

**PENGARUH HIDROLISIS PROTEIN  
TERHADAP SIFAT TEKNIS DAN SIFAT FISIK KARET ALAM**  
*Hevea brasiliensis*

Oleh  
**NING HARYANI**  
F 31.1118



1999  
**FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN  
INSTITUT PERTANIAN BOGOR  
BOGOR**

**NING HARYANI. F 31.1118. Pengaruh Hidrolisis Protein Terhadap Sifat Teknis dan Sifat Fisik Karet Alam *Hevea brasiliensis*. Di bawah bimbingan Chilwan Pandji, Ary Achyar Alfa, dan Suharto Honggokusumo.**

## RINGKASAN

Karet merupakan salah satu komoditas sektor industri yang sudah sejak lama menjadi andalan pemerintah dalam menghasilkan devisa. Pada tahun 1996 nilai ekspor getah karet alam mencapai 1 929,2 juta US dolar yang sebagian besar diekspor ke Amerika Serikat dengan jumlah 601,3 juta kilogram atau senilai 641,6 juta US dolar (BPS, 1997).

Perkembangan teknologi industri barang jadi karet, terutama industri ban otomotif, dan persaingan dalam pemasaran yang semakin ketat sedikit banyak memberikan pengaruh terhadap penggunaan bahan baku karet, baik karet alam maupun karet sintesis. Ada kecenderungan permintaan dari berbagai konsumen karet alam di pasaran dunia lebih mengarah ke beberapa persyaratan pokok, seperti tingkat konsistensi mutu yang tinggi, tanpa kontaminasi dan memenuhi berbagai persyaratan sifat fisik tertentu sesuai dengan persyaratan produk akhir.

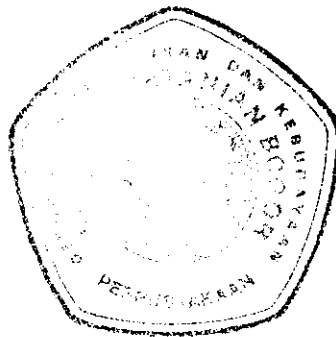
Pada penelitian sebelumnya hidrolisis protein karet dilakukan terhadap lateks dengan menggunakan enzim proteolitik dan surfaktan nonionik diikuti dengan pencucian dengan sentrifugasi. Lateks yang dihasilkan mempunyai kadar nitrogen 0.02 persen, sifat mekanisnya baik, tetapi lateks sukar untuk diproses karena mempunyai stabilitas mekanis yang rendah dan sukar untuk digumpalkan (Sakaki *et al.*, 1996).

Pada penelitian ini dilakukan pengurangan protein pada karet alam padat dengan cara hidrolisis secara kimiawi. Diamati pengaruh hidrolisis protein karet terhadap sifat teknis dan sifat fisiknya serta pemilihan bahan kimia yang dapat menghidrolisis protein di dalam karet alam secara efektif, yaitu yang dapat menghasilkan karet padat dengan kandungan nitrogen di bawah 0,1 persen. Berdasarkan penelitian pendahuluan, bahan kimia yang digunakan sebagai penghidrolisis protein pada penelitian utama adalah campuran NaOH dan isopropanol. Pengujian untuk melihat pengaruh berbagai perlakuan terhadap beberapa sifat teknis dan sifat fisik menggunakan rancangan faktorial dalam desain blok dengan dua kali ulangan. Faktor pertama adalah konsentrasi NaOH dalam larutan perendam dengan 4 taraf (kontrol, 25%, 30%, 35%) dan faktor kedua adalah lama perendaman dengan 2 taraf (3 jam dan 6 jam). Ulangan dijadikan sebagai blok. Parameter yang diamati adalah kadar nitrogen, plastisitas awal (Po), PRI, nilai  $\Delta P$ , kadar abu, kadar zat menguap, kadar kotoran, warna, viskositas *Mooney*, *cure time*, *scorch time*, kuat tarik, perpanjangan putus, modulus 200%, kekerasan dan ketahanan retak lentur.

Konsentrasi NaOH dalam larutan perendam memberikan pengaruh yang nyata terhadap kadar nitrogen, plastisitas awal (Po), PRI, nilai  $\Delta P$ , kadar abu, kadar zat menguap, *cure time*, *scorch time*, viskositas *Mooney*, kuat tarik, perpanjangan putus,

*modulus* 200%, kekerasan dan ketahan retak lentur. Lamanya perlakuan memberikan pengaruh yang nyata terhadap plastisitas awal ( $P_o$ ), PRI, nilai  $\Delta P$ , kadar abu, *cure time*, *scorch time*, kuat tarik dan *modulus* 200%.

Dengan membandingkan hasil analisis secara keseluruhan, maka kombinasi perlakuan yang terbaik adalah perlakuan perendaman dengan konsentrasi NaOH 35 persen dalam larutan perendam dengan lama perendaman 3 jam dan menghasilkan karet yang mempunyai kadar nitrogen rendah (0,085 persen), berwarna cerah (skala warna < 6) dan termasuk golongan karet viskositas mantap ( $ASHT/\Delta P < 8$ ). Sifat teknis dan sifat fisik karet yang diperoleh adalah sebagai berikut : kadar nitrogen 0,085 persen; nilai  $P_o$  50,5; PRI 42,65 persen;  $\Delta P$  4; skala warna 5 unit Lovibond; kadar abu 1,65 persen; kadar zat menguap 1,235 persen; kadar kotoran 0.0075 persen;; viskositas *Mooney* 77 unit *Mooney*; *cure time* 17,125 menit; *scorch time* 0,875 menit; kuat tarik 23,4 N/mm<sup>2</sup>; perpanjangan putus 840 persen; *modulus* 200% 1,25 N/mm<sup>2</sup>; kekerasan 38.



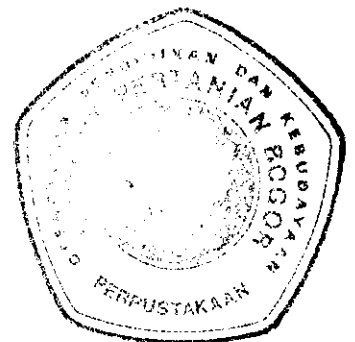


**PENGARUH HIDROLISIS PROTEIN  
TERHADAP SIFAT TEKNIS DAN SIFAT FISIK KARET ALAM**  
*Hevea brasiliensis*

**SKRIPSI**  
sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar  
**SARJANA TEKNOLOGI PERTANIAN**  
pada Jurusan Teknologi Industri Pertanian  
Fakultas Teknologi Pertanian  
Institut Pertanian Bogor

Oleh  
**NING HARYANI**  
F 31.1118

1999  
**FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN**  
**INSTITUT PERTANIAN BOGOR**  
**BOGOR**



FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN  
INSTITUT PERTANIAN BOGOR

**PENGARUH HIDROLISIS PROTEIN  
TERHADAP SIFAT TEKNIS DAN SIFAT FISIK KARET ALAM**

*Hevea brasiliensis*

**SKRIPSI**

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

Oleh


**NING HARYANI**

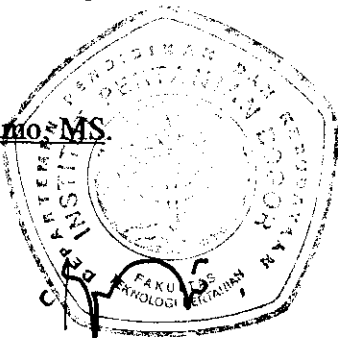
**F 31.1118**


Dilahirkan pada tanggal 12 Januari 1976  
di Banjarnegara, Jawa Tengah

Tanggal lulus : 11 Januari 1999

Disetujui,  
Bogor, Januari 1999

  
Dr. Suharto Honggokusumo, MS.  
Pembimbing III



  
Ir. Ary Achyar Alfa  
Pembimbing II

Drs. Chilwan Pandji, Apt., MSc.  
Pembimbing I

## KATA PENGANTAR

Puji syukur ke hadirat Allah SWT yang senantiasa memberikan rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul **Pengaruh Hidrolisis Protein Terhadap Sifat Teknis dan Sifat Fisik Karet Alam *Hevea brasiliensis***. Skripsi ini disusun berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan selama tujuh bulan, sejak bulan April hingga Nopember 1998, di Balai Penelitian Teknologi Karet, Bogor. Penyusunan skripsi ini merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar **Sarjana Teknologi Pertanian** di Jurusan Teknologi Industri Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor, Bogor.

Penulis tidak bisa bersandar hanya pada kemampuan sendiri, sebab alangkah terbatasnya kemampuan diri seseorang. Skripsi ini tersusun dengan hutang kesabaran pada orang-orang yang telah membantu penelitian dan melayani konsultasi penulis. Pada mereka penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya :

1. **Bapak dan Ibu Istanto, Darmawan Dwiharyanto, dan Arif Trihardiyanto** atas doa, kasih sayang, kesabaran dan dukungannya sehingga penulis bisa menyelesaikan tugas ini.
2. **Drs. Chilwan Pandji, Apt., MSc.**, selaku dosen pembimbing akademik atas bimbingan dan arahannya selama penulis mengerjakan penelitian dan skripsi.
3. **Dr. Suharto Honggokusumo, MSc.**, selaku Kepala Balai Penelitian Teknologi Karet Bogor yang telah memberikan kesempatan kepada penulis untuk melakukan penelitian di BPTK, Bogor dan selaku pembimbing lapang II yang telah memberikan bimbingan dan arahannya.
4. **Ary Achyar Alfa, SSi**, selaku pembimbing lapang I atas bimbingan dan arahannya selama penulis mengerjakan penelitian dan skripsi.
5. **Dr. Ir. Muhammad Romli, MSc.** sebagai dosen penguji atas kesediaannya untuk menjadi dosen penguji pada ujian sarjana penulis.
6. **Mbak Nelly, Pak Ridwan, Pak Achsan, Pak Anwar, Pak Aos, Pak Sofyan, Pak Nur, Pak Mamat**, dan karyawan serta staf BPTK lain yang tidak dapat disebutkan satu per satu atas bantuan kepada penulis selama penelitian berlangsung.

