yang menempel pada batang pohon.

Mutu yang 'rendah' ini menyebabkan karet ini harganya murah dan mudah didapat sehingga digunakan pada industri ban (Setyamidjaja, 1993).

2. Karet Polikloropren

Menurut Blackley (1983), karet polikloropren merupakan karet sintetik yang diproduksi dari emulsi polimerisasi radikal bebas *chloropren*. Karet ini pertama kali diperkenalkan pada tahun 1932 oleh Du Pont dengan nama dagang Dupren, belakangan ini banyak dijual dengan nama neoprene. Karet polikloropren memiliki rumus bangun seperti berikut.



Gambar 2. Struktur molekul karet polikloropren (Blackley ,1983)

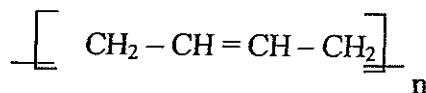
Karet ini mempunyai sifat ketahanan yang amat baik terhadap penguraian oksidatif. Vulkanisatnya memiliki ketahanan yang sangat baik terhadap minyak serta zat kimia. Pemakaian neopren dalam ban memberikan sifat yang istimewa, yaitu ketahanan terhadap minyak, panas dan keausan yang sangat baik. (Budiman, 1974).

Menurut Fletcher (1971), daya pantul karet polikloropren berada di atas karet alam pada kekerasan di atas 50 shore A. Ketahanan vulkanisat karet polikloropren terhadap penguraian oksidatif sangat baik walaupun karet polikloropren berada secara terus menerus pada suhu 85 hingga 90° Celcius jika diberi antioksidan yang sesuai.

Vulkanisat karet polikloropren menunjukkan ketahanan yang tinggi terhadap retak lentur. Karet polikloropren juga tahan terhadap api, hal ini disebabkan karena karet polikloropren memiliki gugus klorin (Cl) pada molekulnya. Karet polikloropren menjadi keras pada suhu yang rendah karena kristalisasi karet polikloropren, kristalisasi berlangsung jika karet polikloropren berada pada suhu -10° Celcius untuk waktu yang lama. Kristalisasi dapat terjadi pada karet polikloropren mentah, kompon yang belum matang, maupun vulkanisatnya.

3. Karet Polibutadien

Karet polibutadien merupakan karet sintetik yang diproduksi dari hidrokarbon minyak bumi (Morton, 1963). Vulkanisat karet polibutadien pada telapak ban akan memberikan sifat kepegasan yang tinggi, ketahanan aus besar dan kalor timbul yang rendah. Selain itu, menurut Arizal (1990), karet polibutadiena memiliki sifat ketahanan retak lentur (*flex cracks resistance*) yang baik. Struktur molekul karet polibutadien dapat dilihat pada Gambar 3.



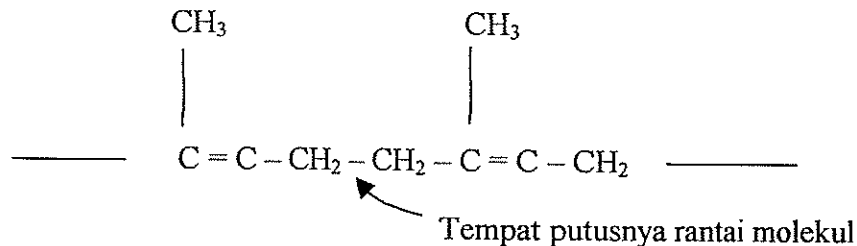
Gambar 3. Struktur molekul karet polibutadien (Blacklay, 1983)

D. MASTIKASI

Menurut Krishna (1990), pembuatan barang jadi karet dilakukan melalui pencampuran berbagai macam bahan baku. Bahan baku tersebut sebagian besar bentuknya padat, sehingga sangat sulit mencampurkan bahan-bahan tersebut untuk menjadi homogen. Mastikasi merupakan suatu proses perlakuan

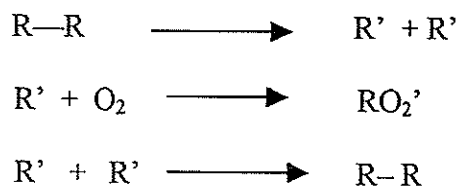
pendahuluan terhadap karet yang bertujuan untuk melunakan karet sehingga mudah bercampur dengan bahan-bahan lain.

Menurut Ceresa (1978) pelunakan karet akibat mastikasi disebabkan oleh pemutusan rantai molekul polimer sehingga di dapat berat molekul yang lebih rendah. Pada karet alam terjadi penurunan berat molekul menjadi sepuluh kali lebih rendah. Tenaga yang berperan pada mastikasi adalah tenaga mekanis yang berasal dari gaya gesek antara penggiling dengan karet dan antara karet itu sendiri. Pemutusan terjadi pada ikatan karbon-karbon pada rantai utama (*back bone*) yaitu $--CH_2 - CH_2--$. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat Gambar 4.



Gambar 4. Posisi putusnya rantai molekul (Ceresa, 1978)

Putusnya molekul karet (R) diakibatkan oleh mastikasi. Putusnya rantai molekul akan diikuti oleh terikatnya oksigen (O_2) dari udara pada radikal-radikal bebas, sehingga terbentuk molekul-molekul yang stabil. Oksigen dalam hal ini berperan untuk menghalangi terjadinya penggabungan kembali rantai-rantai molekul yang putus sehingga mastikasi menjadi efektif. Sisa radikal bebas yang tidak berikatan dengan oksigen akan berikatan kembali. Proses ini dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Proses oksidasi radikal bebas (Khrisna, 1990)

E. SPLIT FEEDING

Menurut Arizal (1989), *split feeding* merupakan cara baru dalam pencampuran kompon karet. Dalam *split feeding* terjadi pencampuran tiga langkah. Dua langkah merupakan pencampuran konvensional, sedangkan langkah lainnya merupakan penambahan karet yang tersisa.

Kompon karet yang dicampur dengan metoda ini akan memberikan kelebihan pada ketahanan sobek, ketahanan kikis dan kalor timbul dibandingkan dengan metoda pencampuran konvensional. Kelebihan-kelebihan ini disebabkan oleh dispersi bahan yang ditambahkan ke dalam karet akan lebih merata dibandingkan cara konvensional karena efisiensi penghancuran agglomerat hitam karbon menjadi agregat dan partikel hitam karbon akan lebih baik.

F. VULKANISASI

Vulkanisasi merupakan suatu proses reaksi kimia yang dapat mengubah sifat karet dari plastis menjadi elastis, serta dapat meningkatkan tegangan putusnya (Polhamus, 1962). Menurut Abednego (1988) vulkanisasi terjadi karena adanya reaksi antara karet dengan bahan pemvulkanisasi yang akan menghasilkan ikatan silang antara rantai-rantai molekulnya. Pada vulkanisasi dengan belerang, umumnya dinyatakan bahwa rantai-rantai poliisopren dihubungkan satu sama lain secara kovalen oleh gugus-gugus mono-, di- dan polisulfida.

Bahan olah yang digunakan dalam pembuatan karet mentah dapat mempengaruhi sifat-sifat fisik seperti : tegangan putus, perpanjangan putus, retak lentur dan terutama proses pengolahannya serta mutunya sebagai barang jadi (Spillane, 1989).

Pembuatan kompon bertujuan untuk mendapatkan campuran yang homogen antara bahan baku karet dengan bahan-bahan tertentu dengan

menggunakan gilingan (Suseno, 1990), susunan suatu kompon terdiri dari berbagai jenis bahan kimia. Bahan-bahan kimia karet dapat dikelompokkan ke dalam golongan bahan pemvulkanisasi, pencepat, penggiat (*activator*), anti degradasi, pengisi dan pelunak. Bahan pemvulkanisasi yang digunakan adalah belerang. Bahan ini sangat dibutuhkan dalam proses vulkanisasi. Tanpa bahan tersebut kompon tidak akan matang. Bahan tersebut mengikat rantai-rantai molekul karet yang terlepas dan bergerak bebas menjadi suatu bentuk jaringan tiga dimensi. Kompon yang semula lembek dan plastis, diubah menjadi bahan karet yang kuat dan elastis.

Untuk mempercepat vulkanisasi diperlukan satu jenis atau kombinasi dari dua atau lebih bahan pencepat. Bahan pencepat yang digunakan adalah TBBS (*N-tert-Butyl-2-benzothiazolesulfenamide*) atau dengan nama dagang Santocure NS (Anonim, 1977).

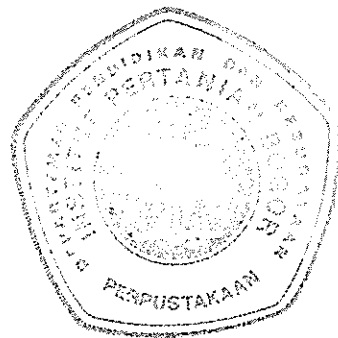
Asam stearat dan ZnO digunakan sebagai bahan penggiat. Bahan penggiat ini digunakan mempertinggi kerja dari bahan pencepat. Asam stearat juga dapat berfungsi sebagai bahan anti lengket pada gilingan. Sebagai pengisi, digunakan hitam karbon. Hitam karbon digunakan untuk meningkatkan tegangan putus dan kekerasan vulkanisat (Morrell, 1971).

Untuk melindungi campuran karet dari gangguan oksigen dan ozon, maka digunakan antioksidan. Anti oksidan yang digunakan adalah *N-(1,3 Dimethylbutyl)-N-phenyl-p-phenylenediamine* atau sering disebut Santoflex 13. Santoflex 13 dapat memberikan proteksi terhadap oksidasi maupun gangguan ozone. Santoflex 13 biasanya digunakan untuk produk ban, sabuk serta kebutuhan mekanik (Anonim, 1977).

Bahan pelunak (*plasticizer*) yang digunakan pada penelitian ini adalah *microcrystallin wax* dan Minarex B. Bahan pelunak berguna untuk memudahkan pencampuran bahan, memperlambat tingkat keusangan akibat gas dan air serta dispersinya menjadi lebih baik. untuk karet polar seperti NBR (*nitrile butyl*



rubber) dan CR (chloropren rubber) digunakan DOP (dioktilftalat) sebagai bahan pelunak (Abednego ,1988).



III. BAHAN DAN METODA

A. BAHAN DAN ALAT

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah karet mentah SIR 20, karet sintetik polibutadien dan karet sintetik polikloropren. Bahan kimia pembantu yang digunakan adalah hitam karbon N330 (HAF Black), minarex B, ZnO, asam stearat, microcrystalin wax, santoflex 13, MgO, DOP cair, TBBS dan Sulfur. Semua bahan di atas didapat dari Balai Penelitian Teknologi Karet Bogor.

Alat-alat yang digunakan adalah neraca sartorius, neraca analitik, gunting, penghitung waktu, *banbury mixer*, gilingan terbuka (open mill), alat pemasak vulkanisat, labu erlenmeyer, kuas, oven, serta alat pengujian: *oschilation disc rheometer*, *tensometer*, *thicknessmeter*, *shore A durometer*, DIN *abrader*, *goodrich flexometer* dan *lupke impact resiliometer*.

B. WAKTU DAN TEMPAT

Penelitian dilaksanakan tanggal 1 April 1998 sampai dengan 29 Juli 1998 di pabrik percobaan, laboratorium fisika dan laboratorium kimia Balai Penelitian Teknologi Karet Bogor.

C. METODE PENELITIAN

Penelitian terdiri dari empat seri, yaitu penelitian seri kesatu, kedua, ketiga dan keempat.

1. Penelitian Seri Kesatu

Penelitian seri kesatu bertujuan untuk mengetahui jumlah karet polikloropren yang memberikan ketahanan kikis yang paling baik. Karet terpisah merupakan karet alam.

a. Penyiapan Bahan

Bahan-bahan ditimbang dengan komposisi seperti yang diperlihatkan pada Tabel 4.

Tabel 4. Formula kompon seri kesatu

Bahan	Kontrol (Phr)	I (Phr)	II (Phr)	III (Phr)	Keterangan
Karet	-	5	10	15	Gilingan tahap pertama
Polikloropren					
SIR 20	80	50	45	40	
polibutadien	20	20	20	20	
HAF Black	45	45	45	45	
Minarex B	5	5	5	5	
Asam stearat	2	2	2	2	
ZnO	5	5	5	5	
Microcrystalin wax	0.75	0.75	0.75	0.75	
Santoflex 13	2	-	-	-	Gilingan Tahap kedua
Kompon I					
SIR 20	-	25	25	25	
Santoflex 13	-	2	2	2	Gilingan Tahap ketiga
Kompon II					
Sulfur	1.5	1.5	1.5	1.5	
TBBS	1.5	1.5	1.5	1.5	

b. Penggilingan

Penggilingan dengan sistem *split feeding* berbeda dengan penggilingan biasa. Pada penggilingan sistem ini, terdapat karet terpisah yang ditambahkan pada penggilingan kedua serta sulfur dan bahan pencepat pada penggilingan tahap ketiga.

Gilingan tahap pertama dilakukan pada *banbury mixer*. Bahan yang pertama kali dimasukkan adalah SIR 20, karet polibutadien dan karet polikloropren selama setengah menit. Selanjutnya dimasukkan campuran setengah hitam karbon (HAF Black) dengan ZnO selama satu menit. Lalu campuran setengah hitam karbon dengan minarex B, microcrystalin wax dan asam stearat dilakukan selama satu menit. Penggilingan dilanjutkan selama dua setengah menit dengan membuka tutup *banbury mixer* setiap setengah menit. Total waktu penggilingan lima menit. Kompon disimpan pada suhu kamar selama satu malam.

Gilingan tahap kedua juga dilakukan pada *banbury mixer*. Pada gilingan tahap kedua ini, bahan yang pertama kali dimasukkan adalah kompon hasil gilingan pertama selama setengah menit. Kemudian dilanjutkan berturut turut karet terpisah selama setengah menit dan santoflex 13 selama setengah menit. Penggilingan dilanjutkan selama satu menit dengan membuka tutup *banbury mixer* setiap setengah menit. Total waktu penggilingan dua setengah menit. Kompon disimpan pada suhu kamar selama satu malam.

Gilingan tahap ketiga merupakan gilingan terakhir dan dilakukan pada alat gilingan terbuka. Pada gilingan tahap ketiga bahan yang pertama kali dimasukkan adalah kompon hasil gilingan tahap kedua. Kompon tersebut dimastikasi terlebih dahulu selama dua menit. Selanjutnya dimasukkan secara bersamaan TBBS dan sulfur lalu digiling selama dua menit. Pada pencampuran kedua bahan tersebut dilakukan

pemotongan kompon tiga kali kiri dan tiga kali kanan secara menyilang untuk meratakan pencampuran. Tahap terakhir dari gilingan tahap ketiga adalah dilakukan *blending* (pengadukan) sebanyak 6 kali terhadap kompon, untuk lebih menghomogenkan kompon.

2. Penelitian Seri Kedua

Penelitian seri kedua merupakan penelitian seri lanjutan dari seri pertama. Pada seri kedua ini, pada kompon yang memiliki ketahanan kikis yang tertinggi pada penelitian seri kedua, diberi bahan pemvulkanisasi tersendiri yaitu ZnO dan MgO langsung pada karet polikloropren pada gilingan tahap kedua (vulkanisat IV). Juga diteliti pengaruh penambahan karet sintetik sebagai karet yang terpisah.

a. Penyiapan Bahan

Bahan bahan ditimbang dengan komposisi seperti yang tercantum pada Tabel 5.

b. Penggilingan

Gilingan tahap pertama dilakukan pada *banbury mixer*. Bahan yang pertama kali dimasukkan adalah SIR 20, dan polibutadien selama setengah menit. Selanjutnya dimasukkan campuran setengah hitam karbon dengan ZnO selama satu menit. Lalu campuran setengah hitam karbon dengan minarex B, lilin microcrystalin dan asam stearat dilakukan selama satu menit. Khusus untuk kontrol, santoflex 13 dimasukkan bersamaan dengan campuran setengah hitam karbon yang kedua. Penggilingan dilanjutkan selama dua setengah menit dengan

membuka tutup *banbury mixer* setiap setengah menit. Total waktu penggilingan lima menit. Kompon disimpan pada suhu kamar selama satu malam.

Tabel 5. Formula kompon seri kedua

Bahan	Kontrol (Phr)	I (Phr)	II (Phr)	III (Phr)	IV (Phr)	Keterangan
SIR 20	80	75	70	65	70	Gilingan tahap pertama
polibutadiena	20	-	5	10	5	
HAF Black	45	40	40	40	45	
Minarex B	5	5	5	5	5	
ZnO	5	5	5	5	5	
Asam stearat	2	2	2	2	2	
Microcrystalin wax	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	
Santoflex 13	2	-	-	-	-	
Kompon I						Gilingan Tahap kedua
polikhloropren	-	5	10	15	10	
HAF Black	-	2.5	2.5	2.5	-	
polibutadiena	-	20	15	10	15	
HAF Black	-	2.5	2.5	2.5	-	
Santoflex 13	-	2	2	2	2	
ZnO	-	-	-	-	0.4	
MgO	-				0.4	
Asam Stearat	-				0.1	
Kompon II						Gilingan tahap ketiga
TBBS	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	
Sulfur	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	

Gilingan tahap kedua dilakukan sebagai berikut. Sebelum digunakan *banbury mixer*, terlebih dahulu digunakan mesin gilingan terbuka untuk membuat kompon induk (*masterbatch*). Kompon induk pertama adalah campuran polibutadien dengan hitam karbon, kompon induk kedua adalah campuran antara karet polikhloropren dengan hitam karbon, dan kompon induk ketiga adalah untuk campuran karet polikhloropren dengan MgO, ZnO dan asam stearat. Kompon induk

pertama dan kedua digunakan untuk kompon I, II dan III. Sedangkan kompon IV menggunakan kompon induk ketiga dan ditambah polibutadien yang telah dimastikasi di mesin gilingan terbuka. Jumlah masing-masing bahan yang dibuat kompon induk-nya disesuaikan dengan formula pada Tabel 5.

Setelah pembuatan kompon induk selesai, penggilingan dilanjutkan dengan menggunakan *banbury mixer*. Pada gilingan tahap kedua, bahan yang pertama kali dimasukkan adalah kompon hasil gilingan pertama selama setengah menit. Kemudian dilanjutkan berturut turut karet terpisah (kompon induk) selama setengah menit dan santoflex 13 selama setengah menit, kecuali untuk kontrol. Penggilingan dilanjutkan selama satu menit dengan membuka tutup *banbury mixer* setiap setengah menit. Total waktu penggilingan dua setengah menit. Kompon disimpan pada suhu kamar selama satu malam.

Gilingan tahap ketiga merupakan gilingan terakhir dan dilakukan pada alat mesin gilingan terbuka. Pada gilingan tahap ketiga bahan yang pertama kali dimasukkan adalah kompon hasil gilingan tahap kedua. Kompon tersebut dimastikasi terlebih dahulu selama dua menit. Selanjutnya dimasukkan secara bersamaan TBBS dan sulfur lalu digiling selama dua menit. Pada pencampuran kedua bahan tersebut dilakukan pemotongan kompon tiga kali kiri dan tiga kali kanan secara menyilang untuk meratakan pencampuran. Tahap terakhir dari gilingan tahap ketiga adalah dilakukan *blending* (pengadukan) sebanyak enam kali terhadap kompon untuk lebih menghomogenkan kompon.

3. Pelitian Seri Ketiga

Penelitian seri ketiga merupakan kelanjutan dari seri kedua. Pada penelitian seri ini, dicobakan proses pencampuran sistem *split feeding*

terhadap kompon yang tidak mengandung karet polikloropren. Disamping itu juga ditambahkan DOP cair bagi kompon yang mengandung karet polikloropren.

a. Penyiapan Bahan

Bahan-bahan ditimbang dengan komposisi seperti yang terlihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Formula kompon seri ketiga

Bahan	Kontrol I (Phr)	I (Phr)	II (Phr)	Kontrol II (Phr)	III (Phr)	IV (Phr)	V (Phr)	Gilingan ke -
SIR 20	80	75	55	70	70	70	70	Satu
polibutadiena	20	-	20	20	5	5	5	
polikloropren	-	-	-	10	-	-	-	
HAF Black	45	45	45	45	45	45	40	
Minarex B	5	5	5	5	5	6	5	
ZnO	5	5	5	5.4	5	5	5	
Asam stearat	2	2	2	2.1	2	2	2	
Microcrystalin wax	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	
Santoflex 13	2	-	-	2	-	-	-	
Kompon I								Dua
polikloropren	-	-	-	-	10	10	10	
polibutadien	-	20	-	-	15	15	15	
SIR 20	-	5	25	-	-	-	-	
HAF Black	-	-	-	-	-	-	5	
Santoflex 13	-	2	2	-	2	2	2	
ZnO	-	-	-	-	0.4	0.4	0.4	
MgO	-	-	-	-	0.4	0.4	0.4	
DOP Cair	-	-	-	-	1	1	1	
Asam Stearat	-	-	-	-	0.1	0.1	0.1	
Kompon II								Tiga
TBBS	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	
DOP Cair	-	-	-	1	-	-	-	
MgO	-	-	-	0.4	-	-	-	
Sulfur	1.5	1.5	1.5	1.5		1.5	1.5	

b. Penggilingan

Gilingan tahap pertama dilakukan pada *banbury mixer*. Bahan yang pertama kali dimasukkan adalah SIR 20 dan polibutadien. Khusus untuk Kontrol II karet polikloropren juga disertakan. Campuran karet tersebut digiling selama setengah menit. Selanjutnya dimasukkan campuran setengah hitam karbon dengan ZnO selama satu menit. Lalu campuran setengah hitam karbon dengan minarex B, microcrystalin wax dan asam stearat. Campuran ini digiling selama satu menit. Khusus untuk kontrol I dan kontrol II, santoflex 13 dimasukkan bersamaan dengan campuran setengah hitam karbon yang kedua. Penggilingan dilanjutkan selama dua setengah menit dengan membuka tutup *banbury mixer* setiap setengah menit. Total waktu penggilingan lima menit. Kompon disimpan pada suhu kamar selama satu malam.

Gilingan tahap kedua dilakukan sebagai berikut. Sebelum digunakan *banbury mixer*, terlebih dahulu digunakan mesin gilingan terbuka untuk membuat kompon induk. Kompon induk pertama adalah campuran antara karet polikloropren dengan ZnO, MgO, asam stearat dan DOP cair. Kompon induk kedua adalah campuran antara karet polikloropren dengan hitam karbon, ZnO, MgO, asam stearat dan DOP cair. Kompon induk pertama digunakan pada kompon III dan IV ditambah dengan karet polibutadien yang telah dimastikasi. Kompon induk kedua digunakan untuk kompon V ditambah dengan polibutadien yang telah dimastikasi. Sedangkan kompon I menggunakan SIR 20 dan ditambah karet polibutadien yang telah dimastikasi di mesin gilingan terbuka. Kompon II menggunakan SIR 20 yang telah dimastikasi di mesin gilingan terbuka. Jumlah masing-masing bahan yang dibuat kompon induk-nya disesuaikan dengan formula pada Tabel 6.

Setelah pembuatan kompon induk selesai, penggilingan dilakukan pada *banbury mixer*, untuk mencampurkan kompon induk dengan kompon yang

berasal dari gilingan tahap pertama. Pada gilingan tahap kedua, bahan yang pertama kali dimasukkan adalah kompon hasil gilingan tahap pertama selama setengah menit. Kemudian dilanjutkan berturut turut karet terpisah (kompon induk) selama setengah menit dan santoflex 13 selama setengah menit, kecuali untuk kontrol. Penggilingan dilanjutkan selama satu menit dengan membuka tutup *banbury mixer* setiap setengah menit. Total waktu penggilingan dua setengah menit. Kompon disimpan pada suhu kamar selama satu malam.

Gilingan tahap ketiga merupakan gilingan terakhir dan dilakukan pada alat mesin gilingan terbuka. Pada gilingan tahap ketiga bahan yang pertama kali dimasukkan adalah kompon hasil gilingan tahap kedua. Kompon tersebut dimastikasi terlebih dahulu selama dua menit. Selanjutnya dimasukkan secara bersamaan TBBS, sulfur dan DOP cair (khusus untuk KII). Campuran ini digiling selama dua menit. Pada pencampuran kedua bahan tersebut (TBBS dan sulfur), dilakukan pemotongan kompon tiga kali kiri dan tiga kali kanan secara menyilang untuk meratakan pencampuran. Tahap terakhir dari gilingan tahap ketiga adalah dilakukan *blending* (pengadukan) sebanyak enam kali terhadap kompon untuk lebih menghomogenkan kompon.

4. Penelitian Seri Keempat

Pada penelitian seri keempat ini dicobakan untuk memberikan karet terpisah yang dimasukkan pada gilingan tahap kedua dengan jumlah lebih banyak. Formula merupakan pengembangan dari penelitian seri ketiga.

a. Penyiapan Bahan

Bahan bahan ditimbang dengan komposisi seperti yang terlihat pada Tabel 7.

Tabel 7. Formula kompon seri keempat

Bahan	Kontrol I (Phr)	I (Phr)	Kontrol II (Phr)	II (Phr)	III (Phr)	Gilingan ke
SIR 20	80	45	70	60	55	Satu
polibutadiena	20	20	20	-	-	
HAF Black	45	45	45	40	40	
Minarex B	5	5	5	5	5	
ZnO	5	5	5.4	5	5	
Asam stearat	2	2	2.1	2	2	
Micro-crystalin wax	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	
polikhloropren	-	-	10	-	-	
Santoflex 13	2	-	2	-	-	
Kompon I	-	-	-	-	-	Dua
karet	-	-	-	10	10	
polikhloropren	-	-	-	-	-	
polibutadiena	-	-	-	20	20	
SIR 20	-	35	-	10	15	
HAF Black	-	-	-	5	5	
Santoflex 13	-	2	-	2	2	
ZnO	-	-	-	0.4	0.4	
MgO	-	-	-	0.4	0.4	
DOP Cair	-	-	-	1	1	tiga
Asam Stearat	-	-	-	0.1	0.1	
Kompon II	-	-	-	-	-	
TBBS	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	
DOP Cair	-	-	1	-	-	
Sulfur	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	tiga
MgO	-	-	0.4	-	-	

b. Penggilingan

Gilingan tahap pertama dilakukan pada *banbury mixer*. Bahan yang pertama kali dimasukkan adalah SIR 20, dan polibutadien. Khusus untuk Kontrol II karet polikhloropren juga disertakan. Campuran karet digiling selama setengah menit. Selanjutnya dimasukkan campuran setengah hitam karbon dengan ZnO selama satu menit. Lalu campuran setengah hitam karbon dengan minarex B, microcrystalin wax dan asam stearat. Campuran

ini digiling selama satu menit. Khusus untuk kontrol I dan kontrol II, santoflex 13 dimasukkan bersamaan dengan campuran hitam karbon yang kedua. Penggilingan dilanjutkan selama dua setengah menit dengan membuka tutup *banbury mixer* setiap setengah menit. Total waktu penggilingan lima menit. Kompon disimpan pada suhu kamar selama satu malam.

Gilingan tahap kedua dilakukan sebagai berikut. Sebelum digunakan *banbury mixer*, terlebih dahulu digunakan mesin gilingan terbuka untuk membuat kompon induk. Kompon induk tersebut adalah campuran antara karet polikloropren dengan hitam karbon, ZnO, MgO, asam stearat dan DOP cair. Kompon II dan III menggunakan kompon induk tersebut dan ditambah dengan SIR 20 dan polibutadien yang telah dimastikasi. Kompon I menggunakan SIR 20 yang telah dimastikasi. Jumlah masing-masing bahan yang dibuat kompon induk-nya disesuaikan dengan formula pada Tabel 7.

Setelah pembuatan kompon induk selesai, penggilingan dilakukan pada *banbury mixer*, untuk mencampurkan kompon induk dengan kompon yang berasal dari gilingan tahap pertama. Pada gilingan tahap kedua, bahan yang pertama kali dimasukkan adalah kompon hasil gilingan kedua selama setengah menit. Kemudian dilanjutkan berturut turut karet terpisah (kompon induk) selama setengah menit dan santoflex 13 selama setengah menit, kecuali untuk kontrol. Penggilingan dilanjutkan selama satu menit dengan membuka tutup *banbury mixer* setiap setengah menit. Total waktu penggilingan dua setengah menit. Kompon disimpan pada suhu kamar selama satu malam.

Gilingan tahap ketiga merupakan gilingan terakhir dan dilakukan pada alat mesin gilingan terbuka. Pada gilingan tahap ketiga bahan yang pertama kali dimasukkan adalah kompon hasil gilingan tahap kedua. Kompon tersebut dimastikasi terlebih dahulu selama dua menit.

Selanjutnya dimasukkan secara bersamaan TBBS, sulfur dan DOP cair (khusus KII). Campuran Tersebut digiling selama dua menit. Pada pencampuran kedua bahan tersebut dilakukan pemotongan kompon tiga kali kiri dan tiga kali kanan secara menyilang untuk meratakan pencampuran. Tahap terakhir dari gilingan tahap ketiga adalah dilakukan *blending* (pengadukan) sebanyak enam kali terhadap kompon untuk lebih menghomogenkan kompon.

5. Pengujian Waktu Pemasakan (ISO 3417, 1984)

Pengujian ini dilakukan dengan menggunakan alat Rheometer. Prosedur pengujian mengikuti ISO 3417. Kompon yang telah dicampur bahan pemvulkanisasi dimasukkan ke dalam alat tersebut sebanyak delapan gram. Pengujian dilakukan dengan panas 140°C . Dari Rheograph dapat diketahui waktu yang dibutuhkan untuk memvulkanisasi kompon.

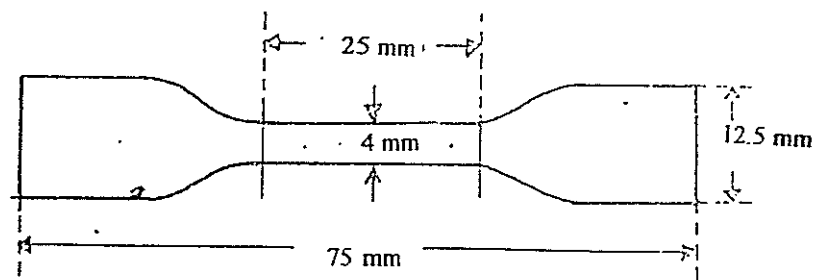
6. Vulkanisasi

Vulkanisasi dilakukan dengan pemasakan kompon hasil gilingan tahap ketiga ke dalam cetakan dengan panas 140°C . Jangka waktu antara gilingan ketiga sampai vulkanisasi minimal 24 jam. Waktu yang dibutuhkan untuk memasak kompon disesuaikan dengan waktu pengujian pada alat uji Rheometer. Pada vulkanisasi tersebut kompon dibuat dalam berbagai bentuk yang jumlah dan bentuknya disesuaikan dengan kebutuhan uji.

7. Pengamatan

a. Tegangan Putus (ISO 37, 1984)

Alat yang digunakan adalah Tensometer Llyod 2000 R dengan seperangkat komputer. Alat ini memiliki kecepatan tarik tetap 500 mm/menit dan mampu menarik contoh sepanjang 750 mm. Prosedur pengujian mengikuti ISO 37. Langkah pertama uji adalah dengan pembuatan sampel berbentuk dayung (*dumbbell*), dengan pisau khusus yang sesuai dengan standar ISO 37. Gambar dayung seperti pada Gambar 6.



Gambar 6. Contoh uji dayung (*dumbbell*)

Setelah *dumbbell* dibuat, pada *dumbbell*, dibagian yang sempit, diberi tanda dengan alat khusus sebagai batas pengukuran perpanjangan sepanjang 25 ± 1.0 mm. Dayung diukur tebalnya dengan *thicknessmeter* pada bagian sempit yang sejajar di tiga tempat yang berbeda. Nilai yang diambil adalah nilai tengah. Lalu *dumbbell* diletakan di antara dua penjepit alat. Ketika tensometer dijalankan, tanda yang dibuat tadi diikuti dengan alat khusus untuk mengetahui perpanjangannya.

Nilai yang diinginkan langsung tertera pada monitor setelah contoh uji ditarik hingga putus. Nilai yang diambil adalah nilai tengah dari lima pengukuran pada setiap nomor contoh uji. Perhitungan :

$$\text{Tegangan putus (N/mm}^2\text{)} = F/A$$

F = beban yang dicapai pada saat contoh uji putus (N atau kg)

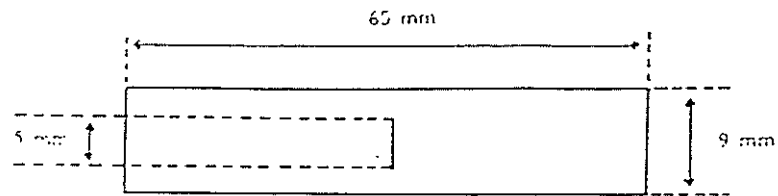
A = Luas perpanjangan awal contoh uji (mm² atau cm²)

b. Kekerasan (ISO 7619, 1984)

Prinsip uji ini adalah pengukuran penetrasi dari jarum dengan beban tetap. Alat yang digunakan adalah *Shore A Durometer* dengan prosedur mengikuti metoda ISO 7619 Uji dilakukan dengan jalan meletakkan contoh yang memiliki tebal minimum 6 mm pada alat dengan posisi minimum 12 mm dari jarum penekan. Tuas ditekan hingga contoh uji menekan jarum penekan, sehingga mengalami beban tekanan 9.81 Newton. Baca angka yang ada pada jarum penunjuk. Pengukuran dilakukan pada lima titik yang berbeda dan jarak antar titik pengukuran minimum 6 mm. Nilai kekerasan diambil sebagai nilai tengah dari lima pengukuran.