7. **Dala, Novy dan Noer** atas kebersamaan dan kerjasamanya selama mengerjakan penelitian.
8. Sahabat-sahabatku tersayang : **Wied, Idha Kris, Chandra, Rini, Isra, Nola, Mora, Yuni, Wiwie, Diny, Sri, Elda, Selly, M. Iqbal Al Farobi, Indri Anjarwati, Zakiatus Sholihah, Anto, Zaenal, Solin, Gilang, Slamet dan Akrie** atas dukungan dan persahabatannya.
9. **Bagus Kuntjorodjati**, atas dukungan dan kesabarannya.
10. Teman-teman di **TIN 15, Edelweiss, Cirahayu 4, dan X-SMA Muhammadiyah I Yogyakarta** khususnya **kelas A1.4 angkatan '94** atas persaudaraan dan kenangan manisnya. Semoga tetap ceria dan kompak.

Kritik dan saran yang membangun sangat penulis harapkan untuk menyempurnakan tulisan ini. Semoga karya ini bermanfaat bagi yang memerlukan.

Bogor, Januari 1999.

Penulis

DAFTAR ISI

	<b>Halaman</b>
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	i
<b>DAFTAR ISI</b> .....	iii
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	v
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	vi
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	ix
<b>I. PENDAHULUAN</b>	
A. Latar Belakang.....	1
B. Tujuan.....	3
<b>I. TINJAUAN PUSTAKA</b>	
A. Lateks <i>Hevea</i> .....	4
B. Partikel Karet <i>Hevea</i> .....	7
C. Kemantapan Lateks <i>Hevea</i> .....	9
D. Penggumpalan Lateks <i>Hevea</i> .....	12
E. Hidrolisis Protein Pada Karet.....	12
F. Sifat Teknis dan Sifat Fisik Karet Alam.....	17
<b>I. BAHAN DAN METODE</b>	
A. Bahan.....	23
B. Alat.....	23
C. Rancangan Percobaan.....	23
D. Metode Penelitian.....	24
<b>I. HASIL DAN PEMBAHASAN</b>	
A. Penelitian Pendahuluan.....	30
A.1. Kadar Nitrogen.....	30
A.2. Nilai $\Delta P$ .....	33
B. Penelitian Utama.....	36
B.1. Kadar Nitrogen.....	36
B.2. Nilai $\Delta P/ASHT$ .....	39
B.3. $P_o$ .....	42
B.4. PRI.....	45
B.5. Kadar Abu.....	48
B.6. Kadar Zat Menguap.....	50
B.7. Kadar Kotoran.....	51
B.8. Warna.....	52
B.9. Viskositas <i>Mooney</i> Karet Mentah.....	54
B.10. Waktu Pravulkanisasi ( <i>Scorch Time</i> ).....	56



Halaman ini adalah bagian dari dokumen yang diterbitkan oleh IPB University dan merupakan hak cipta IPB University. Tidak diperbolehkan untuk menyalin, mendistribusikan, atau melakukan tindakan lain yang melanggar hukum tanpa izin tertulis dari IPB University.

B.11. Waktu Vulkanisasi ( <i>Cure Time</i> ).....	58
B.12. Uji Tarik.....	59
B.13. Kekerasan ( <i>Hardness</i> ) .....	64
<b>II. KESIMPULAN DAN SARAN</b>	
A. Kesimpulan.....	66
B. Saran.....	67
<b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....	68
<b>LAMPIRAN</b> .....	72





## DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 1. Komposisi lateks alam segar .....	6
Tabel 2. Komposisi bahan-bahan yang terdapat pada karet alam .....	9
Tabel 3. Skema spesifikasi SIR.....	18
Tabel 4. Ukuran contoh uji .....	96

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1. Partikel karet dalam lateks <i>Hevea</i> .....	7
Gambar 2. Isopren C <sub>5</sub> H <sub>8</sub> .....	8
Gambar 3. Monomer isopren .....	8
Gambar 4. Ikatan 1,4 – poliisopren .....	8
Gambar 5. Kedudukan karet dalam lateks .....	11
Gambar 6. Molekul linier karet alam.....	14
Gambar 7. Dugaan struktur karet alam.....	15
Gambar 8. Perubahan struktur pada karet alam setelah proses deproteinasi, transesterifikasi dan saponifikasi.....	16
Gambar 9. Kurva <i>Rheometer</i> .....	20
Gambar 10. Diagram alir proses pencucian dengan Metode Ong.....	28
Gambar 11. Diagram alir pembuatan karet padat DPNR .....	29
Gambar 12. Hubungan antara konsentrasi NaOH dan lama hidrolisis pada suhu kamar dengan kadar nitrogen dalam karet .....	30
Gambar 13. Hubungan antara konsentasi NaOH dan lama hidrolisis pada suhu 70 °C dengan kadar nitrogen dalam karet.....	31
Gambar 14. Hubungan antara konsentrasi NaOH dalam campuran NaOH/isopro- panol dan lama perendaman pada suhu 70 °C dengan kadar nitrogen karet .....	32
Gambar 15. Hubungan antara konsentrasi NaOH dalam campuran NaOH/isopro- panol dan lama perendaman pada suhu kamar dengan kadar Nitrogen karet .....	32
Gambar 16. Hubungan antara konsentrasi NaOH dan lama hidrolisis pada suhu kamar dengan nilai ΔP di dalam karet.....	33
Gambar 17. Hubungan antara konsentrasi NaOH dan lama hidrolisis pada suhu 70 °C dengan nilai ΔP di dalam karet.....	34
Gambar 18. Hubungan antara konsentrasi NaOH dalam campuran NaOH/isopro- panol dan lama perendaman pada suhu 70 °C dengan nilai ΔP karet	34
Gambar 19. Hubungan antara konsentrasi NaOH dalam campuran NaOH/isopro- panol dan lama hidrolisis pada suhu kamar dengan nilai ΔP di dalam karet .....	35



Gambar 20. Histogram hubungan antara konsentrasi NaOH dalam campuran NaOH/isopropanol dan lama perendaman dengan kadar Nitrogen....	38
Gambar 21. Sketsa bentuk molekul asam amino.....	38
Gambar 22. Histogram hubungan antara konsentrasi NaOH dalam campuran NaOH/isopropanol dan lama perendaman dengan nilai $\Delta P$ karet.....	40
Gambar 23. Histogram hubungan antara konsentrasi NaOH dalam campuran NaOH/isopropanol dan lama perendaman dengan nilai $P_0$ .....	43
Gambar 24. Histogram hubungan antara konsentrasi NaOH dalam campuran NaOH/isopropanol dan lama perendaman dengan nilai PRI.....	45
Gambar 25. Histogram hubungan antara konsentrasi NaOH dalam campuran NaOH/isopropanol dan lama perendaman dengan kadar abu.....	48
Gambar 26. Histogram hubungan antara konsentrasi NaOH dalam campuran NaOH/isopropanol dan lama perendaman dengan kadar zat menguap	51
Gambar 27. Histogram hubungan antara konsentrasi NaOH dalam campuran NaOH/isopropanol dan lama perendaman dengan kadar kotoran.....	52
Gambar 28. Histogram hubungan antara konsentrasi NaOH dalam campuran NaOH/isopropanol dan lama perendaman dengan warna karet.....	53
Gambar 29. Warna karet kontrol (A) dan warna karet yang diberi perlakuan (B)	54
Gambar 30. Histogram hubungan antara konsentrasi NaOH dalam campuran NaOH/isopropanol dan lama perendaman dengan viskositas Mooney karet .....	55
Gambar 31. Histogram hubungan antara konsentrasi NaOH dalam campuran NaOH/isopropanol dan lama perendaman dengan waktu pravulkanisasi kompon karet.....	57
Gambar 32. Histogram hubungan antara konsentrasi NaOH dalam campuran NaOH/isopropanol dan lama perendaman dengan waktu vulkanisasi kompon karet.....	59
Gambar 33. Histogram hubungan antara konsentrasi NaOH dalam campuran NaOH/isopropanol dan lama perendaman dengan kuat tarik vulkanisat karet .....	60
Gambar 34. Histogram hubungan antara konsentrasi NaOH dalam campuran NaOH/isopropanol dan lama perendaman dengan perpanjangan putus vulkanisat karet .....	62
Gambar 35. Histogram hubungan antara konsentrasi NaOH dalam campuran NaOH/isopropanol dan lama perendaman dengan modulus karet...	63

Hal ini merupakan dokumen resmi dari IPB University yang diterbitkan secara resmi oleh IPB University. Untuk informasi lebih lanjut mengenai IPB University, kunjungi situs web kami di [www.ipb.ac.id](http://www.ipb.ac.id).  
 IPB University adalah institusi pendidikan ternama di Indonesia yang berkomitmen untuk menghasilkan lulusan yang berkualitas dan berprestasi.



Gambar 36. Histogram hubungan antara konsentrasi NaOH dalam campuran NaOH/isopropanol dan lama perendaman dengan kekerasan vulkanisat karet ..... 65

Gambar 37. Kepingan uji penetapan Po dan PRI..... 86

Gambar 38. Botol timbang pengurangan berikut contoh uji..... 87

Gambar 39. Pisau potong *dumbbell*..... 91

Gambar 40. Alat uji *Shore A Durometer* ..... 96



Halaman ini adalah hak cipta dari Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) dan tidak boleh disebarluaskan atau diperjualbelikan kembali.

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya ini tanpa izin dari Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS).