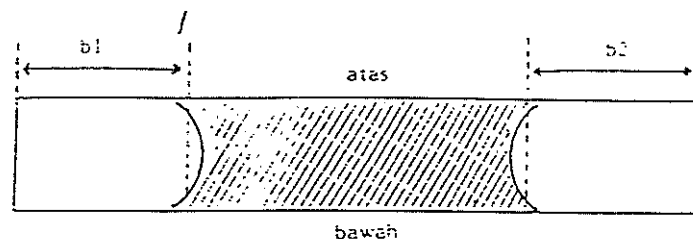
c. Ketahanan sobek (ISO 816, 1984)

Uji ini dilakukan untuk mengetahui ketahanan sobek dari vulkanisat. Cara uji adalah dengan membentuk contoh menjadi persegi panjang dengan pisau *delfi*. Contoh uji seperti terlihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Contoh uji ketahanan sobek

Ukur tebal contoh dengan *thicknessmeter*. Uji dilakukan dengan alat Tensometer sesuai dengan ISO 816. Contoh uji ditarik sampai putus dan dicatat tenaga yang dibutuhkan untuk menariknya. Ukur bagian contoh uji yang tidak tersobek dengan mikroskop geser, dimana bagian yang tidak tersobek seperti terlihat pada Gambar 8.



Gambar 8. Permukaan contoh uji yang akan diukur bagian yang tidak tersobek

Bagian yang diukur adalah jarak $b1$ dan jarak $b2$. Lebar contoh uji yang tidak tersobek adalah $b3 = b1 + b2$. Perhitungan nilai ketahanan sobek :

$$\text{Ketahanan sobek (N/mm}^2\text{)} = F / b3 d$$

F = tenaga untuk menyobek, Newton

d = tebal contoh uji, mm

$b3$ = lebar contoh uji yang tidak tersobek.

d. Ketahanan kikis (ISO 4649, 1984)

Uji ini menggunakan alat DIN *Abrader* dengan prosedur uji ISO 4649. Contoh uji yang digunakan berbentuk silinder dengan diameter 16 mm dan tebal 6 mm. Contoh uji ini dibuat dengan pisau khusus. Sebelum uji dilakukan, terlebih dahulu kertas pengikis diuji dahulu apakah masih layak pakai atau tidak. Kertas pengikis diuji dengan menggunakan karet standar. Kehilangan berat akibat pengikisan karet standar ini harus diantara 180 – 220 mg.

Uji memerlukan tiga contoh uji. Uji dilakukan dengan cara sebagai berikut

1. Contoh karet standar diuji dan ditimbang (S1)
2. Contoh uji no. 1 diuji dan ditimbang (A1)
3. Contoh uji no. 2 diuji dan ditimbang (B1)
4. Contoh uji no. 3 diuji dan ditimbang (C1)

Tahap ini dilakukan sebanyak tiga kali sehingga didapatkan S2, A2, B2, C2, A3, B3, C3 dan S4. Dari hasil pengujian dihitung berat rata-rata karet terkikis baik standar maupun contoh uji. Penghitungan dilakukan dengan rumus :

Untuk karet standar :

$$S = \frac{S1+S2+S3+S4}{4}$$

Sedangkan untuk contoh uji :

$$m = \frac{(A1+A2+A3)/3 + (B1+B2+B3)/3 + (C1+C2+C3)/3}{3}$$

Nilai ketahanan kikis dinyatakan sebagai volume yang terkikis, yang dihitung dengan rumus :

$$V = \frac{m \times S_0}{\rho \times S}$$

Dimana :

Nilai V = volume terkikis, mm^3

m = berat rata-rata contoh uji yang terkikis mg

S_o = faktor koreksi 200 mg

ρ = bobot jenis contoh, mg/mm^3

S = berat rata-rata karet standar yang terkikis, mg.

e. Kepegasan pantul (ISO 4662,1984)

Uji ini bertujuan untuk mengetahui tingkat serapan tenaga dari vulkanisat. Contoh uji dicetak pada saat vulkanisasi atau dibentuk dengan mesin *pons*. Contoh uji memiliki diameter minimum 58 mm dan tebal minimum 12.7 mm. Contoh uji diletakan pada pemegang alat lupke, prosedur kerja sesuai dengan ISO 4662 . Batang penguji yang telah ditarik ke angka 100 kemudian diayunkan ke contoh uji. Setelah memantul pada contoh uji, catat pada skala berapa batang penguji kembali.

f. Kalor timbul (ISO 4666, 1984)

Tujuan uji ini adalah untuk mengukur kenaikan suhu contoh uji akibat menderita beban osilasi penekanan secara terus menerus. Prosedur uji mengikuti ISO 4666. Contoh uji yang digunakan berupa silinder dengan tinggi 25 ± 0.15 mm dan diameter 17.8 ± 0.1 mm. Alat uji yang digunakan adalah *Goodrich Flexometer*. Tahapan pengujian adalah sebagai berikut. Oven diatur hingga memiliki suhu konstan 50°C . Sementara timbang dan ukur kekerasan contoh uji.. Setelah alat dikalibrasi, contoh uji dimasukan ke dalam oven. Setelah suhu contoh uji konstan, letakan contoh di antara dua plat di tengah-tengah termokopel lalu lepaskan lengan timbangan sehingga contoh uji tertekan. Hidupkan

mesin, contoh uji akan mengalami penekanan berulang kali selama 25 menit dengan kecepatan 1800 rpm. Selama uji berlangsung, suhu contoh uji akan tercatat oleh termokopel melalui kertas grafik. Keluarkan contoh uji dan kondisikan dalam suhu ruang selama satu jam. Contoh uji kemudian dicatat kembali tebal dan kekerasannya. Lalu hitung perubahan suhu, kekerasan dan tebal contoh uji. Perubahan-perubahan yang terjadi diakibatkan oleh penekanan berulang kali contoh uji.

g. Uji *bound rubber*

Cara kerja uji ini adalah sebagai berikut. Timbang contoh uji kompon karet sebanyak 0.2 g. Contoh tersebut direndam di dalam toluen 50 ml selama satu minggu. Saring dengan kertas saring contoh yang telah direndam tadi dan keringkan di dalam oven dengan suhu 55° C selama 24 jam. Perhitungan

$$\text{Bound rubber (g/g)} = \frac{D - [(B/C) \times A]}{[(E/C) \times A]}$$

A = Bobot contoh awal +/- 0.2 g

B = Phr yang tidak larut (HAF Black, ZnO, MgO)

C = Phr formula (total)

D = berat contoh yang telah dikeringkan kering (berat contoh + kertas saring dikurangi berat kertas saring)

E = Phr HAF black

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. PENELITIAN SERI KESATU

Penelitian seri kesatu dilaksanakan untuk melihat pengaruh penambahan karet polikloropren di dalam proses *split feeding*. Pengamatan dilakukan terhadap sifat-sifat fisik vulkanisat dengan formula seperti tercantum pada Tabel 4. Parameter yang diamati adalah tegangan putus (tensile strength), ketahanan sobek (tear strenght), ketahanan kikis (abrassion resistance), kepegasan pantul (rebound ressilience), kalor timbul (heat built up) dan kekerasan (hardness).

1. Tegangan Putus dan Ketahanan sobek

Horn (1971) menyatakan bahwa suatu bahan pengisi hitam karbon merupakan bahan pengisi yang dapat meningkatkan tegangan putus, ketahanan kikis dan ketahanan sobek. Blanchard (1961) menyatakan bahwa suatu bahan pengisi dikatakan sebagai bahan penguat apabila bahan tersebut dapat memberikan ketahanan kikis, ketahanan sobek, tegangan putus yang tinggi serta peningkatan kekerasan. Horn (1971) mengatakan bahwa dari 80 persen hitam karbon digunakan untuk produk ban. Hitam karbon dari jenis penguat berada dalam bentuk agregat. Untuk memperoleh sifat fisik yang baik, menurut Blanchard (1961) agregat di dalam karet harus dipecahkan. Pemecahan tersebut terjadi selama penggilingan atau pencampuran karet di dalam *banbury mixer* ataupun gilingan terbuka.

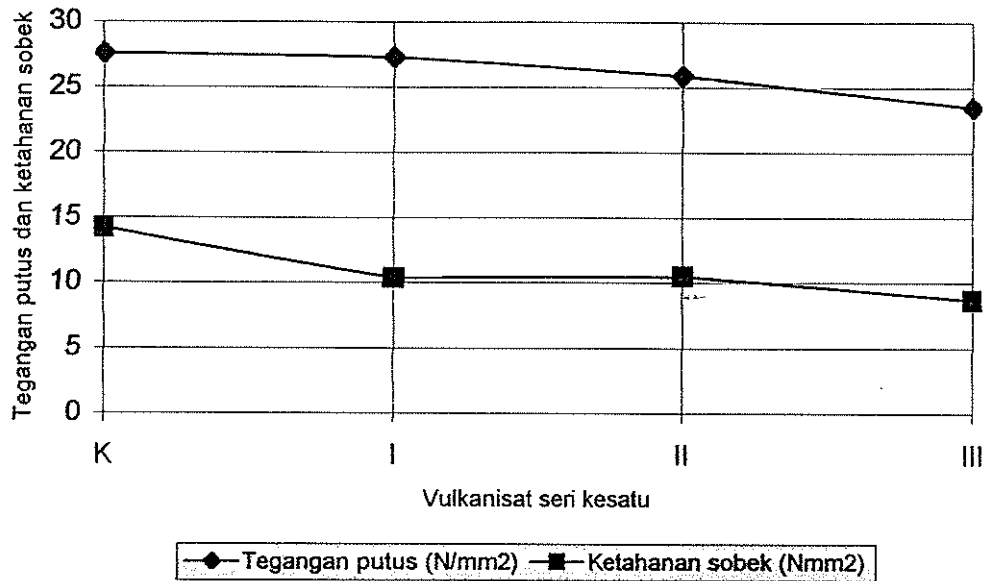
Buana (1990) mengatakan peningkatan tegangan putus tergantung dari jenis bahan pengisi dan karet, selain sistem vulkanisasinya. Tegangan putus dari jenis karet yang dapat mengkristal selama peregangannya (misalnya

karet polikloropren dan karet alam) meningkat dengan cepat dengan perenggangan, karet yang tidak mengalami kristalisasi selama peregangannya akan memerlukan bahan pengisi jenis penguat untuk meningkatkan kekuatannya menyamai karet alam. Abednego (1988) menyatakan bahwa campuran merata karet mentah dengan bahan-bahan kimia tertentu disebut kompon karet. Pada proses vulkanisasi kompon karet menjadi 'matang' dan produknya disebut vulkanisat. Untuk proses vulkanisasi diperlukan bahan pemvulkanisasi, karena tanpa bahan tersebut kompon karet tidak akan dapat menjadi vulkanisat. Bahan pemvulkanisasi dapat pula dihasilkan oleh suatu bahan yang pada saat vulkanisasi dapat melepaskan belerang (sulfur donor).

Selama proses vulkanisasi, rantai-rantai molekul karet yang semula terlepas dan dapat bergerak bebas menjadi terikat oleh bahan pemvulkanisasi, membentuk jaringan tiga dimensi. Oleh karena itu kompon karet yang semula lembek dan tidak elastis diubah menjadi karet yang kuat dan elastis. Menurut Morrell (1971) vulkanisasi karet polikloropren dengan sulfur tidak akan memberikan efek yang berarti. Hal ini dikarenakan rantai ganda pada karet polikloropren tertutupi oleh atom khlorin, seperti terlihat pada Gambar 2. Karet polikloropren dapat divulkanisasi oleh ZnO dan MgO dengan komposisi yang seimbang.

Komposisi campuran memberikan nilai yang berbeda pada tegangan putus. Pada Gambar 9 terlihat bahwa tegangan putus semakin menurun dengan penambahan karet polikloropren yang semakin meningkat. Amir (1990) menyatakan bahwa pada prinsipnya setiap jenis karet memiliki parameter kelarutan yang berbeda satu dengan yang lainnya. Perbedaan tersebut, menyebabkan timbulnya masalah yang dikenal dengan inkompabilitas, yang sering ditemui salah satunya adalah inkompabilitas yang disebabkan oleh perbedaan viskositas, sehingga memperlambat pembentukan campuran yang merata. Sebagai akibatnya bahan-bahan pencampur dalam pembuatan kompon tidak dapat terdispersi secara merata

di dalam kedua jenis karet tersebut, sehingga umumnya akan menurunkan sifat fisik vulkanisat.



Gambar 9. Tegangan putus dan ketahanan sobek vulkanisat seri kesatu

Penurunan nilai tegangan putus dan ketahanan sobek disebabkan oleh beberapa sebab seperti pencampuran yang tidak merata. Hitam karbon akan lebih terdispersi pada karet dengan viskositas rendah, dengan demikian agregat hitam karbon tidak terdispersi dengan sempurna. Disamping itu, penyebaran bahan kimia lain seperti bahan pemvulkanisasi yang tidak merata akan menyebabkan penyebaran ikatan silang yang terjadi selama vulkanisasi menjadi kurang seragam di dalam campuran, sehingga kekuatan vulkanisat karet akan menurun. Seperti telah disebutkan di atas, bahwa karet polikloropren yang diberi bahan pemvulkanisasi sulfur tidak memberikan pengaruh yang berarti untuk pembentukan ikatan silang. Hal ini juga menyebabkan tegangan putus dan ketahanan sobek yang semakin menurun akibat penambahan karet polikloropren.

Selain faktor diatas menurunnya ketahanan sobek juga disebabkan oleh pencampuran karet alam dengan karet polikloropren. Menurut Blow (1971) karet alam lebih unggul dibandingkan karet sintetik dalam ketahanan sobek. Oleh karena itu kontrol yang hanya terdiri dari karet alam dan karet polibutadien lebih unggul ketahanan sobeknya dari pada vulkanisat I, II dan III yang juga mengandung karet polikloropren.

2. Kepegasan Pantul dan Kalor Timbul

Menurut Budiman (1974) karet polikloropren mempunyai sifat ketahanan yang amat baik terhadap penguraian oksidatif. Vulkanisatnya memiliki ketahanan yang amat baik terhadap minyak serta zat kimia. Pemakaian karet polikloropren mempunyai sifat yang istimewa, yaitu ketahanan terhadap minyak, panas dan keausan yang sangat baik. Menurut Fletcher (1971), karet polikloropren menjadi keras pada suhu yang rendah karena kristalisasi karet polikloropren, Kristalisasi berlangsung jika karet polikloropren berada pada suhu -10° Celcius (*glass transition temperature*, *tg*) untuk waktu yang lama.

Menurut Arizal (1988), Sistem *split feeding* sudah digunakan dalam memproduksi campuran karet/urea. Untuk mendapatkan sifat pelepasan lambat (*slow release*) urea dari matriks karet urea, ternyata *split feeding* lebih unggul dibandingkan sistem pencampuran konvensional. Melalui foto elektron pada Gambar 10, terlihat bahwa pada penggilingan dengan sistem konvensional terdapat lubang disekitar molekul karet, sedangkan pada Gambar 11 dapat dilihat bahwa penggilingan dengan sistem *split feeding* lubang yang ada di sekitar molekul karet tidak terlalu nyata. Lubang tersebut ditutupi oleh karet yang digiling terpisah.





Gambar 10. *Scanning electron micrograph* contoh yang dibuat dengan penggilingan konvensional (x1000) (Arizal,1988).