2. Dilarang menggunakan dan menyalin sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin ITS.

## DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1. Analisis sidik ragam dan hasil uji lanjut Duncan untuk kadar nitrogen dari karet yang direndam dalam NaOH pada penelitian pendahuluan.....	73
Lampiran 2. Analisis sidik ragam dan hasil uji lanjut Duncan untuk kadar nitrogen dari karet yang direndam dalam NaOH/isopropanol pada penelitian pendahuluan.....	73
Lampiran 3. Analisis sidik ragam dan hasil uji lanjut Duncan untuk nilai $\Delta P$ dari karet yang direndam dalam NaOH pada penelitian pendahuluan....	74
Lampiran 4. Analisis sidik ragam dan hasil uji lanjut Duncan untuk nilai $\Delta P$ dari karet yang direndam dalam NaOH/isopropanol pada penelitian pendahuluan.....	75
Lampiran 5. Data sifat teknis pada penelitian utama.....	76
Lampiran 6. Data sifat fisik pada penelitian utama.....	76
Lampiran 7. Hasil analisis sidik ragam dan uji lanjut Duncan pada penelitian utama .....	77
Lampiran 8. Tata cara pengujian sifat teknis .....	85
Lampiran 9. Tata cara pengujian sifat fisik.....	90







## B. TUJUAN

Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari pengaruh hidrolisis protein secara kimiawi terhadap sifat teknis dan sifat fisik karet alam. Selain itu juga akan dipilih bahan kimia yang dapat menghidrolisis protein dalam karet secara lebih efektif, yaitu yang dapat menghasilkan karet padat dengan kadar nitrogen di bawah 0,1 persen.

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### A. LATEKS *Hevea*

Lateks *Hevea* adalah suatu sitoplasma yang merupakan dispersi partikel karet dan zat bukan karet di dalam cairan yang disebut serum. Kadar karet di dalam lateks bervariasi menurut jenis klon, intensitas sadap, iklim dan pemupukan. Umumnya kadar karet di dalam lateks berkisar antara 25 sampai 40 persen (Honggokusumo, 1978).

Getah susu/lateks terdapat dalam pembuluh lateks yang berbentuk tabung yang mempunyai dinding kenyal dan dapat mendifusikan zat-zat permeabel. Pada pohon yang sama pembuluh lateks tersebut mempunyai diameter yang berbeda-beda dan diperkirakan diameter rata-ratanya adalah  $30\mu$  dengan sudut  $\pm 3,5$  derajat terhadap garis vertikal (Triwijoso, 1988).

Keluarnya lateks adalah dengan adanya tekanan pada pembuluh lateks sebagai akibat adanya turgor, yaitu tekanan pada dinding sel oleh isi sel. Semakin banyak isi sel, maka semakin besar tekanan pada dinding sel turgor sehingga lateks yang keluar melalui pembuluh lateks juga semakin banyak. Waktu penyadapan yang dianjurkan adalah pada saat tekanan turgor masih tinggi, yaitu ketika belum ada pengurangan isi sel melalui penguapan oleh daun atau ketika matahari belum tinggi (Anonymous, 1982).

Lateks jika dipusingkan dengan kecepatan sekitar 18 000 putaran per menit akan terpisah menjadi empat fraksi utama. Urutan fraksi dari atas ke bawah adalah fraksi karet yang berwarna putih, fraksi partikel *Frey Wyssling* yang berwarna kuning jingga, fraksi serum yang jernih dan fraksi bawah yang berwarna kuning pucat (Honggokusumo, 1978).

### 1. Fraksi karet

Fraksi ini mengandung partikel karet yang mempunyai diameter antara 0,05 hingga 3 mikron dan memiliki selubung lapisan yang terdiri dari protein dan lipid yang berfungsi memantapkan dispersi partikel di dalam serum (Honggokusumo, 1978).

### 2. Fraksi *Frey Wyssling*

Fraksi ini terutama mengandung partikel *Frey Wyssling* yang berbentuk bulat dengan ukuran lebih besar daripada partikel karet, dengan diameter hingga 8 mikron. Partikel ini mengandung zat warna  $\beta$ -karoten. Partikel *Frey Wyssling* sering terkurung di antara partikel karet dan di dalam fraksi bawah (Honggokusumo, 1978).

### 3. Fraksi serum

Serum atau biasa disebut serum-C (*centrifuge serum*) mengandung bahan terlarut yang biasa terdapat di dalam sel tanaman, seperti ion-ion anorganik dan ion-ion logam terutama terdiri dari karbonat dan fosfat, magnesium, kalsium, kalium, tembaga, besi, natrium, rubidium dan juga mangan yang masuk ke dalam lateks pada saat lateks mengalir melalui irisan sadap. Terdapat juga karbohidrat dan inositol yang merupakan sumber utama asam lemak eteris (*volatile fatty acid/VFA*), khususnya *quebrachitol* (Honggokusumo, 1978).

### 4. Fraksi bawah (*bottom fraction*)

Fraksi ini sekitar 10 hingga 15 persen dari volume lateks, terutama terdiri dari partikel berbentuk bulat yang ukurannya relatif besar dengan diameter sekitar 2 mikron. Menurut van Gills dan Honggokusumo (1975), fraksi bawah ini mengandung lutoid. Lutoid bersifat kental seperti gelatin dan diselubungi



membran yang semi permeabel, mengandung senyawaan nitrogen yang terdispersi di dalam suatu cairan yang disebut serum-B (*bottom serum*) dan ion-ion logam kalsium dan magnesium (Honggokusumo, 1978).

Lutoid mempunyai peranan yang sangat penting pada proses penyumbatan pembuluh lateks pada penyadapan dan penggumpalan alamiah. Membran lutoid mudah pecah oleh pengaruh mekanis, tekanan osmosa, zat kimia, panas dan listrik, enzim dan mikroorganisme. Jika membran pecah, serum-B akan keluar dan mengganggu kemantapan lateks. Enzim dan ion-ion logam Ca dan Mg menyebabkan terjadinya penggumpalan lateks dan menyumbat ujung pembuluh lateks sehingga aliran lateks terhenti, beberapa jam kemudian lateks akan menggumpal secara alamiah (Honggokusumo, 1978). Komposisi lateks *Hevea* dapat digambarkan secara sederhana seperti pada Tabel 1.

Tabel 1. Komposisi Lateks Alam Segar

Komposisi	Persentase
Fraksi Karet	37
Protein	0,5
Fosfolipid	0,5
Lokotroenol	0,09
Sterol	
Lemak	
Resin	
Partikel <i>Frey Wyssling</i>	
Karotenoid	
Plastokromonal	
Lipid	
Serum C	48
Inositol	1,0 – 1,5
Karbohidrat	
Protein	0,5
Glutation	0,01
Asam amino bebas	0,08
Asam askorbat	0,02
Basa nitrogen	0,04
Asam nukleat	0,002
Asam mononukleat	0,02

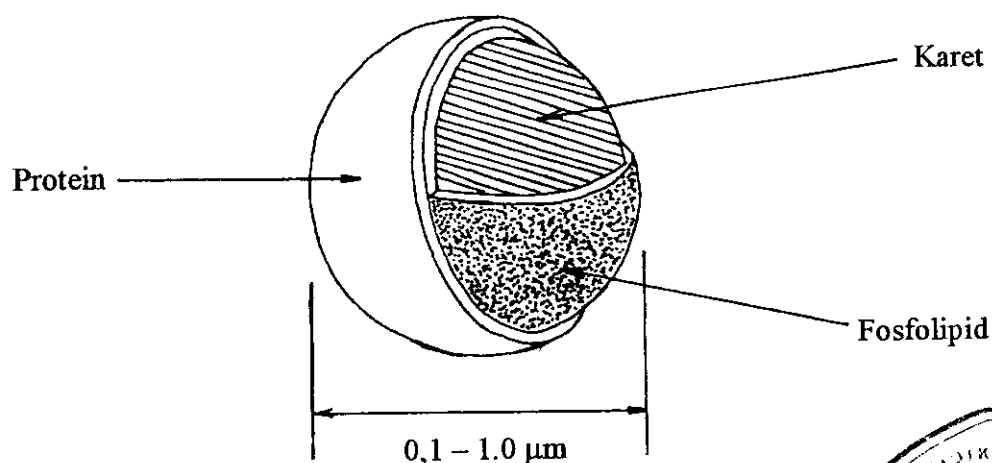
Tabel 1. Lanjutan.

Fraksi Dasar	15
Protein	0,2
Fosfolipid	0,2
Plastoquinon	
Labiquinon	
Sterol	
Trigonelein	0,007
Argothionci	0 – 0,005

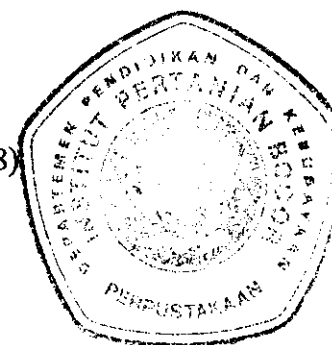
Sumber : Archer *et al.*, 1963

## B. PARTIKEL KARET *Hevea*

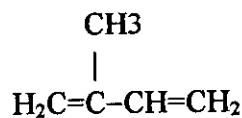
Lateks terutama mengandung partikel karet dan media cairan. Di bawah mikroskop biasa, diameter partikel karet yang terbesar yang dapat diukur sekitar 3 mikron. Dengan ultramikroskop dapat dihitung sejumlah  $1,19 \times 10^{12}$  partikel setiap mililiter lateks dengan 40 persen KKK. Dengan menggunakan elektron mikroskop yang disertai dengan proses brominasi dapat diamati ukuran partikel sampai 0,09 mikron (van Gills dan Honggokusumo, 1975). Gambar partikel karet dalam lateks *Hevea* dapat dilihat pada Gambar 1.



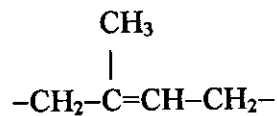
Gambar 1. Partikel Karet Dalam Lateks *Hevea* (Tanaka, 1998)



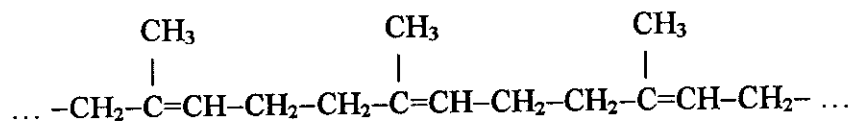
Partikel karet merupakan bahan dasar dalam pembuatan karet alam. Menurut Morton (1963) karet alam adalah senyawaan hidrokarbon hasil penggumpalan lateks alam yang merupakan makromolekul poliisopren  $(C_5H_8)_n$  yang bergabung secara ikatan kepala ke ekor (*head to tail*). Bahan penyusunnya adalah isopren (2-metil butadiena)  $C_5H_8$  (Gambar 2). Monomer isopren (Gambar 3) saling berikatan secara kepala ekor 1,4 membentuk poliisopren (Gambar 4) atau  $(C_5H_8)_n$ , dimana  $n$  adalah derajat polimerisasi yang menyatakan banyaknya monomer yang berpolimerisasi membentuk polimer (Honggokusumo, 1978).