Gambar 11. *Scanning electron micrograph* contoh yang dibuat dengan penggilingan sistem *split feeding* (x1000) (Arizal, 1988)

Gambar 12 menunjukkan bahwa kepegasan pantul vulkanisat I, II dan III lebih rendah dari kontrol. Vulkanisat I, II dan III mengandung karet polikloropren sebanyak 5, 10 dan 15 phr seperti tercantum pada Tabel 4. Menurut Fletcher (1971) karet polikloropren memiliki daya pantul yang lebih baik dibandingkan karet alam pada kekerasan di atas 50 shore A. Dari hasil penelitian terlihat bahwa kepegasan pantul vulkanisat yang

mengandung karet polikloropren lebih rendah dibandingkan dengan yang tidak mengandung karet polikloropren. Hal ini disebabkan oleh tidak meratanya campuran karet sintetik dan karet alam yang ada di dalam vulkanisat. Ketidakmerataan ini disebabkan karena perbedaan parameter kelarutan dari jenis karet sehingga berpengaruh dalam mengabsorpsi bahan kimia karet. Ketidakmerataan ini terlihat ketika contoh ditumbuk oleh alat *hupke impact resiliometer* dimana vulkanisat tidak mampu mengembalikan energi yang diberikan oleh alat tersebut, sehingga alat tidak dapat memantul dengan baik.

Gambar 12 juga menunjukkan bahwa kalor timbul dari vulkanisat yang mengandung karet polikloropren, lebih tinggi dari kontrol yang tidak mengandung karet polikloropren. Vulkanisat mengalami pelenturan berulang kali pada saat diuji tidak mampu menyerap energi akibat pelenturan. Menurut Willet (1974) penyebab dari naiknya kalor timbul adalah gesekan antara molekul di dalam vulkanisat. Ketidakmampuan tersebut disebabkan tidak meratanya campuran karet dan bahan pengisi di dalam vulkanisat. Pada seri kesatu ini, karet alam dimasukkan sebagai karet terpisah. Sedangkan karet polikloropren digiling pada gilingan yang pertama. Karet polikloropren tidak dapat bercampur dengan baik dengan karet alam karena viskositasnya berbeda.

3. Ketahanan Kikis dan Kekerasan

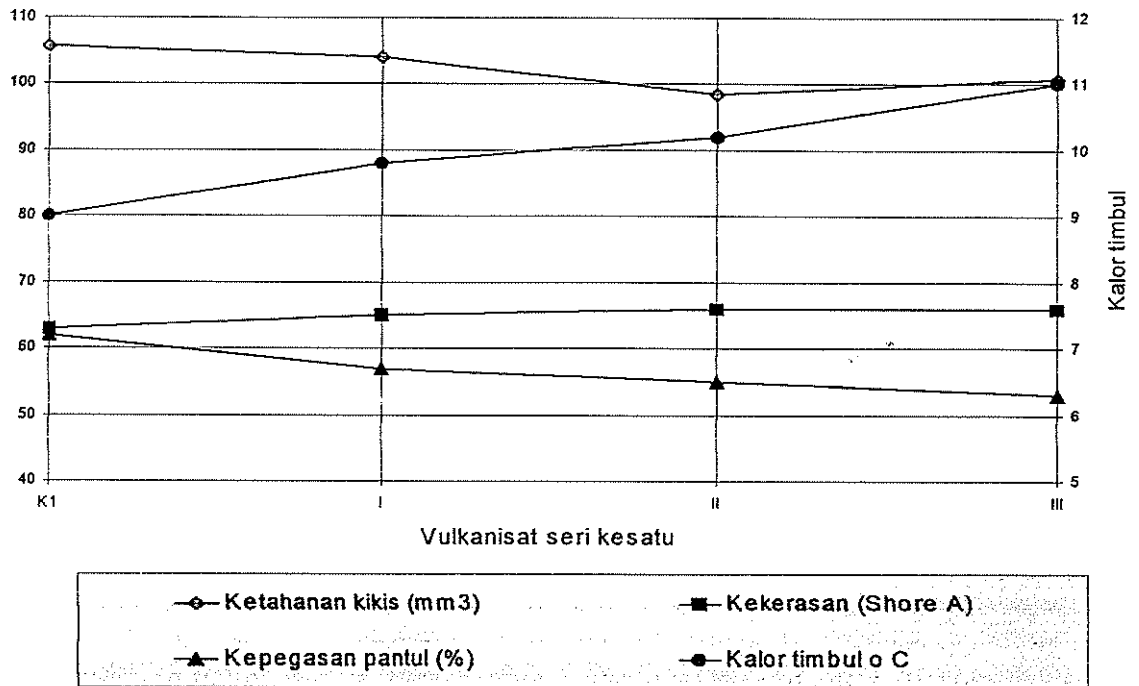
Menurut Blow (1971) hitam karbon dapat meningkatkan ketahanan kikis suatu vulkanisat, walaupun karet berasal dari karet yang lemah. Menurut Bonstra (1971) dispersi hitam karbon sangat mempengaruhi ketahanan kikis. Proses utama dalam pencampuran hitam karbon dan karet adalah penghancuran aglomerat menjadi agregat hitam karbon oleh karet. Diikuti oleh penghancuran agregat menjadi partikel hitam karbon, namun

masih terdapat agregat. Partikel hitam karbon kemudian didistribusikan ke seluruh matriks karet yang sudah lunak selama proses pencampuran sampai dispersi akhir tercapai. Pendispersian hitam karbon yang sempurna dapat meningkatkan ketahanan kikis hingga dua kali lipat.

Dari hasil penelitian, didapat grafik seperti pada Gambar 12. Menurut Budiman (1974) karet polikloropren mempunyai sifat ketahanan yang sangat baik terhadap penguraian oksidatif. Vulkanisatnya memiliki ketahanan yang amat baik terhadap minyak serta zat kimia. Pemakaian karet polikloroprena dalam ban dapat memberikan sifat yang istimewa, yaitu ketahanan terhadap minyak, panas dan keausan yang sangat baik. Terlihat dari Gambar 12 bahwa ketahanan kikis vulkanisat yang mengandung karet polikloropren cenderung lebih tinggi dibandingkan dengan yang tidak menggunakan karet polikloropren.

Menurut Jacques (1971) bahan pelunak pada komposisi yang normal dapat membantu proses masuknya bahan pengisi ke dalam campuran sehingga dapat mengurangi kekerasan vulkanisat. Modulus dan kekerasan dapat meningkat dengan penggunaan bahan pengisi tertentu. Penggunaan bahan pengisi dengan ukuran partikel yang semakin besar akan mengurangi kekerasan vulkanisat karena luas permukaan hitam karbon yang kontak dengan karet semakin berkurang.

Ketahanan kalis, kepegasan pantul dan kekerasan kalis



Gambar 12. Ketahanan kalis, kepegasan pantul, kekerasan dan kalor timbul vulkanisat seri pertama

Pada Gambar 12 terlihat bahwa kekerasan antara kontrol dengan vulkanisat yang mengandung karet polikloropren terdapat perbedaan. Kekerasan cenderung meningkat dengan penambahan karet polikloropren yang meningkat. Peningkatan ini dikarenakan oleh sifat karet polikloropren yang kaku dibandingkan dengan karet alam atau karet polibutadien.

Seperti yang telah disebutkan di atas, pencampuran dua macam karet atau lebih akan mengalami masalah inkompatibilitas. Menurut Jacques (1971) parameter kelarutan dari suatu bahan harus diperhatikan dalam pencampuran. Parameter kelarutan memberikan indikasi kecocokan dari suatu polimer ke polimer yang lain atau bahan pencampur lainnya. Karet alam dan karet polibutadien memiliki parameter kelarutan $8.25 \text{ cal}^{1/2} / \text{cm}^{3/2}$ dan

$8.20 \text{ cal}^{1/2} / \text{cm}^{3/2}$. Karet polikloropren memiliki parameter kelarutan $9.26 \text{ cal}^{1/2} / \text{cm}^{3/2}$. Parameter kelarutan antara karet alam dan karet polibutadien hampir sama, sehingga vulkanisatnya akan homogen sedangkan parameter kelarutan dari karet polikloropren berbeda dengan keduanya. Hal ini yang menyebabkan campuran menjadi tidak kompatibel. Oleh karena itu pada seri kedua karet sintetik dalam hal ini karet polikloropren dan karet polibutadien akan dijadikan karet terpisah yang digiling pada gilingan tahap kedua. Dengan demikian diharapkan karet sintetik tadi akan dapat bercampur dengan karet alam secara lebih homogen.

Pada penelitian seri kesatu ini terlihat bahwa semua kompon divulkanisasi dengan belerang. Karet polikloropren dapat juga divulkanisasi dengan MgO dan ZnO dengan komposisi yang berimbang. Pada penelitian seri kedua zat pemvulkanisasi MgO dan ZnO, diberikan langsung pada karet polikloropren pada gilingan tahap kedua. Selain itu pada seri penelitian kedua juga dilaksanakan mastikasi terpisah untuk masing-masing karet terpisah sehingga diharapkan perbedaan parameter kelarutannya dapat diperkecil.

B. PENELITIAN SERI KEDUA

Penelitian seri kedua ini merupakan kelanjutan dari penelitian seri kesatu. Pada penelitian seri ini, terdapat lima vulkanisat. Empat vulkanisat pertama memiliki formula yang sama dengan penelitian seri kesatu. Vulkanisat kelima mengalami pengembangan dengan menambahkan bahan pemvulkanisasi tersendiri untuk karet polikloropren. Untuk vulkanisat yang memberikan ketahanan kikis yang tertinggi pada penelitian seri pertama yaitu vulkanisat dengan jumlah karet polikloropren 10 phr, digunakan kembali pada penelitian seri kedua. Vulkanisat ini mengalami pengembangan dengan memberikan bahan pemvulkanisasi tersendiri untuk karet polikloropren seperti pada vulkanisat IV

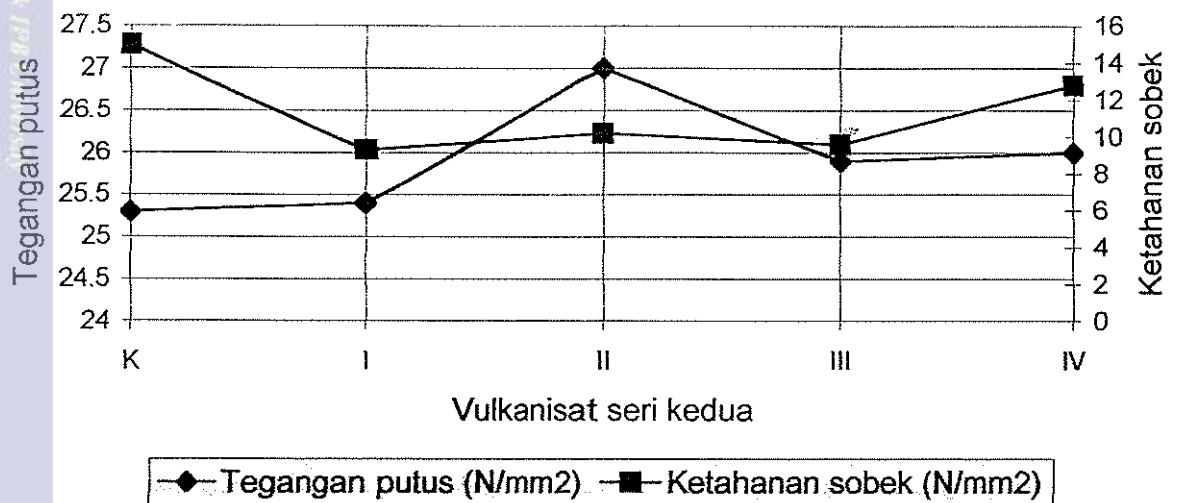
pada Tabel 5. Bahan pemvulkanisasi tersebut adalah ZnO dan MgO. Karet terpisah yang ditambahkan pada seri ini adalah karet sintetik dengan jumlah 25 phr dari keseluruhan jumlah karet. Formula lengkap penelitian seri kedua ini dapat dilihat pada Tabel 5. Parameter yang diamati adalah tegangan putus, ketahanan sobek, ketahanan kikis, kepegasan pantul, kalor timbul, kekerasan dan *bound rubber*.

1. Tegangan Putus dan Ketahanan sobek

Karet jenis polikloropren dapat divulkanisasi dengan menggunakan oksida logam seperti ZnO dan MgO. Penambahan bahan pemvulkanisasi ZnO dan MgO pada vulkanisat IV langsung ke dalam karet polikloropren dimaksudkan agar tersedia bahan pemvulkanisasi di dalam karet polikloropren sehingga terbentuk ikatan silang yang merata dan seragam. Penambahan karet terpisah dari jenis karet sintetik dimaksudkan agar pada karet yang tidak terpisah (karet alam dan karet polibutadien) terjadi pencampuran yang seragam dikarenakan oleh parameter kelarutan yang sama. Karet terpisah diharapkan dapat tercampur dengan karet yang sudah ada di dalam kompon tahap pertama dengan cepat melalui bahan pengisi yang sudah ada di dalam matriks seperti yang terlihat pada Gambar 11.

Terlihat pada Gambar 13 bahwa tegangan putus dari vulkanisat yang mengandung karet polikloropren lebih tinggi dibanding kontrol yang tidak mengandung karet polikloropren. Berbeda dengan seri kesatu dimana karet terpisah merupakan karet alam, tegangan putus vulkanisatnya lebih rendah dibandingkan kontrol. Pada penelitian seri kedua, karet terpisah merupakan karet sintetik. Tegangan putus kontrol yang lebih rendah dari vulkanisat lainnya dikarenakan oleh pencampuran bahan kimia dan bahan pengisi lebih merata dibandingkan dengan seri kesatu. Kondisi ini disebabkan oleh karet terpisah yang ditambahkan adalah karet sintetik yang telah dimastikasi

terlebih dahulu sehingga kompatibilitasnya dapat ditingkatkan melalui pencampuran 5 phr hitam karbon. Formula lengkap tercantum pada Tabel 5.



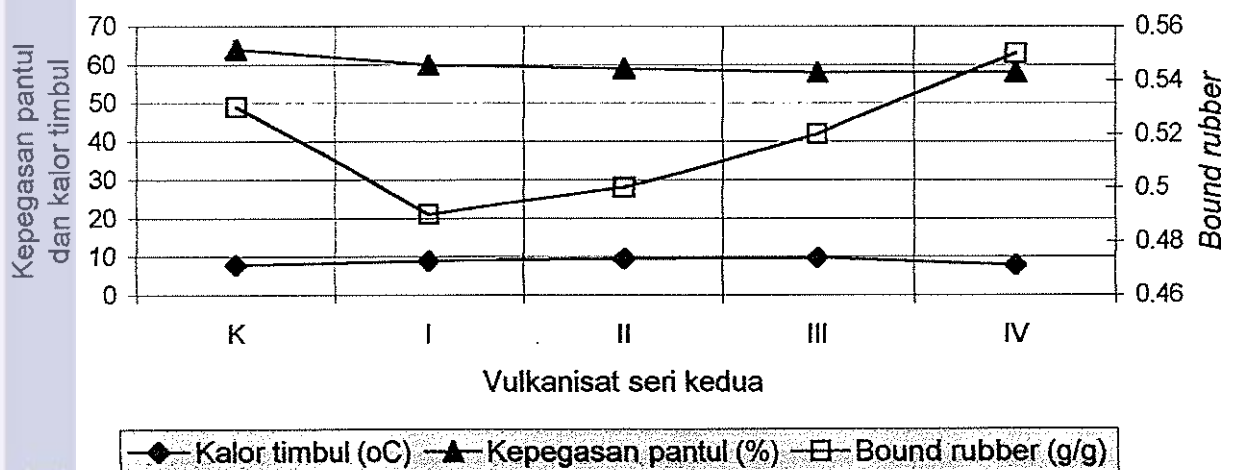
Gambar 13. Grafik tegangan putus dan ketahanan sobek vulkanisat seri kedua

Ketahanan sobek di campuran karet alam, karet polibutadien dan karet polikloropren, seperti terlihat pada Gambar 13, dengan proses pencampuran *split feeding* ternyata lebih rendah dari kontrol yang mengandung karet alam dan karet polibutadien. Karet alam lebih unggul dibandingkan karet sintetik dalam ketahanan sobek. Oleh karena itu kontrol yang hanya terdiri dari karet alam dan karet polibutadien lebih unggul ketahanan sobeknya.

2. Kepegasan Pantul, Kalor Timbul dan *Bound Rubber*

Kepegasan pantul dari vulkanisat seri kedua dapat dilihat pada Gambar 14. Pada gambar tersebut, kepegasan pantul vulkanisat yang mengandung karet polikloropren masih lebih rendah dibandingkan dengan vulkanisat yang tidak mengandung karet polikloropren (kontrol). Hasil ini tercermin pada sifat kalor timbulnya dimana semua vulkanisat yang mengandung karet polikloropren juga cenderung mempunyai kalor timbul yang lebih tinggi kecuali vulkanisat IV. Vulkanisat IV memiliki kalor timbul yang menyamai kontrol. Hal ini disebabkan oleh ikatan yang kuat dengan karbon hitam yang ditandai oleh nilai *bound rubber* yang tinggi seperti terlihat pada Gambar 14.