Gambar 2. Isopren  $C_5H_8$



Gambar 3. Monomer isopren



Gambar 4. Ikatan 1,4-poliisopren

Rantai poliisopren tersebut membentuk konfigurasi *cis* dengan susunan ruang yang teratur, sehingga rumus kimianya adalah 1,4 *cis* poliisopren. Karet yang mempunyai susunan ruang tersebut akan mempunyai sifat kenyal (elastis). Sifat kenyal tersebut berhubungan dengan viskositas atau plastisitas karet (Morton, 1963).

Menurut Tanaka (1998), karet alam tidak seluruhnya terdiri dari hidrokarbon karet, tetapi juga mengandung sejumlah kecil bagian bukan karet seperti lemak, glikolipid, fosfolipid, protein, karbohidrat, bahan-bahan anorganik dan lain-lain. Menurut Verhaar (1959) pengerjaan dengan alat-alat yang kurang bersih pada waktu pengolahan menyebabkan karet alam mengandung lebih banyak kotoran dan logam-logam, seperti Mn, Fe dan Cu. Bahan-bahan bukan karet dalam jumlah relatif kecil berpengaruh terhadap sifat-sifat fisik karet alam. Komposisi bahan penyusun karet alam dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Komposisi Bahan-bahan yang Terdapat Pada Karet Alam

Bahan	Persentase
Hidrokarbon karet	93,7
Lemak	2,4
Glikolipid, fosfolipid	1,0
Protein	2,2
Karbohidrat	0,4
Bahan-bahan anorganik	0,2
Lain-lain	0,1

Sumber : Tanaka (1998)

Bentuk partikel karet adalah lonjong sampai bulat. Berat jenis lateks adalah 0,945 (pada suhu 70 °C), serum 1,02 dan karet 0,91. Perbedaan berat jenis tersebut menyebabkan terbentuknya lapisan krim partikel karet pada permukaan lateks (Goutara *et al.*, 1985).

### C. KEMANTAPAN LATEKS *Hevea*

Lateks *Hevea* segar merupakan sistem koloid yang sangat kompleks. Kemantapan lateks dipengaruhi oleh tiga faktor, yaitu gerakan Brown, muatan listrik dan hidrasi (Honggokusumo, 1978). Kemantapan koloid lateks merupakan hal yang penting dalam meninjau sifat-sifat kimia dan fisika lateks (Barney, 1973).

Gerakan Brown adalah ciri khas dari partikel berukuran kecil di dalam suspensi, yang bergerak secara tidak beraturan. Karena butir karet di dalam lateks berukuran koloidal, maka gerakan Brown cukup besar untuk melawan gaya tarik bumi, sehingga partikel karet tidak berkelompok dan memisah dari serum. Akibat gerakan Brown terjadi tumbukan antara partikel karet, tetapi partikel-partikel tersebut tidak saling melekat melainkan tolak menolak satu dengan yang lain akibat muatan listriknya yang sama (Honggokusumo, 1978).

Larutan koloid akan stabil bila terdapat bahan yang dapat mempertahankan muatan listrik partikel, yaitu dengan adanya protein. Sifat koloid ini dijadikan dasar untuk terjadinya proses koagulasi. Lateks akan berkoagulasi dengan cara membuang muatan protein dari partikel karet (Goutara *et al.*, 1985).

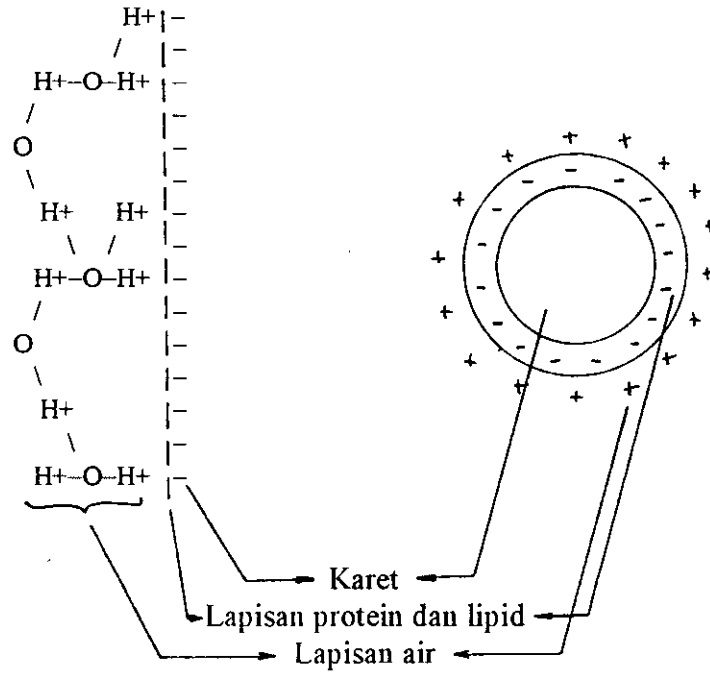
Partikel karet dan air dipisahkan oleh suatu lapisan interfasial yang terdiri dari lipid dan protein yang bersifat hidrofilik. Rantai polipeptida protein mempunyai konfigurasi memanjang dengan sisi non polar menghadap ke bagian karet dan sisi polar ke fase air (Bateman, 1963).

Molekul air berfungsi sebagai pelindung yang tersusun secara berlapis-lapis akibat sifat molekul air yang polar. Dengan demikian seolah-olah terjadi dua lapisan yang bermuatan listrik. Lapisan pertama merupakan partikel karet yang bermuatan negatif dan lapisan kedua merupakan ion-ion hidrogen molekul air yang bermuatan positif (Barney, 1973). Kedudukan karet alam dalam lateks disajikan pada Gambar 5.

Protein terdiri dari asam amino yang satu sama lain berikatan dengan ikatan peptida. Asam amino mengandung dua gugus fungsional, yaitu gugus amino ( $-NH_2$ ) dan gugus karboksil ( $-COOH$ ). Kedua gugus ini dalam molekul asam amino membentuk garam-garam netral. Struktur ini menunjukkan bahwa asam amino adalah ion dipolar yang bersifat amfoter yang mempunyai gugus fungsional yang dapat bertindak sebagai asam dan basa. Akibat dari sifat amfoter ini maka pH lingkungan berpengaruh besar terhadap kemantapan lateks (Barney, 1973).

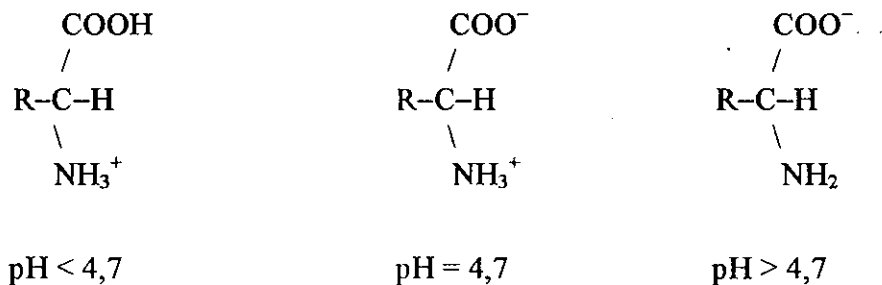
Apabila pH lateks lebih kecil dari 4,7 maka asam amino akan memiliki gugus bermuatan positif. Bila pH sama dengan 4,7 (titik isoelektrik) maka gugus  $COO^-$





Gambar 5. Kedudukan karet dalam lateks (Bateman, 1963)

dan gugus  $\text{NH}_3^+$  pada asam amino menjadi seimbang, sehingga protein tidak bermuatan karena potensial elektrokinetis sama dengan nol (Barney, 1973). Pada titik isoelektrik protein akan menggumpal sehingga daya larutnya berkurang. Tetapi pada kedua sisi titik isoelektrik, daya larut protein akan semakin bertambah (de Boer, 1950). Bila pH lebih besar dari 4,7 maka asam amino memiliki gugus  $\text{COO}^-$  yang bermuatan negatif. Lateks segar mempunyai pH 6,5 sampai 6,8 sehingga partikel karet bermuatan negatif (Barney, 1973).



#### D. PENGUMPALAN LATEKS *Hevea*

Penggumpalan atau koagulasi lateks merupakan peristiwa perubahan fase sol menjadi fase gel dengan pertolongan bahan penggumpal yang lazimnya dinamakan koagulan (Honggokusumo, 1978). Penggumpalan lateks dapat terjadi karena penurunan muatan listrik atau dehidrasi. Penurunan muatan listrik dapat terjadi karena penurunan pH lateks, penambahan elektrolit, penambahan zat giat permukaan (sabun, detergen), dan pengaruh enzim (Glathe, 1959).

Penurunan pH lateks terjadi karena terbentuknya asam-asam hasil kerja bakteri, pelepasan serum-B yang sifatnya relatif asam dan penambahan asam-asam tertentu. Bila lateks dibubuhi sedikit asam maka akan terjadi penurunan pH sampai titik isoelektrik. Hal ini menyebabkan partikel-partikel karet kehilangan muatan atau netral sehingga tidak ada lagi gaya tolak menolak dari setiap partikel karet dan selanjutnya akan terjadi penggumpalan. Daerah dimana lateks mulai menjadi tidak mantap disebut stabilitas kritis, yaitu pada pH 4,5 sampai 5,5 (de Boer, 1950).

Di pabrik, penggumpalan lateks dilakukan dengan menambahkan asam format dalam bentuk larutan dengan konsentrasi 2 sampai 5 persen. Dosis yang umum adalah kira-kira 3,7 gram asam format tiap kilogram karet kering dan pH penggumpalan adalah di sekitar titik isoelektrik (Honggokusumo, 1978).