Ikatan karet menurut Kraus (1978) digunakan sebagai standar dari interaksi polimer bahan pengisi. *Bound rubber* ditentukan dengan mengekstrak kompon yang belum divulkanisasi dengan pelarut. Jika bahan pengisi yang digunakan cukup banyak, maka gel yang tertinggal akan berisi seluruh bahan pengisi dan *bound rubber*.



Gambar 14. Grafik kalor timbul, kepegasan pantul dan *bound rubber* vulkanisat seri kedua

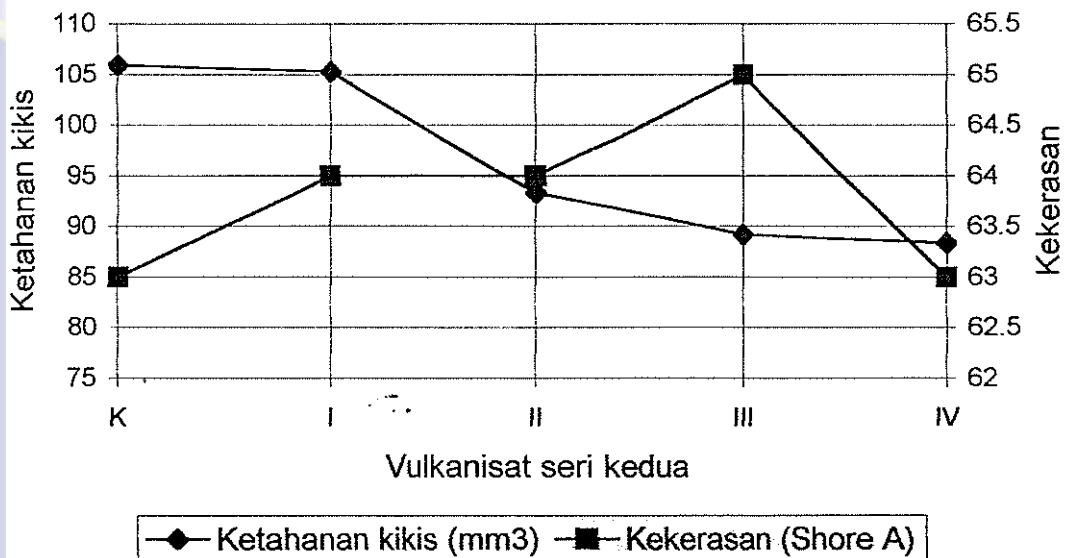
Pada Gambar 14 terlihat bahwa kalor timbul yang terendah dimiliki oleh vulkanisat kontrol dan vulkanisat IV. Vulkanisat IV merupakan vulkanisat yang mengandung karet polikloropren 10 phr yang diberi bahan pemvulkanisasi MgO dan ZnO secara terpisah pada penggilingan tahap kedua.

Hal ini disebabkan pada vulkanisat ini bahan-bahan aktivator untuk karet polikloropren terdispersi di dalam kompon. Selain itu hal ini juga disebabkan oleh meratanya ikatan silang di dalam vulkanisat akibat penambahan bahan pengaktif dan pemvulkanisasi untuk karet polikloropren secara terpisah.

3. Ketahanan Kikis dan Kekerasan

Gambar 15 memperlihatkan bahwa ketahanan kikis cenderung meningkat dengan adanya penambahan karet polikloropren. Ketahanan kikis paling tinggi dimiliki oleh vulkanisat IV seperti terlihat pada Gambar 15. Walaupun jumlah karet polikloropren yang dimiliki oleh vulkanisat IV sama dengan vulkanisat II, tetapi karena adanya penambahan ZnO dan MgO sebagai bahan pemvulkanisasi kedalam karet polikloropren pada penggilingan tahap kedua, maka terbentuk ikatan silang yang dapat memperkuat ketahanan kikis dari vulkanisat.

Dari Gambar 15 terlihat bahwa vulkanisat kontrol dan perlakuan I hingga IV memiliki kekerasan relatif sama. Satu-satunya perbedaan bagi vulkanisat IV adalah dalam penambahan kandungan asam stearat sebesar 0.1 phr pada gilingan tahap kedua. Vulkanisat lainnya tidak ditambahkan asam stearat seperti formula pada Tabel 5.



Gambar 15. Grafik ketahanan kikis dan kekerasan vulkanisat seri kedua

Menurut Blow (1971) asam stearat dapat mengaktifkan sistem vulkanisasi, membantu dispersi hitam karbon dan bahan pengisi lainnya. Dengan bantuan asam stearat, maka dispersi hitam karbon dapat berlangsung dengan baik di dalam matriks karet, sehingga kekerasannya dapat lebih rendah.

C. PENELITIAN SERI KETIGA

Penelitian seri ketiga merupakan kelanjutan dari penelitian seri kedua. Pada penelitian seri ketiga juga dicoba untuk menerapkan sistem *split feeding* pada kompon yang tidak mengandung karet polikloropren. Hal ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh *split feeding* terhadap vulkanisat yang tidak mengandung karet polikloropren. Pada vulkanisat tersebut dibuat dua perlakuan penambahan karet terpisah yaitu 25 phr karet alam dan campuran 5 phr karet alam / 20 phr karet polibutadien. Kontrol untuk vulkanisat yang tidak

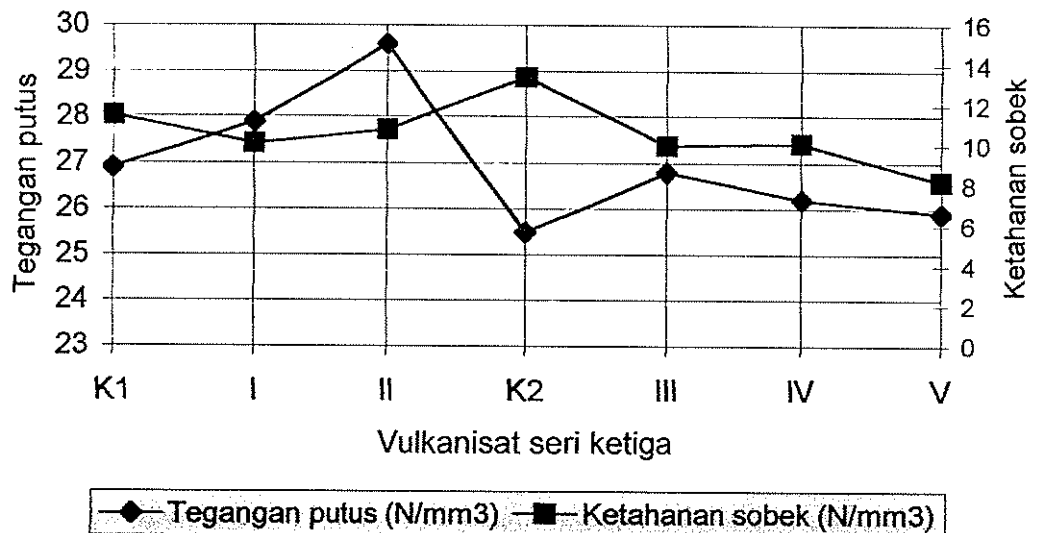
mengandung karet polikloropren disebut KI dan kontrol yang mengandung karet polikloropren disebut KII.

Pada penelitian ini, diambil vulkanisat dari seri kedua yang memiliki ketahanan kikis yang tertinggi. Dari Gambar 15 terlihat bahwa vulkanisat yang memiliki ketahanan kikis yang tertinggi adalah vulkanisat IV. Sifat fisik vulkanisat IV lainnya juga cukup baik. Vulkanisat tersebut mengandung karet polikloropren sebanyak 10 phr dan sebelumnya diberi bahan pemvulkanisasi oksida logam (ZnO dan MgO). Didalam penelitian seri ini karet polikloropren juga ditambah dengan DOP cair 1 phr sebelum digiling dalam banbury sebagai penggilingan tahap kedua. Terdapat pula variasi perlakuan yaitu penambahan *processing oil* (Minarex B) dari 5 phr menjadi 6 phr dan pemberian hitam karbon ke dalam karet polikloropren sebelum digiling dalam tahap kedua 5 phr. Hitam karbon pada penggilingan tahap pertama dikurangi menjadi 40 phr, namun total hitam karbon dari kompon akhir tetap 45 phr. Untuk lebih jelasnya, formula dapat dilihat pada Tabel 6. Dari tabel tersebut akan diamati parameter-parameter yang sama seperti seri kedua.

1. Tegangan Putus dan Ketahanan sobek

Tegangan putus dari vulkanisat seri ketiga dapat dilihat pada Gambar 16. Pada gambar tersebut, untuk kompon campuran karet alam dan karet polibutadien (KI,I,II) terlihat bahwa tegangan putus vulkanisat dengan sistem pencampuran *split feeding* lebih tinggi daripada kontrol I. Untuk pencampuran karet alam, karet polibutadien dan karet polikloropren juga terlihat tegangan putus vulkanisat dari sistem pencampuran *split feeding* lebih tinggi dari kontrol II. Hal ini menunjukkan bahwa penambahan ZnO ke dalam karet polikloropren pada gilingan tahap kedua telah menyebabkan dispersi hitam karbon lebih merata di dalam vulkanisat yang dibuat dengan sistem *split feeding*.

Jika dibandingkan antara vulkanisat yang mengandung karet polikloropren dan yang tidak mengandung karet polikloropren maka terlihat bahwa tegangan putus vulkanisat yang tidak mengandung karet polikloropren lebih tinggi dari pada yang mengandung karet polikloropren. Hal ini disebabkan homogenitas dari karet di dalam vulkanisat yang tidak mengandung karet polikloropren lebih baik dari pada yang mengandung karet polikloropren. Homogenitas yang lebih baik disebabkan parameter kelarutan karet yang sama



Gambar 16. Grafik tegangan putus dan ketahanan sobek vulkanisat seri ketiga

Ketahanan sobek dari kedua seri kompon cukup berbanding dimana penambahan ZnO ke dalam karet polikloropren pada penggilingan tahap kedua telah meningkatkan homogenitas vulkanisat, kecuali untuk vulkanisat V ketahanan sobeknya menurun. Pada vulkanisat tersebut gilingan tahap keduanya ditambahkan hitam karbon sebanyak 5 phr. Hal ini disebabkan oleh berkurangnya hitam karbon pada gilingan tahap pertama sehingga mengurangi *bound rubber*.

2. Kepegasan Pantul, Kalor Timbul dan *Bound rubber*

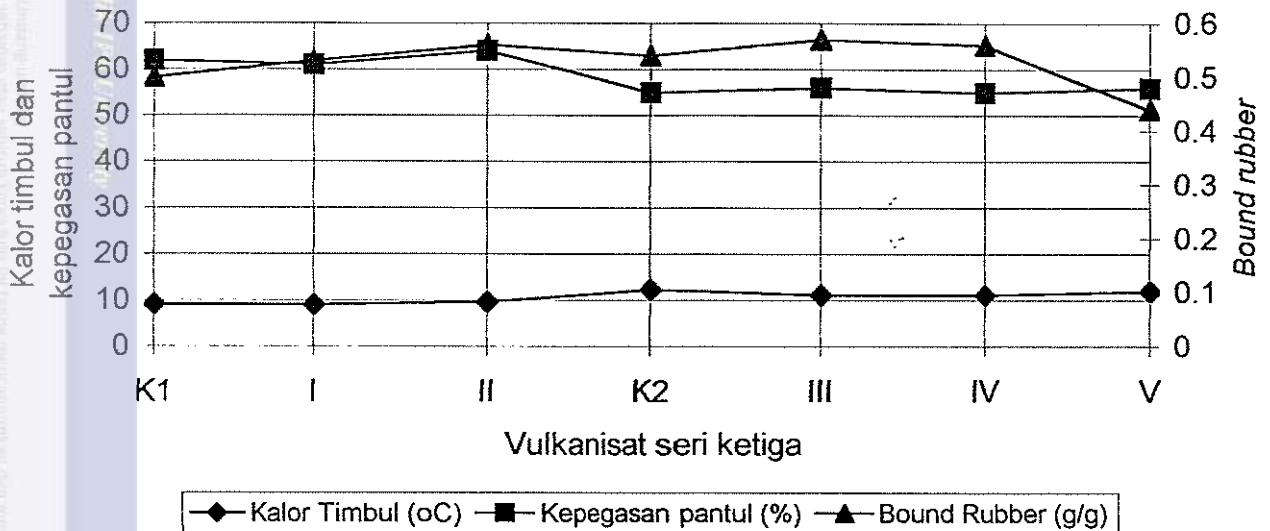
Kepegasan pantul vulkanisat seri ketiga terlihat pada Gambar 17. Pada gambar tersebut vulkanisat yang tidak mengandung karet polikloropren lebih tinggi kepegasan pantulnya daripada vulkanisat yang mengandung karet polikloropren. Hal ini disebabkan kehomogenan vulkanisat yang tidak mengandung karet polikloropren lebih baik daripada vulkanisat yang mengandung karet polikloropren.

Untuk vulkanisat yang mengandung karet polikloropren, kepegasan pantul vulkanisat *split feeding* hampir sama dengan sistem konvensional, sedangkan vulkanisat yang tidak mengandung karet polikloropren dengan sistem pencampuran karet terpisah yang terdiri dari satu jenis karet (vulkanisat II) memiliki kepegasan pantul yang lebih tinggi daripada KI. Hal ini disebabkan komposisi dengan sistem pencampuran karet terpisah yang terdiri dari satu jenis karet lebih homogen dibandingkan komposisi yang karet terpisahannya terdiri dari dua jenis karet (vulkanisat I).

Kalor timbul dari vulkanisat yang tidak mengandung karet polikloropren yang memiliki karet terpisah SIR 20 dan karet polibutadien (vulkanisat I), lebih rendah dibandingkan kontrol I. Untuk vulkanisat yang memiliki karet terpisah SIR 20 (vulkanisat II) lebih tinggi dibandingkan kontrol I. Untuk vulkanisat yang mengandung karet polikloropren, kalor timbul vulkanisat *split feeding* lebih rendah dibandingkan kontrol II. Hal ini disebabkan karena pencampurannya lebih merata dibandingkan dengan sistem konvensional.

Secara keseluruhan vulkanisat yang tidak mengandung karet polikloropren memiliki kalor timbul lebih rendah dari vulkanisat yang mengandung karet polikloropren. Hal ini disebabkan oleh sifat parameter kelarutan yang berbeda dari karet yang dapat mempengaruhi kehomogenannya. *Bound rubber* untuk vulkanisat *split feeding* yang tidak

mengandung karet polikloropren lebih tinggi daripada kontrol I. Demikian juga untuk vulkanisat yang mengandung karet polikloropren. Tingginya *Bound rubber* ini menyebabkan kalor timbul menjadi rendah.



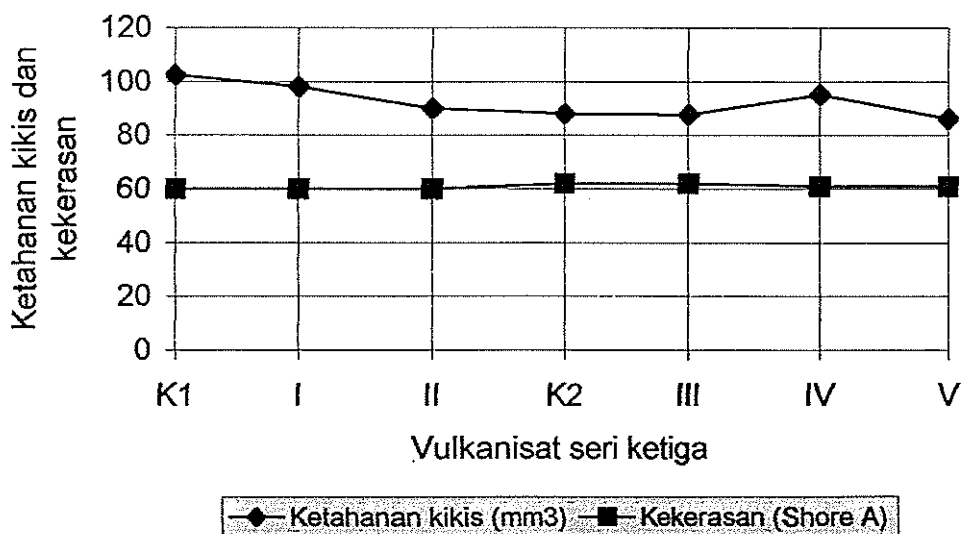
Gambar 17. Kepegasan pantul, kalor timbul dan *Bound rubber* vulkanisat seri ketiga

3. Ketahanan Kikis dan Kekerasan

Dari Gambar 18 terlihat bahwa umumnya ketahanan kikis vulkanisat yang tidak mengandung karet polikloropren yang dibuat dengan sistem *split feeding* lebih tinggi dibandingkan kontrol I, sedangkan untuk vulkanisat yang mengandung karet polikloropren yang dibuat dengan sistem *split feeding* ketahanan kikisnya relatif sama dengan KII, kecuali untuk vulkanisat IV. Ketahanan kikis yang tinggi disebabkan oleh penyebaran hitam karbon yang merata di dalam vulkanisat. Dari gambar tersebut juga dapat dilihat bahwa umumnya ketahanan kikis vulkanisat KII yang mengandung karet polikloropren lebih tinggi dari pada vulkanisat KI

yang tidak mengandung karet polikloropren. Hal ini sesuai dengan sifat karet polikloropren yang memiliki ketahanan kikis yang tinggi di bandingkan karet alam.