#### E. HIDROLISIS PROTEIN PADA KARET

Karet alam mengandung 94 persen hidrokarbon karet dan 6 persen bahan-bahan bukan karet. Berdasarkan cara pemisahannya, bahan-bahan selain karet dibagi menjadi dua, yaitu fraksi yang dapat larut dalam pelarut karet dan fraksi yang tidak dapat larut dalam pelarut organik. Fraksi yang tidak dapat larut tersebut berperan dalam mempengaruhi sifat-sifat fisik karet, seperti pada scorch time, cure time, modulus, kalor timbul, dan sebagainya. Karet alam mengandung 3 sampai 4 persen fraksi tersebut, yang sebagian besar terdiri dari protein yang terdenaturasi (Gregg dan Macey, 1973).

Kandungan protein dalam lateks segar berkisar antara 1 persen hingga 1,5 persen yang terdiri dari protein yang dapat larut dan tidak larut dalam air. Protein ini tersebar dalam tiga fraksi utama, yaitu fraksi karet (27 persen), serum B (25 persen) dan serum C (48 persen). Pada fraksi karet, protein akan membentuk lapisan penyelubung yang mengelilingi partikel karet. Protein tersebut sebagian besar bersifat tidak larut dalam air dan hanya dapat diekstrak dengan deterjen atau pelarut organik, seperti SDS dan kloroform-metanol. Sisanya berupa protein yang bersifat larut dalam air dan dapat diekstrak dengan amonia (Hashim, 1993).

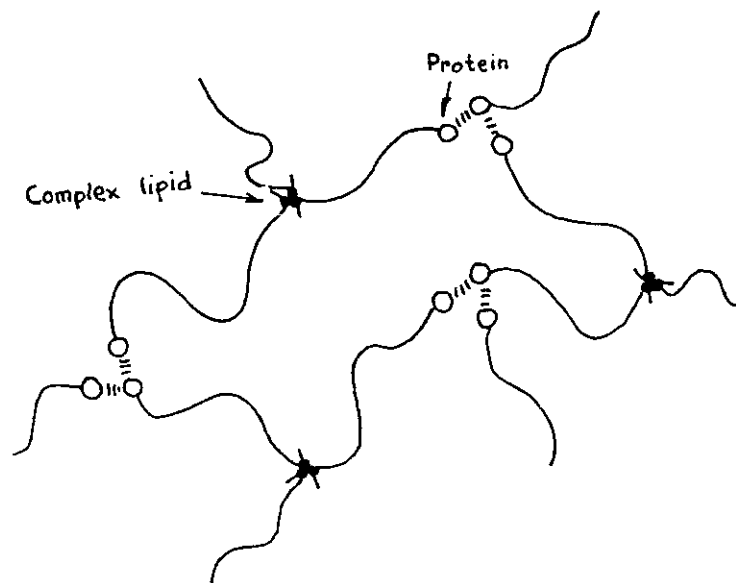
Pada proses pengolahan lateks hingga menghasilkan karet kering, protein akan menggumpal bersama partikel karet. Penggunaan asam pada proses penggumpalan akan menyebabkan protein pada serum terdenaturasi dan terjebak dalam koagulum karet (Yapa dan Yapa, 1984).

Produk karet yang berasal dari lateks karet alam, khususnya kondom, sarung tangan karet dan sebagainya, dilaporkan dapat menyebabkan reaksi alergi pada sebagian orang. Menurut *Food and Drug Administration* (FDA), penyebab dari reaksi alergi ini adalah protein yang dapat terekstrak (*water-extractable protein*) dari barang jadi karet. Karena itu, FDA menganjurkan agar kandungan protein pada karet dihilangkan atau dengan melindungi permukaan produk karet agar tidak mengandung protein (Hayashi *et al.*, 1996).

Banyak percobaan telah dilakukan untuk membuat karet dengan kadar protein yang rendah. Karet dengan kadar protein rendah dikenal dengan nama *Deproteinized Natural Rubber* (DPNR) atau *Low Nitrogen Natural Rubber* (LNNR). Karet jenis ini telah diterima dan mendapat perhatian besar dari konsumen karet alam, khususnya untuk diaplikasikan di bidang teknik (Yapa dan Yapa, 1984). Lateks DPNR mempunyai kadar nitrogen sebanyak 0,06 sampai 0,1 persen (Nakade *et al.*, 1997).

Dua metode yang dapat digunakan untuk menghilangkan atau mengurangi kandungan protein pada karet, yaitu hidrolisis secara kimiawi (dengan basa) dan hidrolisis secara enzimatis. Dari kedua metode ini, hidrolisis secara kimiawi diketahui dapat mempengaruhi ketahanan karet yang dihasilkan terhadap proses





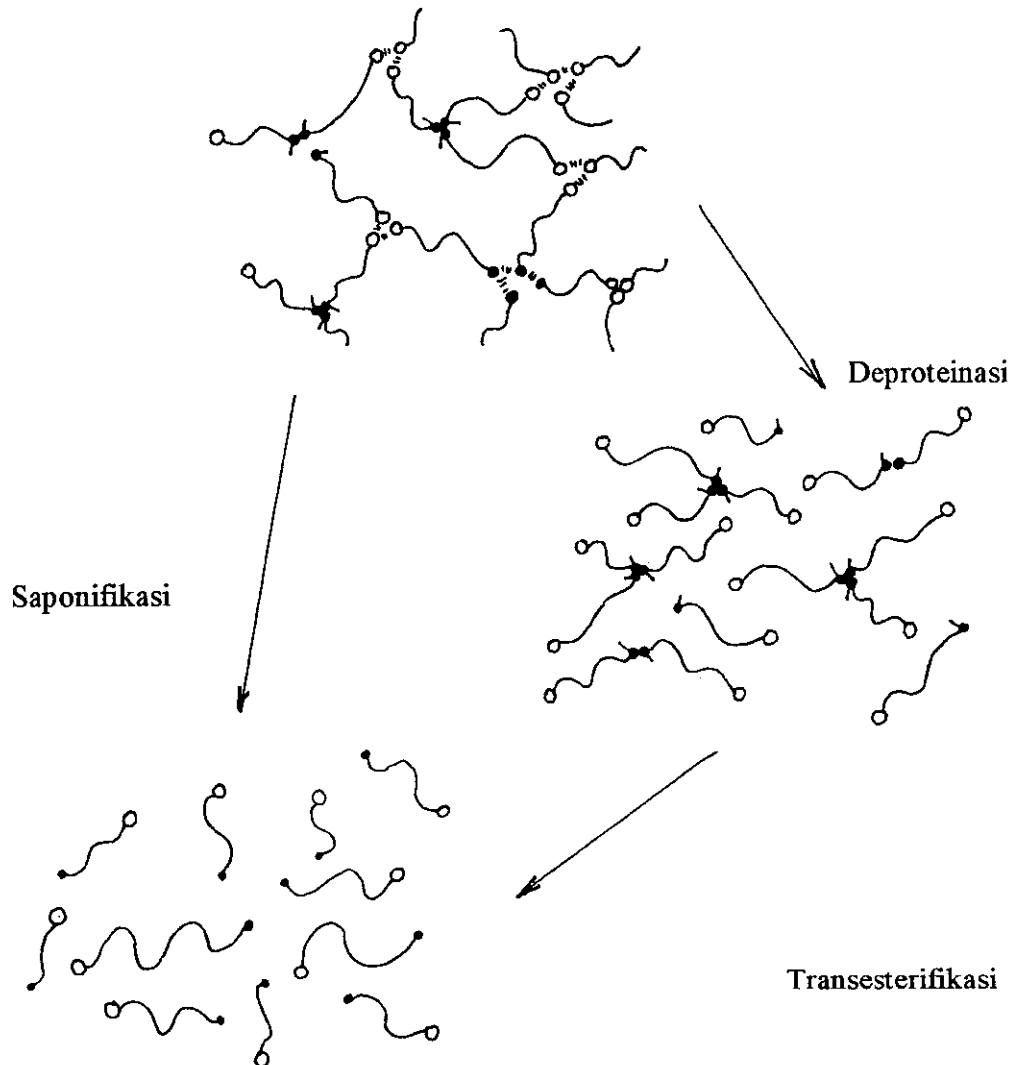
Gambar 7. Dugaan struktur karet alam (Tanaka, 1998)

60 persen (v/v). Karet yang dihasilkan tidak mengandung gugus asam lemak, sama dengan karet DPNR setelah melalui proses transesterifikasi. Penemuan ini menunjukkan bahwa saponifikasi dapat diaplikasikan dalam pembuatan karet DPNR padat yang hampir tidak mengandung protein.

Basa dapat menyebabkan degradasi protein, depolimerisasi protein, bahkan menghidrolisis protein, tergantung pada konsentrasi, suhu dan lamanya perlakuan. Hidrolisis akan menyebabkan ikatan polipeptida terlepas membentuk sejumlah asam amino penyusunnya. Peningkatan konsentrasi, suhu dan lamanya hidrolisis akan menyebabkan terjadinya kerusakan yang bertahap pada asam amino (Pomeranz, 1991).

Hidroksida logam alkali atau alkali tanah mempunyai pH larutan yang cukup tinggi sehingga diharapkan dapat berfungsi untuk menghidrolisis protein membentuk senyawa-senyawa sederhana yang larut dalam air. Hasil penguraian protein oleh basa akan membentuk garam kompleks antara ion logam dari hidroksida dengan molekul protein dari karet. Akibatnya, karet yang dihasilkan

mempunyai sifat yang lebih baik dan disukai oleh konsumen (Anas dan Darussamin, 1991).



Gambar 8. Perubahan struktur pada karet alam setelah proses deproteinasi, transesterifikasi dan saponifikasi (Tanaka *et al.*, 1995)

Fraksi lemak yang terdapat pada partikel karet apabila direaksikan dengan NaOH, maka lemak, senyawa lipid dan asam lemak bebas akan membentuk sabun. Persenyawaan sabun ini akan terdispersi dalam lapisan air. Hasil lainnya, yaitu



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

Spesifikasi	SIR 3CV	SIR 3L	SIR 3WF	SIR 5	SIR 10	SIR 20
	Lateks			Koagulum lateks tipis	Koagulum lapangan	
Kadar kotoran (% maks. b/b)	0,03	0,03	0,03	0,05	0,10	0,20
Kadar abu (% maks. b/b)	0,50	0,50	0,50	0,50	0,75	1,20
Kadar zat menguap (% maks. b/b)	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80
PRI ( min.)	60	75	75	70	60	50
Po (min. satuan Wallace)	30	30	30	30	30	30
Kadar Nitrogen (maks. b/b)	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60
ASHT (maks. satuan Wallace)	8	-	-	-	-	-
Viskositas Mooney ML (1+4)100 oC	*)	-	-	-	-	-
Warna (skala Lovibond)	-	6	-	-	-	-
Cure	**)	**)	**)	-	-	-

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

Keterangan :

*) Tanda pengenal tingkatan	Batas viskositas Mooney
CV 50	45 – 55
CV 60	55 – 65
CV 70	65 – 75

\*\*\*) Informasi mengenai *cure* diberikan dalam bentuk *Rheograph* sebagai *standard non mandatory*

## 2. Sifat Fisik Karet Alam

Uji sifat fisik pada karet dilakukan terutama pada barang jadi atau karet yang telah divulkanisasi dengan cara dan susunan kompon tertentu yang dibuat untuk maksud tertentu pula. Sifat fisik barang karet tergantung dari mutu bahan karet yang digunakan, susunan kompon dan proses vulkanisasi. Di samping pengujian terhadap barang jadi, uji sifat fisik dilakukan juga terhadap karet mentah, misalnya pengujian terhadap viskositas atau plastisitas karet, sedangkan uji sifat fisik yang lain dilakukan pada hasil vulkanisasi karet mentah tersebut dengan susunan kompon tertentu dan proses vulkanisasi tertentu (Kusnata, 1976).



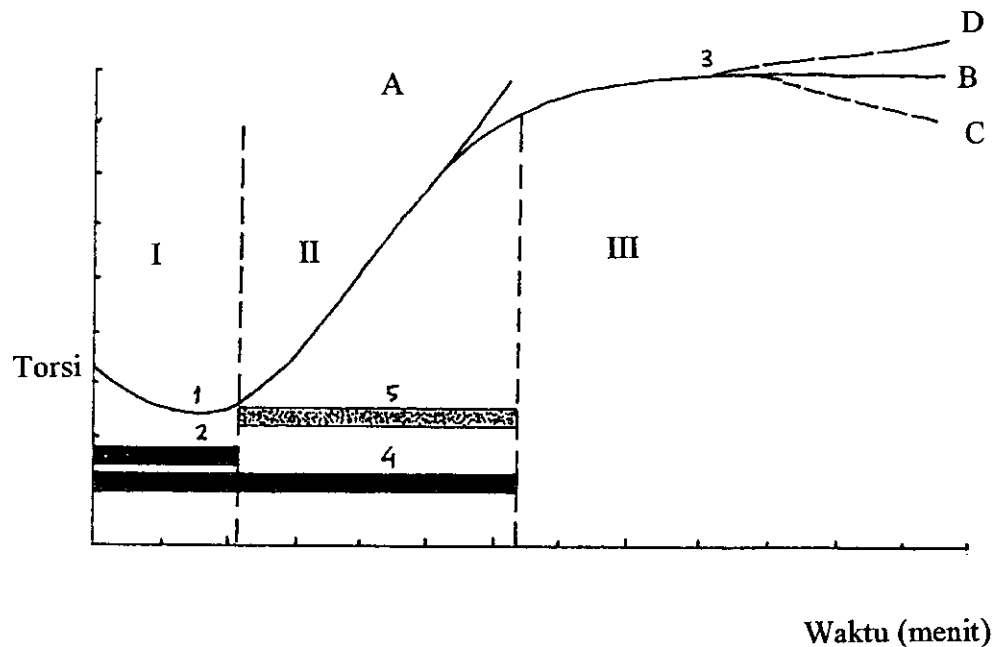
Barang-barang karet dalam penggunaannya hampir selalu dipengaruhi faktor-faktor tekanan, tarikan, gesekan, lenturan, kondisi lingkungan, dan lain-lain. Supaya barang-barang karet mempunyai ketahanan terhadap faktor-faktor tersebut, maka para produsen harus menyesuaikan produknya dengan kondisi penggunaannya. Untuk mengetahui ketahanan karet terhadap faktor-faktor tersebut maka dilakukan pengujian sifat fisik dari barang karet yang umum disebut vulkanisat. Sifat fisik vulkanisat sangat bergantung pada mutu bahan karet yang digunakan, susunan resep dan proses vulkanisasinya (Thomas dan Bhuana, 1989).

Sebelum pengujian sifat fisik dilakukan, harus dibuat dahulu persiapan contoh, yaitu karet mentah diramu dahulu dengan penambahan beberapa bahan kimia untuk mendapatkan kompon karet yang ter Vulkanisasi. Ada beberapa standar ramuan dalam pembuatan kompon untuk pengujian sifat fisika karet mentah. Ramuan mana yang akan digunakan/disiapkan tergantung pada tujuan pemakaiannya (Soewarti, 1978). Pada penelitian ini dipakai kompon ACS 1 (*American Chemical Society*) atau ASTM 1A (*American Society for Testing and Materials*).

Sistem vulkanisasi sangat mempengaruhi sifat fisik barang jadi karet. Karakteristik vulkanisasi memberikan informasi mengenai waktu pravulkanisasi, waktu pematangan, laju vulkanisasi dan modulus torsi untuk sistem vulkanisasi yang diberikan dan suhu pemasakan yang diinginkan. Sistem vulkanisasi dapat didefinisikan sebagai jumlah aditif yang diperlukan untuk vulkanisasi elastomer atau karet yang semula bersifat plastis sehingga berubah menjadi elastis, kuat dan mantap (Honggokusumo, 1994).

Parameter yang kritis selama vulkanisasi adalah waktu yang diperlukan untuk memulai reaksi, laju dan lamanya proses pembentukan ikatan silang. Sebelum reaksi ikatan silang dimulai, diperlukan periode waktu yang cukup untuk pencampuran, mengisi acuan dan pengempaan, dan lain-lain (Honggokusumo, 1994).

Berlangsungnya proses vulkanisasi ditandai dengan meningkatnya viskositas. Viskositas akan terus meningkat hingga vulkanisasi sempurna. Alat yang digunakan untuk mencatat parameter vulkanisasi adalah curemeter atau rheometer. Rotor pada alat tersebut bergerak osilasi ( $1^\circ$  atau  $3^\circ$ ) di tengah-tengah contoh kompon pada suhu yang dipilih. Alat tersebut mencatat tahanan kompon terhadap gerak osilasi sebagai fungsi waktu dari mulai diuji hingga vulkanisasi sempurna. Kurva yang diperoleh seperti pada Gambar 9. Tahanan terhadap osilasi disebut modulus torsi yang dinyatakan dalam lb.inch, kg.cm atau dN.m (Honggokusumo, 1994).



1. Torsi minimal ( $M_L$ )
2. Waktu Scorch ( $T_2$ )
3. Torsi maksimal ( $M_H$ )
4. Waktu matang optimal ( $T_{90}$ )
5. Laju vulkanisasi ( $T_{90} - T_2$ )

Gambar 9. Kurva *Rheometer*

Keterangan :

$T_2$  = Waktu (menit) yang menunjukkan peningkatan kurva sebesar dua unit torsi di atas  $M_L$ .

$T_{90}$  = Waktu (menit) yang menunjukkan 90 persen tingkat kematangan, dihitung berdasarkan persamaan :  $9/10 (M_H - M_L) + M_L$

Kurva *rheometer* dibagi tiga bagian, yaitu :

Fasa I : Pravulkanisasi, tahap pencampuran, pengolahan dan pembentukan

Fasa II : Vulkanisasi

Fasa III : Penentuan sifat fisik

Pada awal pengoperasian *rheometer* yang telah diatur suhunya, viskositas kompon menurun karena suhu meningkat menyesuaikan suhu alat. Pada saat ini kurva menurun hingga minimum (torsi minimum/ $M_L$ ). Pada saat vulkanisasi mulai berlangsung, terjadi peningkatan viskositas dan kurva mulai naik kembali (waktu *scorch*/ $t_2$ ) atau pravulkanisasi. Modulus torsi akan meningkat terus selama proses vulkanisasi berlangsung hingga mencapai maksimum kemudian mendatar setelah vulkanisasi berakhir. Pada saat kurva mendatar disebut torsi maksimum ( $M_H$ ). Waktu pemasakan umumnya ditentukan dari *optimum cure time* atau waktu vulkanisasi optimum ( $t_{90}$ ).

Titik potong torsi yang diperoleh dari persamaan dengan kurva diplotkan pada sumbu waktu diperoleh  $t_{90}$ . Bentuk kurva pada fasa II menentukan laju vulkanisasi (A) yang dinyatakan dengan  $t_{90} - t_2$ .

Kurva yang mendatar setelah beberapa saat pemasakan dilanjutkan disebut *platen* (datar), seperti garis B. Tetapi jika pada pemasakan lanjut kurva menurun disebut *reversi* (C), menunjukkan bahwa ikatan silang yang dibentuk oleh sistem vulkanisasi tersebut tidak mantap pada suhu pemasakan. Penurunan kurva disebabkan oleh terjadinya penguraian ikatan silang yang akan berakibat penurunan sifat fisik. Torsi modulus suatu kompon ( $M_H - M_L$ ) dapat digunakan menunjukkan kerapatan ikatan silang yang menentukan sifat fisik barang jadi karet yang diberikan oleh sistem vulkanisasi disamping sifat-sifat khusus

elastomernya. Jika kurva pada rheometer masih menunjukkan sedikit peningkatan disebut *marching* (Honggokusumo, 1994).