Untuk vulkanisat IV terlihat bahwa ketahanan kikis lebih rendah dibandingkan dengan K2. Hal ini disebabkan oleh penambahan minarex B sebanyak 1 phr lebih tinggi dari yang lain. Penambahan ini menyebabkan berkurangnya kemampuan karet untuk menghancurkan aglomerat hitam karbon selama proses pencampuran dalam penggilingan tahap pertama. Penambahan ini juga menyebabkan bertambahnya waktu vulkanisasi. Dari Gambar 18 juga terlihat bahwa kekerasan vulkanisat yang tidak mengandung karet polikloropren (vulkanisat I, II) relatif sama dengan K1. Vulkanisat yang mengandung karet polikloropren lebih keras dibandingkan dengan yang tidak mengandung karet polikloropren.



Gambar 18. Ketahanan kikis dan kekerasan vulkanisat seri ketiga

D. PENELITIAN SERI KEEMPAT

Penelitian seri keempat ini merupakan penelitian seri terakhir dimana formula yang digunakan merupakan pengembangan dari formula penelitian seri ketiga. Terdapat dua kontrol yang digunakan yaitu kontrol satu (KI) dan kontrol dua (KII). KI merupakan kontrol bagi vulkanisat I, yang tidak mengandung karet polikloropren. Vulkanisat I dibuat dengan sistem *split feeding*. KII merupakan kontrol bagi vulkanisat II, III yang mengandung karet polikloropren. Vulkanisat II, III juga dibuat dengan sistem *split feeding*.

Untuk vulkanisat yang tidak mengandung karet polikloropren formulanya diambil berdasarkan vulkanisat II dari penelitian seri ketiga yang memberikan ketahanan kikis tertinggi. Untuk vulkanisat yang mengandung karet polikloropren, digunakan formula berdasarkan vulkanisat V pada seri ketiga. Hal ini juga dikarenakan vulkanisat V pada penelitian seri ketiga memberikan ketahanan kikis yang tertinggi.

Telah disebutkan di atas, menurut Bonstra (1971) bahwa pendispersian hitam karbon yang sempurna dalam vulkanisat dapat meningkatkan ketahanan kikis hingga dua kali lipat. Proses pendispersian hitam karbon di dalam kompon karet adalah dengan pecahnya agglomerat menjadi agregat-agregat. Agregat tadi akan pecah lagi menjadi partikel hitam karbon. Partikel ini kemudian akan terdispersi ke dalam matriks karet yang dipercepat dengan melunaknya karet karena panas yang tinggi.

Pada penelitian ini, karet terpisah yang ditambahkan semakin banyak sementara karet yang dicampur didalam penggilingan tahap pertama semakin berkurang. Dengan demikian karet yang ditambahkan bersama hitam karbon menjadi semakin berkurang dan hal ini menyebabkan gaya gesek antara hitam karbon dengan karet bertambah kuat, sehingga diharapkan dispersi hitam karbon di dalam karet akan lebih merata.

Perbedaan perlakuan pada penelitian seri ini terdapat pada jumlah karet terpisah yang ditambahkan. Karet terpisah yang ditambahkan bervariasi antara 25 phr sampai 45 phr. Formula lengkap penelitian seri ini dapat dilihat pada Tabel 7. Penelitian seri keempat ini bertujuan untuk melihat pengaruh penambahan jumlah karet terpisah yang berbeda-beda terhadap sifat fisik vulkanisat diantaranya ketahanan kikis dan kalor timbul vulkanisat.

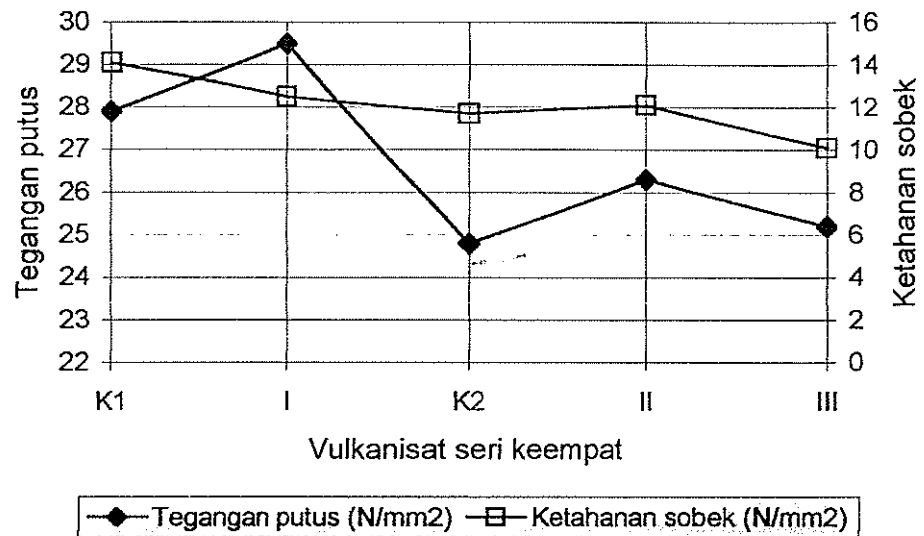
1. Tegangan Putus dan Ketahanan sobek

Tegangan putus seperti terlihat pada Gambar 19, untuk vulkanisat yang tidak mengandung karet polikloropren (vulkanisat I) cenderung meningkat dengan penambahan karet terpisah. Hal ini dikarenakan pada penggilingan tahap pertama, hitam karbon mengalami gaya gesek yang semakin tinggi dengan berkurangnya jumlah karet. Gaya gesek yang tinggi mengakibatkan aglomerat hitam karbon lebih cepat hancur dan terdispersi ke dalam karet.

Tegangan putus untuk vulkanisat yang mengandung karet polikloropren (vulkanisat II, III) terlihat lebih tinggi dibandingkan KII. Hal ini disebabkan oleh penambahan jumlah karet terpisah yang meningkat sehingga pencampuran hitam karbon dalam proses penggilingan tahap pertama menjadi lebih efisien. Ketahanan sobek dari vulkanisat yang tidak mengandung karet polikloropren (vulkanisat I) tidak berpengaruh dengan penambahan karet terpisah, demikian juga dengan vulkanisat yang mengandung karet polikloropren (vulkanisat II, III).

Jika dibandingkan antara vulkanisat yang mengandung karet polikloropren dengan yang tidak mengandung karet polikloropren, maka ketahanan sobek vulkanisat kontrol yang tidak mengandung polikloropren lebih tinggi. Hal ini dikarenakan ketahanan sobek karet alam sangat baik.

Maka dari itu ketika karet alam dicampur dengan karet polikloropren, ketahanan sobeknya menjadi menurun karena homogenitasnya menurun.

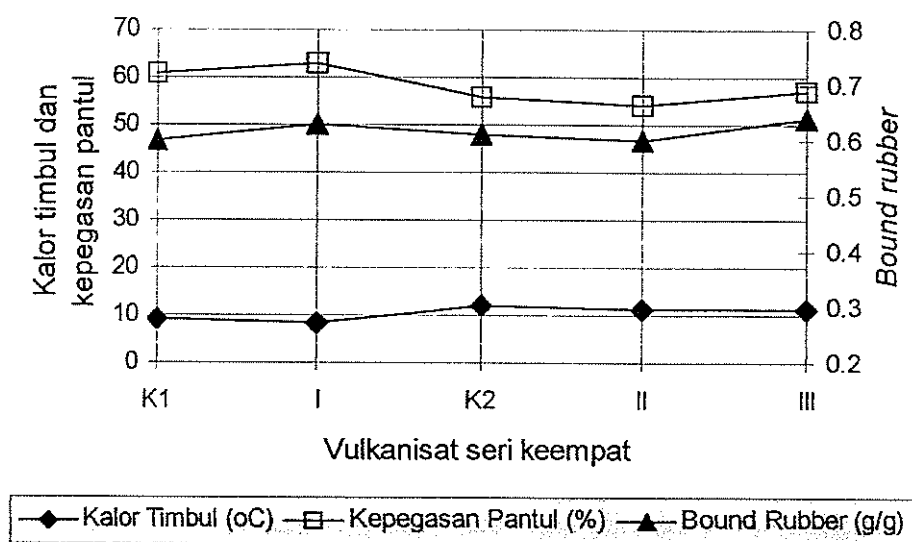


Gambar 19. Grafik tegangan putus dan ketahanan sobek vulkanisat seri keempat

2. Kepegasan Pantul, Kalor Timbul dan *Bound Rubber*

Dari Gambar 20 terlihat bahwa kepegasan pantul dari vulkanisat yang tidak mengandung karet polikloropren (vulkanisat I) lebih baik dari K1, hal ini dikarenakan oleh penyebaran hitam karbon yang sudah merata dari pencampuran sistem *split feeding*, penyebaran hitam karbon yang merata juga ditunjukkan oleh menurunnya kalor timbul. Untuk vulkanisat yang mengandung karet polikloropren (vulkanisat II, III) relatif sama atau lebih rendah dengan K2. Jika dibandingkan antara vulkanisat yang mengandung karet polikloropren dan yang tidak mengandung karet polikloropren maka kepegasan pantul karet yang mengandung karet polikloropren lebih rendah. Hal ini berhubungan dengan sifat kehomogenan vulkanisat.

Untuk vulkanisat yang mengandung karet polikloropren, kalor timbul vulkanisat II dan III yang diproses dengan sistem *split feeding* ternyata lebih rendah dibandingkan KII. Pada umumnya vulkanisat yang mengandung karet polikloropren kalor timbulnya lebih tinggi dibandingkan vulkanisat yang tidak mengandung karet polikloropren.



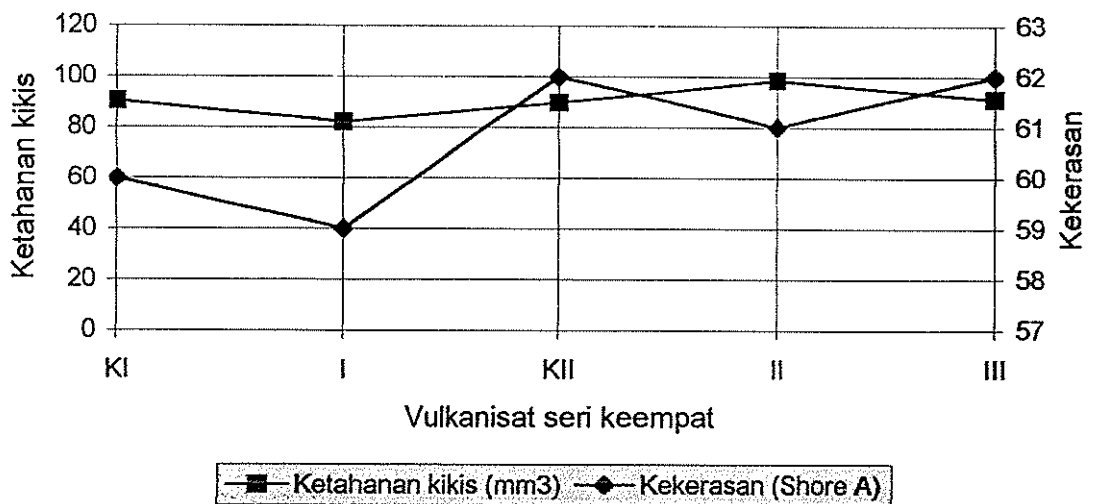
Gambar 20. Grafik kepegasan pantul, kalor timbul dan *bound rubber* vulkanisat seri keempat

Pada *bound rubber* terlihat jelas bahwa *bound rubber* untuk vulkanisat yang tidak mengandung karet polikloropren (vulkanisat I), lebih tinggi dibandingkan kontrolnya (KI). Untuk vulkanisat yang mengandung karet polikloropren, *bound rubber* vulkanisat II sedikit lebih rendah dari KII, sedangkan *bound rubber* vulkanisat III, lebih tinggi dari kontrolnya (KII). Bersamaan dengan hal itu, pada ketahanan kikis, seperti terlihat pada Gambar 21, ketahanan kikis vulkanisat II, lebih rendah dibandingkan KII, sedangkan vulkanisat III memiliki ketahanan kikis yang lebih tinggi dibandingkan KII.

3. Ketahanan Kikis dan Kekerasan

Dari Gambar 21, ketahanan kikis dari vulkanisat yang tidak mengandung karet polikloropren (vulkanisat I) lebih tinggi dari vulkanisat yang mengandung karet polikloropren (vulkanisat II,III). Vulkanisat II, III jika dibandingkan KII memiliki ketahanan kikis yang lebih rendah, sedangkan vulkanisat I, jika dibandingkan KI memiliki ketahanan kikis yang lebih tinggi. Hal ini disebabkan ada titik optimum untuk jumlah karet terpisah yang ditambahkan, sehingga ketika karet terpisah yang ditambahkan melebihi titik optimum, ketahanan kikisnya menurun.

Kekerasan vulkanisat I, relatif sama dengan KI, dan vulkanisat II, III juga memiliki kekerasan yang relatif sama jika dibandingkan dengan KII. Kekerasan untuk vulkanisat yang mengandung karet polikloropren cenderung lebih tinggi dibandingkan dengan yang tidak mengandung karet polikloropren. Hal ini disebabkan oleh sifat karet polikloropren yang keras dan kaku.



Gambar 21. Grafik ketahanan kikis dan kekerasan vulkanisat seri keempat

V. KESIMPULAN DAN SARAN

A. KESIMPULAN

Seri kesatu. Dari penelitian seri kesatu, dengan seluruh karet terpisah adalah karet alam, terlihat bahwa ketahanan kikis pada vulkanisat yang dibuat dengan sistem pencampuran *split feeding* (vulkanisat I,II,III) lebih baik dari pencampuran sistem konvensional (K). Namun kalor timbul vulkanisat kontrol yang dibuat dengan pencampuran konvensional lebih baik dari pada vulkanisat yang dibuat dengan sistem *split feeding*.

Seri kedua. Pada penelitian seri kedua yang karet terpisahnya adalah campuran antara karet polikloropren dan karet polibutadien, ketahanan kikis dari vulkanisat dengan sistem pencampuran *split feeding* (vulkanisat I,II,III,IV) lebih baik dari vulkanisat dengan sistem pencampuran konvensional (K). Kalor timbul dari vulkanisat dengan sistem pencampuran *split feeding* (Vulkanisat I,II,III) sedikit lebih tinggi dari vulkanisat dengan sistem pencampuran konvensional (K), kecuali bila ZnO dan asam stearat ditambahkan pada karet terpisah dan tanpa hitam karbon di dalam karet terpisah tersebut (vulkanisat IV) maka hasil uji kalor timbul yang diperoleh sama dengan kalor timbul vulkanisat yang dibuat dengan cara pencampuran konvensional (K).

Seri ketiga (vulkanisat KI, I, II). Pada penelitian seri ketiga vulkanisat yang tidak mengandung karet polikloropren dan menggunakan karet terpisah campuran 5 phr karet polibutadien dengan 20 phr karet alam (vulkanisat I) memiliki ketahanan kikis yang lebih baik dibandingkan vulkanisat yang dibuat dengan sistem pencampuran konvensional (KI), sedangkan kalor timbulnya lebih rendah dibandingkan kontrol (KI). Dari penelitian seri ini juga terlihat bahwa jika karet terpisah hanya terdiri dari karet alam saja sebanyak 25 phr (vulkanisat II), hasil uji menunjukkan bahwa ketahanan kikis dari vulkanisat dengan sistem

pencampuran *split feeding* lebih baik dari sistem pencampuran konvensional (KI), tetapi kalor timbulnya lebih tinggi dari sistem konvensional (KI).