### 1. Kuat Tarik (*Tensile strength*), Tegangan Tarik (*Modulus*), Perpanjangan Putus (*Elongation at break*)

Uji yang sering dilakukan untuk vulkanisat adalah uji tarik. Pada uji ini dapat dihitung kuat tarik (*tensile strength*), yaitu tenaga yang dibutuhkan untuk menarik vulkanisat sampai putus. Selain itu dapat juga dihitung tenaga yang dibutuhkan untuk menarik vulkanisat sampai perpanjangan tertentu (*modulus*) dan kemampuan vulkanisat meregang apabila ditarik sampai putus yang biasa disebut perpanjangan putus (*elongation at break*) (Thomas dan Bhuana, 1989).

### 2. Kekerasan (*Hardness*)

Kekerasan dari vulkanisat berbeda-beda, tergantung pada jumlah bahan pengisi dan jumlah bahan pelunak yang digunakan dalam kompon. Ada beberapa macam alat untuk uji kekerasan karet, tetapi yang sering digunakan adalah *Shore A* dan IRHD (*International Rubber Hardness Degrees*) (Thomas dan Buana, 1989).

### BAB III. BAHAN DAN METODA

#### A. BAHAN

Lateks kebun yang digunakan dalam penelitian ini adalah lateks kebun segar dari Kebun Percobaan Cibodas, Ciampea, Bogor, klon PR 300. Selain itu digunakan bahan-bahan lain, yaitu asam format 5 persen, larutan natrium hidroksida, isopropanol teknis, dan air suling.

Bahan-bahan yang digunakan untuk pengujian adalah larutan NaOH, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, katalis campuran selenium, H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub>, indikator campuran, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> *extra pure*, *silicone grease*, terpentin, ZnO, sulfur, asam stearat, *oil furnace black*, mercaptobenzothiazole (MBT), n-tert-butyl-2-benzothiazole sulfenamide (TBBS), dan air suling.

#### B. ALAT

Alat yang digunakan dalam pembuatan contoh adalah gelas piala 3 liter, penangas air, termometer, *metrolac*, loyang plastik, gilingan krep, pengaduk, kertas pH, saringan 40 mesh, oven, dan ember besar. Sedangkan alat-alat yang digunakan untuk pengujian adalah neraca kasar, neraca analitik, peralatan gelas, oven, desikator, cawan porselen, cawan aluminium, *muffle furnace*, *wallace rapid plastimeter*, *wallace punch*, *wallace steam generator*, *stop watch*, viscometer Mooney, pisau *pons*, pisau *dumbbell*, *tensometer*, dan *rheometer*.

#### C. RANCANGAN PERCOBAAN

Rancangan percobaan yang digunakan adalah desain eksperimen faktorial dalam desain blok dengan dua kali ulangan. Ulangan dijadikan sebagai blok. Faktor-faktor yang akan dipelajari dalam penelitian ini terdiri dari :



**A. Konsentrasi NaOH dalam larutan perendam**

$$\begin{aligned} A1 &= \text{kontrol} & A3 &= 30 \% \\ A2 &= 25 \% & A4 &= 35 \% \end{aligned}$$

**B. Lamanya perendaman**

$$\begin{aligned} B1 &= 3 \text{ jam} \\ B2 &= 6 \text{ jam} \end{aligned}$$

Untuk rancangan percobaan tersebut berlaku model matematik sebagai berikut :

$$Y_{ijk} = \mu + C_k + B_i + A_j + (AB)_{ij} + \epsilon_{ijk}$$

dimana :

$Y_{ijk}$  = Variabel respon yang diukur

$\mu$  = Rata-rata yang sebenarnya (berharga konstan)

$C_k$  = Ulangan/blok ke k

$B_i$  = Efek lama perendaman ke i

$A_j$  = Efek konsentrasi ke j

$(AB)_{ij}$  = Efek interaksi antara taraf ke i faktor B dan taraf ke j faktor A

$\epsilon_{ijk}$  = Efek kesalahan unit eksperimen dalam blok ke k karena perlakuan taraf ke j faktor A dan taraf ke i faktor B

**D. METODA PENELITIAN**

Penelitian ini dilakukan dalam dua tahap, yaitu penelitian pendahuluan dan penelitian utama. Penelitian pendahuluan bertujuan untuk mengetahui bahan kimia yang akan digunakan sebagai larutan perendam pada penelitian utama, sedangkan penelitian utama bertujuan untuk membuat karet padat berkadar protein rendah dalam jumlah yang lebih besar untuk dianalisis sifat teknis, karakteristik vulkanisat dan beberapa sifat fisiknya.



## 1. Penelitian Pendahuluan

Pada tahap ini, percobaan dilakukan dalam skala kecil dengan langkah-langkah sebagai berikut :

- a. Persiapan karet dari lateks kebun segar dengan menggunakan prosedur baku pembuatan krep (Anonymous, 1981).
- b. Perendaman krep dalam larutan NaOH menurut prosedur Alfa (1998) dan campuran NaOH/isopropanol yang merupakan modifikasi dari prosedur Tanaka (1998). Bahan kimia yang dapat menghidrolisis protein dalam karet secara efektif, yaitu yang dapat menghasilkan karet dengan kadar nitrogen di bawah 0.1 persen (Nakade *et al.*, 1997), akan digunakan sebagai larutan perendam pada penelitian utama.
- c. Pengujian terhadap kadar nitrogen dan kemantapan viskositas karet setelah penyimpanan yang dipercepat (ASHT) terhadap karet yang dihasilkan.

## 2. Penelitian Utama

Pada tahap kedua ini, percobaan dilakukan dalam skala besar dengan langkah-langkah sebagai berikut :

- a. Persiapan karet dari lateks kebun segar dengan menggunakan prosedur baku pembuatan krep (Anonymous, 1981).
- b. Perendaman karet dalam larutan perendam yang diperoleh dari penelitian pendahuluan.
- c. Karet yang dihasilkan diuji sifat teknis, karakteristik vulkanisat dan beberapa sifat fisiknya.

## 3. Persiapan Karet

Proses pembuatan krep dari lateks kebun segar meliputi tahap-tahap sebagai berikut :





harus dibuang. Banyaknya busa dapat dikurangi dengan cara memercikinya dengan air. Lateks yang telah menggumpal sempurna ditandai dengan terpisahnya serum dari koagulum.

#### e. Penggilingan Koagulum

Penggilingan koagulum dilakukan dengan suatu rangkaian gilingan *creper* yang terdiri dari 3 sampai 5 gilingan beroda dua yang berputar dengan kecepatan yang berbeda. Penggilingan harus disertai dengan penyiraman air untuk mencuci krep dan mendinginkan gilingan dalam jumlah yang cukup. Air yang digunakan harus sedingin mungkin, karena air panas akan menyebabkan krep yang dihasilkan menjadi lengket. Krep yang dihasilkan digantung sebentar agar sisa air dapat keluar.

### 4. Perendaman Krep

Untuk mengurangi kandungan nitrogen dalam karet, lembaran krep direndam dalam larutan perendam (bahan kimia). Pada penelitian pendahuluan, perendaman karet dilakukan dengan dua prosedur, yaitu :

#### a. Prosedur Alfa (1998)

Karet direndam dalam larutan NaOH dengan konsentrasi 5% (b/v), 10% (b/v), 15% (b/v), 20% (b/v), 25% (b/v) dan 30% (b/v) selama 3 jam, 6 jam, 12 jam dan 24 jam. Perendaman dilakukan pada suhu kamar dan pada suhu 70 °C.

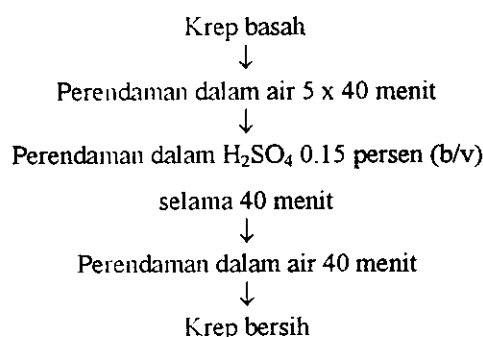
#### b. Modifikasi Prosedur Tanaka (1998)

Karet direndam dalam campuran NaOH/isopropanol. Konsentrasi NaOH dalam larutan tersebut adalah 10% (b/v), 20% (b/v) dan 30% (b/v), sedangkan konsentrasi isopropanolnya 60% (b/v) (Tanaka, 1998).

Perendaman dilakukan pada suhu kamar dan pada suhu 70 °C selama 3 jam, 6 jam, 12 jam dan 24 jam.

## 5. Pencucian

Setelah perendaman, krep masih mengandung sisa-sisa larutan perendam. Sisa larutan tersebut dibersihkan dengan cara dicuci menggunakan metoda Ong (1974) yang dapat dilihat pada Gambar 10. Lembaran krep yang sudah bersih kembali ditiriskan agar sisa-sisa air dapat keluar.