Seri ketiga (vulkanisat KII, III, IV, V). Pada penelitian seri ini terlihat bahwa penambahan ZnO, MgO dan asam stearat ke dalam karet terpisah karet polikloropren (vulkanisat III, IV, V), berpengaruh terhadap ketahanan kikis dan kalor timbul jika dibandingkan dengan vulkanisat dengan sistem pencampuran konvensional. Ketahanan kikis dari vulkanisat dengan sistem pencampuran *split feeding* (vulkanisat III, V) sedikit lebih baik dari pada vulkanisat yang dibuat dengan sistem pencampuran konvensional (KII), kecuali untuk vulkanisat IV ketahanan kikisnya lebih rendah dari sistem pencampuran konvensional (KII). Kalor timbul dari vulkanisat dengan sistem pencampuran *split feeding* (vulkanisat III, IV, V) lebih baik dari pada vulkanisat dengan sistem pencampuran konvensional (K2).

Seri keempat (vulkanisat KI, I). Pada penelitian seri keempat ini, vulkanisat yang tidak mengandung karet polikloropren (vulkanisat I), memiliki karet terpisah yang seluruhnya terdiri dari karet alam. Pada penelitian seri ini terlihat bahwa ketahanan kikis dari vulkanisat dengan pencampuran sistem *split feeding* (vulkanisat I,II,III) lebih baik dibandingkan dengan sistem konvensional (KI). Kalor timbulnya juga lebih baik dibandingkan vulkanisat dengan sistem konvensional (KI) jumlah karet terpisah yang ditambahkan pada vulkanisat I adalah 35 phr.

Seri keempat (vulkanisat KII, II, III). Pada penelitian seri ini vulkanisat yang mengandung karet polikloropren (vulkanisat II, III) yang dibuat dengan sistem pencampuran *split feeding* mempunyai ketahanan kikis lebih rendah dengan vulkanisat yang dibuat dengan sistem pencampuran konvensional. Kalor timbul vulkanisat II dan III lebih rendah dari kalor timbul KII.

Secara keseluruhan dapat disimpulkan bahwa jika karet terpisah yang ditambahkan hanya terdiri dari karet alam saja, maka untuk karet terpisah yang dtambahkan 25 phr akan menghasilkan vulkanisat yang mempunyai ketahanan

kikis yang lebih baik dari kontrolnya, namun kalor timbulnya sedikit lebih buruk dibandingkan kontrolnya. Tetapi bila karet terpisah yang terdiri hanya dari karet alam ditambahkan menjadi 35 phr, maka ketahanan kikis dan kalor timbulnya menjadi lebih baik dibandingkan kontrolnya. Bila formula dari kompon karet terpisah hanya terdiri dari campuran karet polibutadien dan sedikit karet alam, maka vulkanisat yang dihasilkan akan mempunyai ketahanan kikis dan kalor timbul yang lebih baik dibandingkan kontrolnya.

Karet polikloropren yang ditambahkan dalam sistem pencampuran *split feeding* akan meningkatkan ketahanan kikis, akan tetapi kalor timbulnya akan menjadi lebih buruk bila dibandingkan kontrol. Sebaliknya bila ZnO dan MgO terlebih dahulu ditambahkan ke dalam karet terpisah karet polikloropren maka akan dihasilkan vulkanisat dengan ketahanan kikis yang lebih baik dan kalor timbul yang relatif sama dibandingkan kontrol.

Dari formula-formula yang dicobakan dari penelitian ini, vulkanisat yang paling banyak memperbaiki ketahanan kikis dibanding kontrolnya tanpa mengorbankan kalor timbul dengan metoda pencampuran *split feeding* adalah vulkanisat IV penelitian seri kedua. Formula dari vulkanisat tersebut dapat dilihat pada Tabel 5. Sebaliknya vulkanisat yang paling banyak menurunkan kalor timbul tanpa mengorbankan ketahanan kikis dengan metoda pencampuran *split feeding* adalah vulkanisat III penelitian seri ketiga. Formula dari vulkanisat tersebut dapat dilihat pada Tabel 6. Vulkanisat yang menurunkan kalor timbul dan meningkatkan ketahanan kikis dengan metoda pencampuran *split feeding* adalah vulkanisat I penelitian seri keempat. Formula dari vulkanisat tersebut dapat dilihat pada Tabel 7.

Dari hasil penelitian ini diharapkan dapat diformulasikan kompon telapak ban dan cara proses pencampurannya untuk memperoleh vulkanisat yang mempunyai sifat-sifat yang baik diantaranya ketahanan kikis dan kalor timbul yang langsung memberikan efek terhadap pemakaian. Dengan ketahanan kikis

dan kalor timbul yang baik, maka umur pakai ban menjadi lebih lama sehingga meningkatkan efisiensi.

B. SARAN

Disarankan untuk melanjutkan penelitian dengan menggunakan karet sintetik yang lainnya yang mempunyai parameter kelarutan relatif sama dengan karet polikloropren namun parameter kelarutannya sama dengan karet alam. Seperti karet poliklorobutil / karet polibromobutil. Juga perlu diteliti kombinasi jumlah karet polibutadien dan karet alam dalam karet terpisah yang dapat memberikan ketahanan kikis dan kalor timbul yang optimal. Sebagai pendukung analisa, perlu dianalisis jumlah dan jenis polimer melalui uji TGA (Thermal Gravimetri Analysis) agar dapat diketahui jumlah dan jenis polimer yang berikatan dalam *bound rubber*.



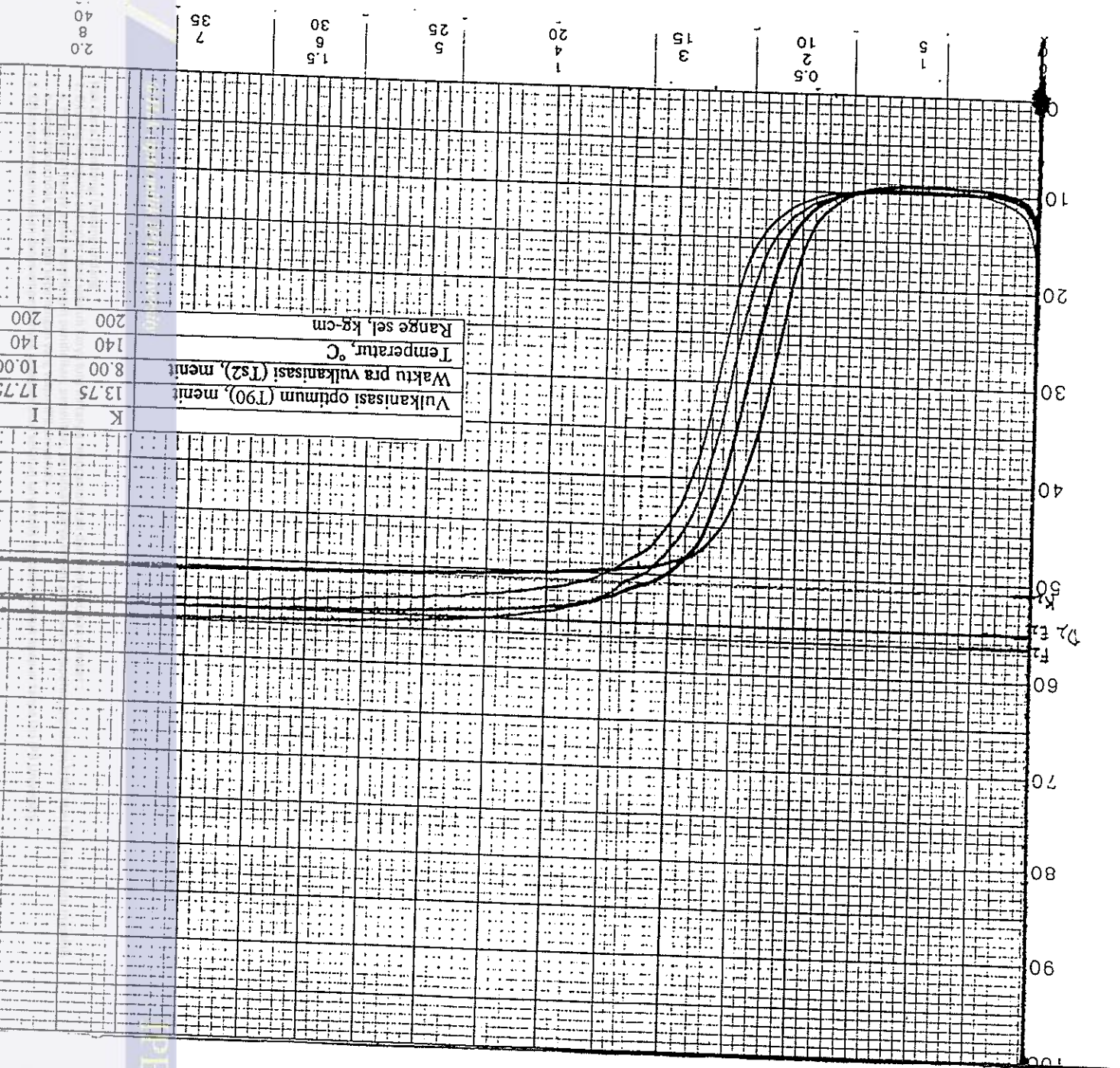
DAFTAR PUSTAKA

- Amir, E. J. 1990. Blending. Makalah Dalam Kursus Teknologi Barang Jadi (4- 23 Juni 1990). Pusat Penelitian Perkebunan, Bogor.
- Abednego, J. G. 1988. Bahan-Bahan Kimia Karet. Makalah Dalam Kursus Pendahuluan Teknologi Karet, 21 November – 3 Desember 1988. Balai Penelitian Perkebunan Bogor, Bogor.
- Anonim. (1977). Monsanto Industrial Chemical Company. Rubber Chemical Division, USA.
- Arizal, R. 1988. A slow Release Urea Fertilizer Based on a Natural Rubber Matrix. Tesis Doktor Loughborough University of Technology, Inggris.
- Arizal, R. 1989. Split Feeding a new Technology in Mixing of A Black Natural Rubber Compound. Makalah Dalam First Indonesia – JICA Polymer Symposium Cum – Workshop, 3 – 5 April 1989. Research and Development Center for applied Physics – LIPI and Japan Cooperation Agency, Bandung.
- Arizal, R. 1990. Bahan-Bahan Elastomer untuk Industri Barang Jadi Karet : Karet Alam dan Sintetik. Makalah Dalam Kursus barang Jadi Karet, 4 – 23 Juni 1990. Pusat Penelitian Perkebunan Bogor, Bogor.
- Archer B. L., D. Bernard, E. G. Cockbaind, P. B. Dickinson dan A. I. Mc Mullen. 1963. Composition and Biochemistry of Hule Latex. Di dalam. The Chemistry and Physics of Rubber Like Substances. L Bateman (ed.). Mc Laren and Sons Ltd, London.
- Blacklay, D. C. 1983. Synthetic Rubbers : Their Chemistry and Technology. Applied Science Publisher, London.
- Blanchard, A.F. 1961. Theoritical and Basic Principles of Reinforcement. Di dalam The Applied Science of Rubber. J.S. Naunton (ed.). Edward Arnold Ltd, London.
- Blow, C. M. (1971). An Outline of Rubber Technology. di dalam Rubber Technology and Manufacture. C. M. Blow (ed). Butterworths, London.
- Bonstra, B. B. (1971). Reinforcement by Fillers. di dalam Rubber Technology and Manufacture. C. M. Blow (ed). Butterworths, London.

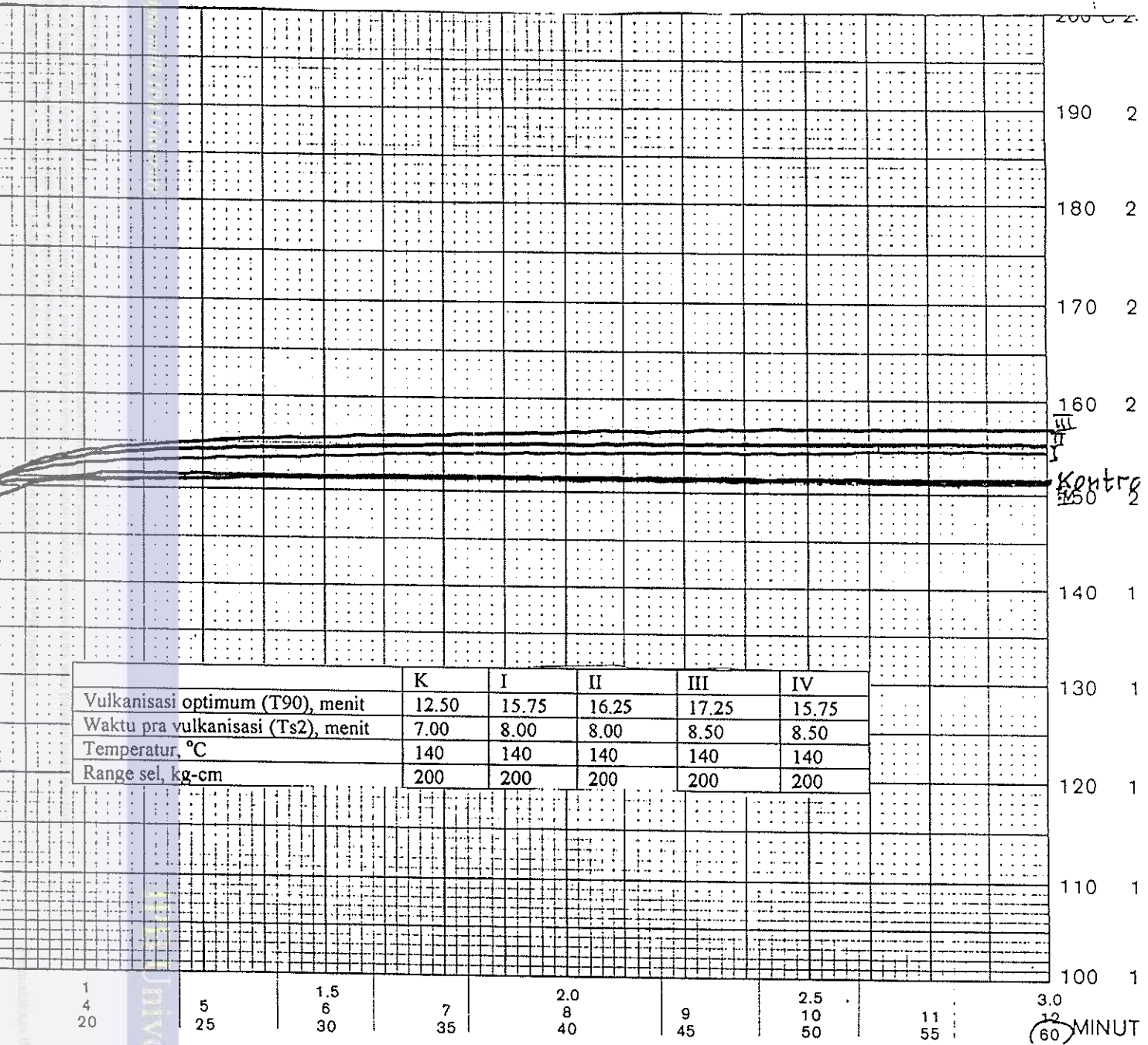
- Buana, K.S. 1990. Prinsip-prinsip Product Design. Makalah Dalam Kursus Teknologi Barang Jadi (4- 23 Juni 1990). Pusat Penelitian Perkebunan, Bogor.
- Budiman, S. 1974. Jenis-Jenis Karet Alam dan Karet Sintetik. Makalah Dalam Kursus Teknologi Karet, 19 Agustus – 2 Oktober 1974. Balai Penelitian Perkebunan Bogor, Bogor.
- Ceresa, R. J. 1978. The Chemical Modification of Polymers di dalam F.R. Eirich (ed.) Science and Technology of Rubber. Academy Press, New York.
- Fletcher, W.P. 1971. Special Purpose Synthetic Rubber : Chloropren Rubber. di dalam Rubber Technology and Manufacture. C. M. Blow (ed). Butterworths, London.
- ISO. 1984. Rubber Raws Material. ISO Standards Handbook, Switzerland.
- IRSG. 1998. International Rubber Study Group. Rubber Statistical Bul. 52 (9) : 9-10.
- Honggokusumo, S. 1978. Pengetahuan Lateks. Balai Penelitian Perkebunan Bogor, Bogor.
- Honggokusumo, S. 1994. Perkembangan Industri Barang Jadi Karet di Indonesia. Pusat Penelitian Karet, Medan.
- Horn, J.B. 1971. Material for Compounding and Reinforcement. di dalam Rubber Technology and Manufacture. C. M. Blow (ed). Butterworths, London.
- Jacques, J. E. (1971). Principles of Compounding. di dalam Rubber Technology and Manufacture. C. M. Blow (ed). Butterworths, London.
- Krishna, S.B. 1990. Teori Mastikasi Karet. Makalah Dalam kursus Teknologi Barang Jadi Karet 4 - 23 Juni 1990. Pusat Penelitian Perkebunan Bogor, Bogor.
- Kraus, G. (1978). Reinforcement Elastomers by Particulate Fillers. Di dalam Science and Technology of Rubber. F.R. Eirich. Academic Press, New York.
- Morton, M. 1963. Introduction of Rubber Technology. Reinhold Publishing Corporation, New York.

- Morrell, S.H. 1971. The Chemistry and Technology of Vulcanisation Di dalam Rubber Technology and Manufacture. C. M Blow (ed.). Butterworth Scientific, London.
- Polhamus. L. G. 1962. Rubber Botany, Pruduction, and Utilization. Interscience Publisher, Inc., New York.
- Setyamidjaja. D. 1993. Karet Budidaya dan Pengolahan. Kanisius, Jakarta.
- Suseno. R.S. 1990. Pembuatan Kompon Karet. Makalah Dalam Kursus Teknologi Barang jadi Karet, 4-23 Juni 1990. Pusat Penelitian perkebunan Bogor, Bogor.
- Spillane, J.J. 1989. Komoditi Karet, Peranannya Dalam Perekonomian Indonesia. Kanisius, Jakarta.
- Tim Penebar Swadaya. 1992. Karet Strategi Pemasaran Tahun 2000 Budidaya dan Pengolahan. Penebar Swadaya, Jakarta.
- Willet, P.R. 1974. Heat Generation in Tires Due to The Viscoelastic Properties of Elastomeric Component. Rubbers Chemistry and technology. 47 (2) : 363-375.

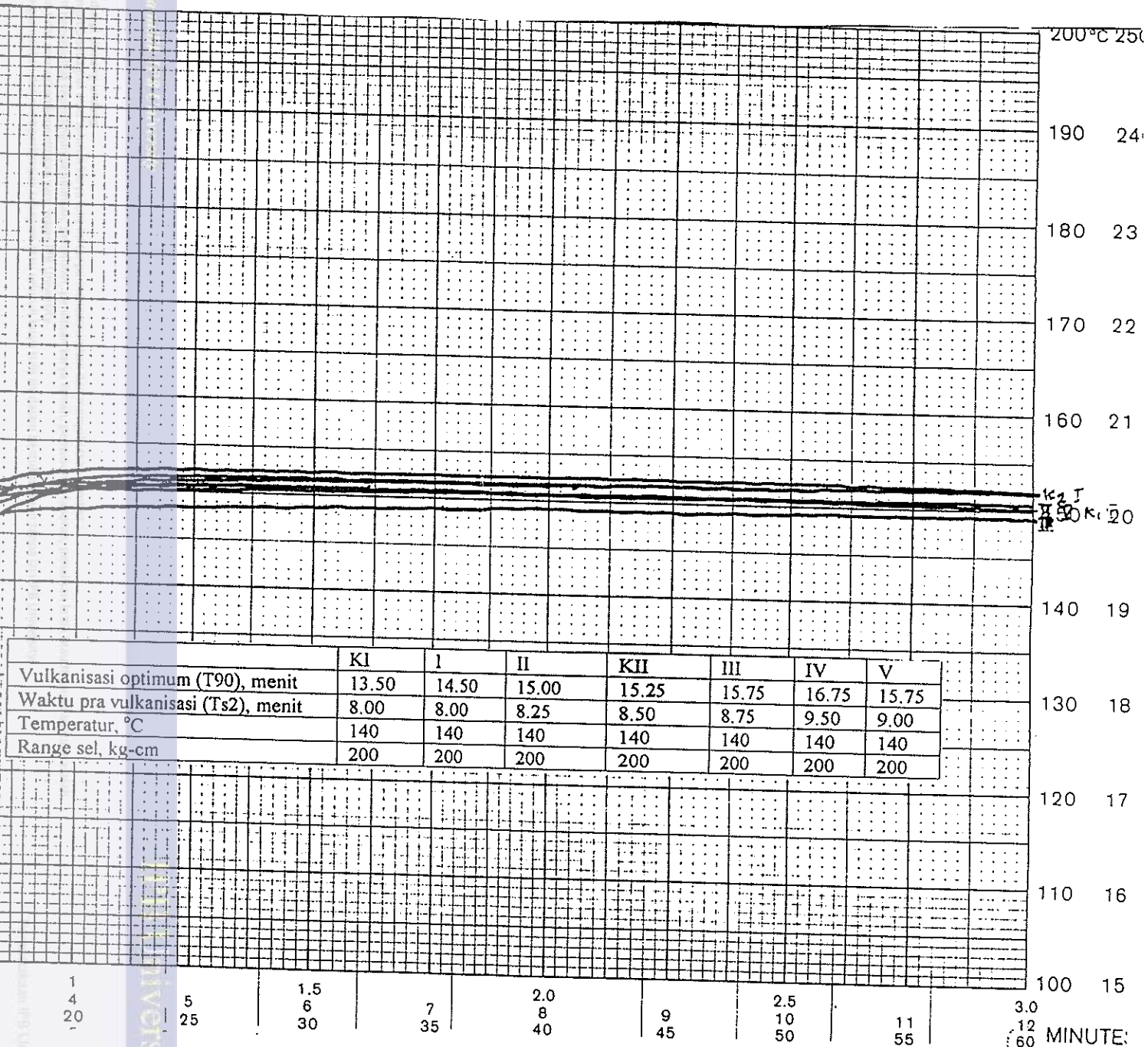
Lampiran 1. Rheograph vulkanisat penelitian seri kesatu



seri kedua



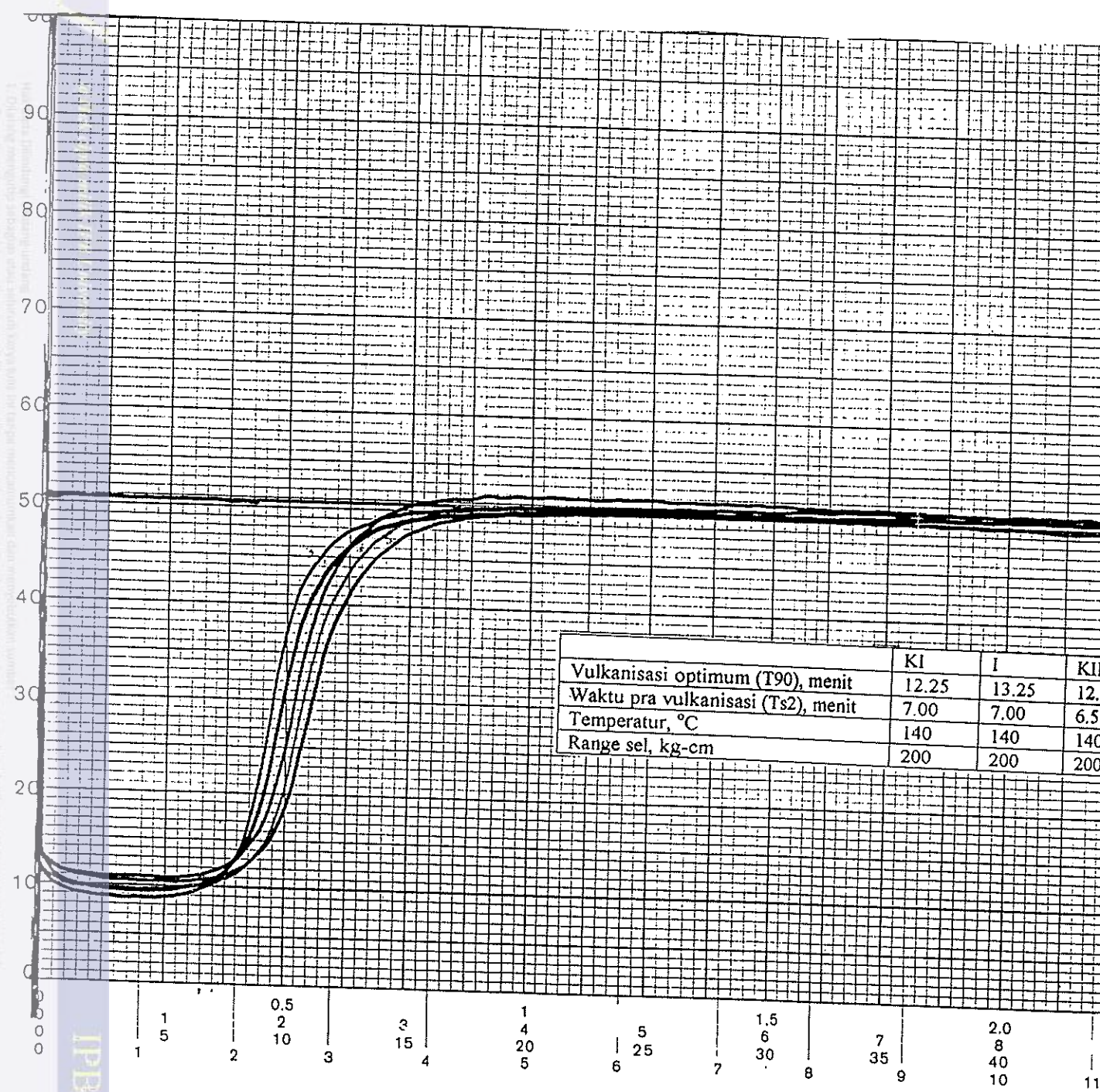
an seri ketiga



	KI	I	II	KII	III	IV	V
Vulkanisasi optimum (T90), menit	13.50	14.50	15.00	15.25	15.75	16.75	15.75
Waktu pra vulkanisasi (Ts2), menit	8.00	8.00	8.25	8.50	8.75	9.50	9.00
Temperatur, °C	140	140	140	140	140	140	140
Range sel, kg-cm	200	200	200	200	200	200	200



Lampiran 4. Rheograph vulkanisat penelitian seri keempat



Lampiran 5. Hasil uji fisik

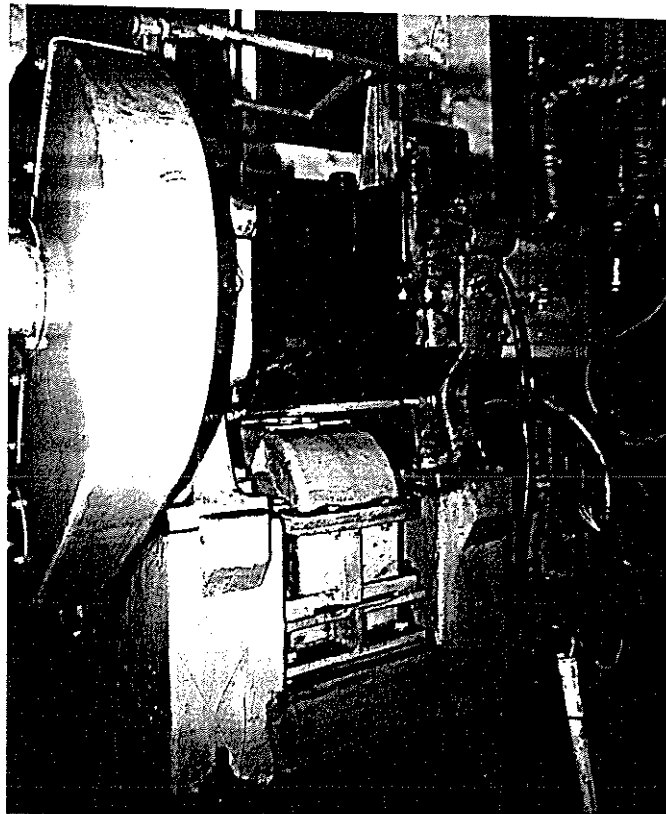
Tabel 8. Hasil uji fisik vulkanisat penelitian seri kesatu, kedua, ketiga dan keempat

Seri ke	Vulka- nisat	Tegangan putus (N/mm ²)	Ketahanan sobek (N/mm ²)	Kepegas an pantul (%)	Kalor Timbul °C	Bound rubber (g/g)	Ketahanan kikis (mm ³)	Kekerasan (Shore A)
Satu	K	27.6	14.2	62.0	9.0	0.53	105.7	63.0
	I	27.3	10.4	57.0	9.8	0.59	104.0	65.0
	II	25.9	10.5	55.0	10.2	0.65	98.4	66.0
	III	23.5	8.7	53.0	11.0	0.70	100.8	66.0
Dua	K	25.3	15.0	64.0	7.8	0.53	105.9	63.0
	I	25.4	9.3	60.0	9.0	0.49	105.3	64.0
	II	27.0	10.2	59.0	9.5	0.50	93.3	64.0
	III	25.9	9.6	58.0	9.7	0.52	89.2	65.0
	IV	26.0	12.8	58.0	7.8	0.55	88.4	63.0
Tiga	KI	26.9	11.5	62.0	9.2	0.50	102.5	60.0
	I	27.9	10.1	61.0	9.1	0.53	98.4	60.0
	II	29.6	10.8	64.0	9.6	0.56	90.1	60.0
	KII	25.5	13.4	55.0	12.3	0.54	88.2	62.0
	III	26.8	10.0	56.0	11.1	0.57	87.7	62.0
	IV	26.2	10.1	55.0	11.1	0.56	95.2	61.0
	V	25.9	8.2	56.0	11.9	0.44	86.1	61.0
Empat	KI	27.9	14.1	61.0	9.2	0.60	90.4	60.0
	I	29.5	12.5	56.0	8.4	0.63	82.1	59.0
	KII	24.8	11.7	63.0	11.9	0.61	89.7	62.0
	II	26.3	12.1	54.0	11.1	0.60	98.6	61.0
	III	25.2	10.1	57.0	11.1	0.64	91.3	62.0

A high-contrast, black and white photograph of a complex industrial machine, likely a steam engine or pump. The machine is composed of various parts including pipes, valves, and a large flywheel. The image is characterized by its stark, almost binary tones, with deep blacks and bright whites, giving it a graphic, almost abstract quality. The machine is positioned vertically, with its main components arranged in a column. The lighting is dramatic, highlighting the textures and forms of the metal parts. The overall impression is one of a powerful, mechanical device from a past era.

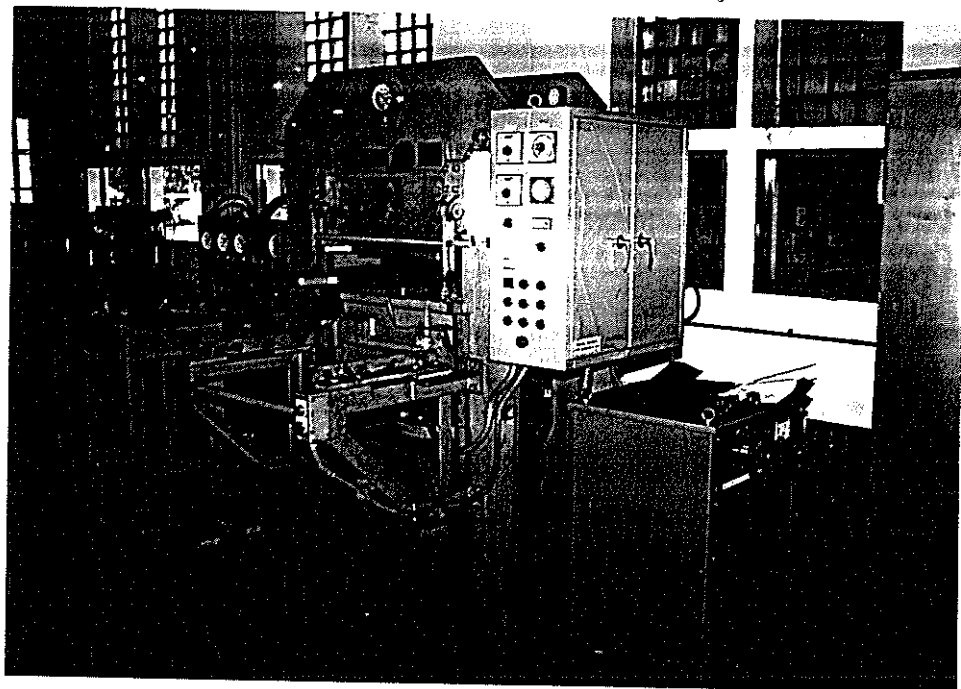
Gambar 22. Mesin penggiling *Banbury Mixer*

Lampiran 6. Lanjutan



Gambar 23. Mesin penggiling gilingan terbuka (*open mill*)

Lampiran 6. Lanjutan



Gambar 24. Mesin vulkanisasi