Gambar 10. Diagram alir proses pencucian dengan metoda Ong (1974)

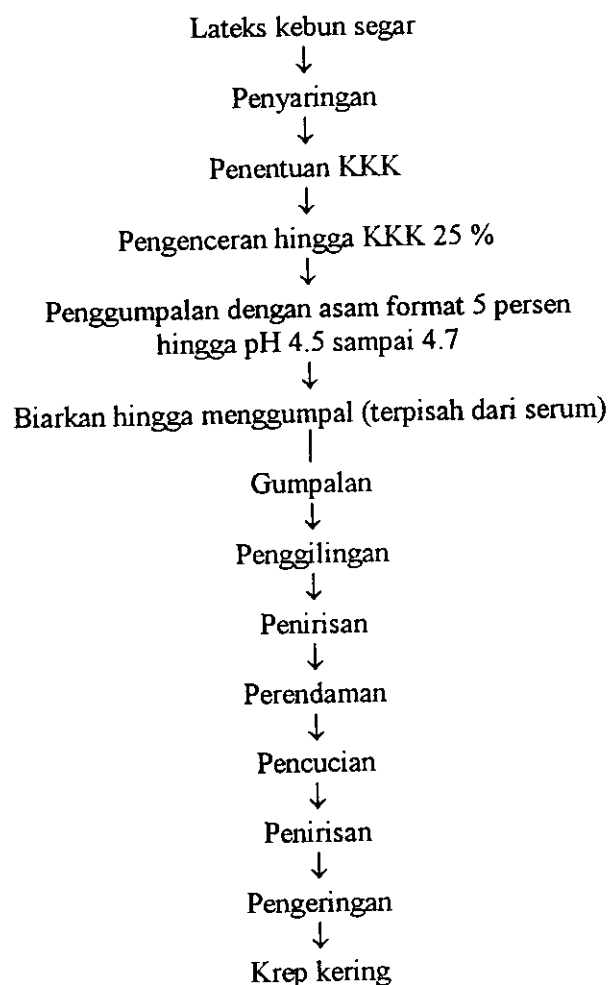
## 6. Pengeringan

Krep dikeringkan dalam oven pada suhu 110 °C. Krep telah kering apabila semua bintik putih telah hilang. Krep yang sudah kering dianalisis. Diagram alir proses pembuatan karet berprotein rendah dapat dilihat pada Gambar 11.

## 7. Pengujian

Pengujian dilakukan terhadap sifat teknis (kimia), karakteristik vulkanisat dan sifat fisik karet alam hasil penelitian utama. Sifat teknis yang diuji meliputi kadar nitrogen, Po (plastisitas awal), PRI (*Plasticity Retention Index*),

kemantapan viskositas yang dipercepat (*ASHT/Accelerated Storage Hardening Test*), kadar abu, kadar zat menguap, kadar kotoran, warna (skala Lovibond), dan viskositas Mooney karet mentah. Karakteristik vulkanisat yang diuji, yaitu *scorch time* (waktu pravulkanisasi) dan *cure time* (waktu vulkanisasi), sedangkan sifat fisik yang diuji meliputi *tensile strength*, *elongation at break*, *modulus*, dan kekerasan. Kompon yang digunakan adalah kompon ACS 1 atau ASTM 1A. Tatacara pengujian dapat dilihat pada Lampiran 8 dan Lampiran 9.



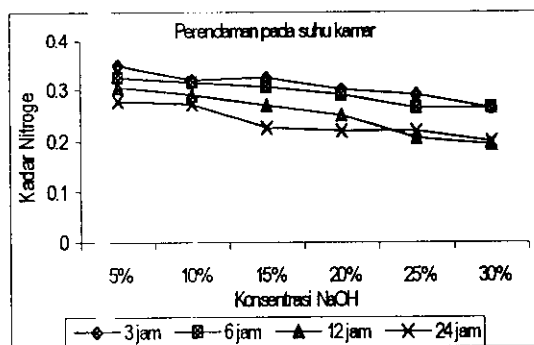
Gambar 11. Diagram alir pembuatan karet padat DPNR

## BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

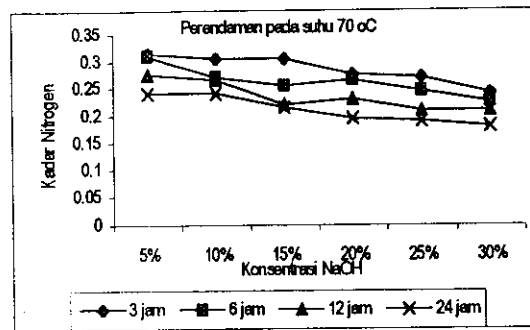
### A. PENELITIAN PENDAHULUAN

#### 1. Kadar Nitrogen

Perendaman karet dalam larutan NaOH dengan konsentrasi 5 % (b/v), 10 % (b/v), 15 % (b/v), 20 % (b/v), 25 % (b/v) hingga 30 % (b/v) selama 3 jam, 6 jam, 12 jam dan 24 jam pada suhu kamar dan suhu 70 °C belum bisa menghasilkan karet dengan kadar nitrogen yang rendah, walaupun konsentrasi, suhu dan lamanya perendaman berpengaruh nyata terhadap kadar nitrogen di dalam karet (Lampiran 1). Peningkatan konsentrasi NaOH, suhu dan lamanya perendaman menyebabkan protein yang terhidrolisis semakin banyak, namun karet yang dihasilkan masih mengandung nitrogen dengan jumlah lebih besar dari 0,1 persen. Perendaman pada suhu kamar menghasilkan karet dengan kadar nitrogen terendah 0,1935 % yang diperoleh pada karet yang direndam dalam NaOH 30 % (b/v) selama 12 jam (Gambar 12), tetapi nilai tersebut masih lebih tinggi dibandingkan dengan karet yang direndam pada suhu 70 °C . Pada suhu 70 °C, kadar nitrogen terendah diperoleh pada karet yang direndam dalam NaOH 30 % (b/v) selama 24 jam dengan kadar nitrogen rata-rata 0,18 % (Gambar 13).



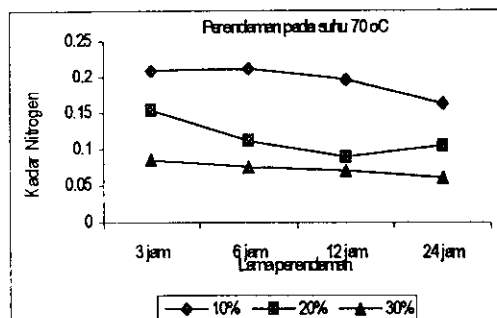
Gambar 12. Hubungan antara konsentrasi NaOH dan lamanya hidrolisis pada suhu kamar terhadap kadar nitrogen di dalam karet.



Gambar 13. Hubungan antara konsentrasi NaOH dan lamanya perendaman pada suhu 70 °C terhadap kadar nitrogen dalam karet.

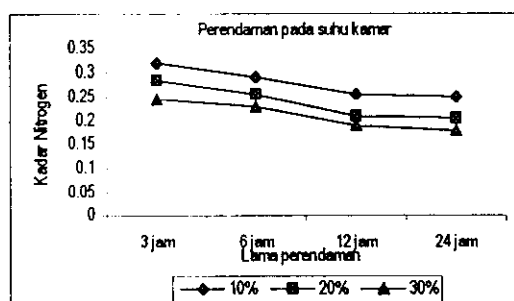
Penggunaan larutan NaOH pada tahap ini belum bisa mengurangi kandungan protein dalam karet secara lebih efektif, yang ditandai dengan masih tingginya kandungan nitrogen dalam karet yang nilainya masih di atas 0,1 %. Perendaman pada suhu tinggi juga tidak membantu kerja NaOH dalam menghidrolisis protein. Hal ini diduga terjadi karena NaOH selain bekerja pada proses hidrolisis protein karet juga bekerja dalam menyabunkan lapisan lipid yang menyelubungi partikel karet sehingga proses hidrolisis protein menjadi kurang efektif.

Untuk mengupayakan agar hidrolisis protein karet menjadi lebih efektif, maka dicoba perendaman karet dalam campuran NaOH/isopropanol. Peningkatan konsentrasi NaOH dalam campuran NaOH/isopropanol, suhu dan lamanya hidrolisis ternyata memberikan pengaruh nyata terhadap kadar nitrogen karet (Lampiran 2). Perendaman karet pada suhu 70 °C pada berbagai macam waktu yang dipelajari di dalam campuran NaOH/isopropanol dengan konsentrasi NaOH 30 % (b/v) bahkan menghasilkan karet dengan kadar nitrogen di bawah 0,1 %. Kadar nitrogen terendah diperoleh pada perendaman karet dalam campuran NaOH/isopropanol dengan konsentrasi NaOH 30 % (b/v) selama 24 jam pada suhu 70 °C dengan kadar nitrogen rata-rata 0,06 % (Gambar 14).



Gambar 14. Hubungan antara konsentrasi NaOH dalam campuran NaOH-isopropanol dan lama perendaman pada suhu 70 °C terhadap kadar nitrogen karet.

Dari gambar di atas terlihat bahwa campuran NaOH/isopropanol ternyata lebih efektif dalam menghidrolisis protein karet dibandingkan dengan NaOH. Hal ini diduga disebabkan NaOH dalam campuran tersebut bertugas menyabunkan lapisan lipid yang menyelubungi partikel karet dan sabun yang terbentuk mudah larut dalam isopropanol. Apabila lapisan lipid telah tersabunkan maka protein akan lebih mudah dihidrolisis oleh NaOH sehingga pengurangan kandungan protein di dalam karet menjadi lebih efektif.



Gambar 15. Hubungan antara konsentrasi NaOH dalam campuran NaOH-isopropanol dan lama perendaman pada suhu kamar dengan kadar nitrogen karet.

Perendaman karet dalam campuran NaOH/isopropanol yang dilakukan pada suhu kamar belum dapat menghasilkan karet dengan kandungan nitrogen di bawah 0,1 % , pada rentang waktu dan konsentrasi yang dipelajari (Gambar 15).

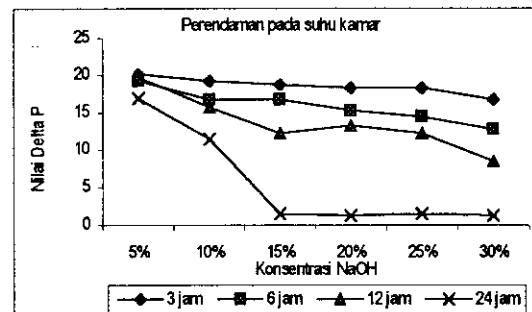
Hal ini diduga disebabkan pada suhu kamar protein belum mengalami denaturasi sehingga lebih sukar untuk dihidrolisis. Menurut Girindra (1993), panas menyebabkan protein terkoagulasi dengan suhu efektif berkisar antara 38 °C sampai 75 °C. Apabila protein telah terkoagulasi, maka diduga NaOH dapat menghidrolisis protein dengan lebih mudah.

## 2. Nilai $\Delta P$

Nilai  $\Delta P$  menunjukkan selisih plastisitas karet sebelum dan sesudah mengalami proses pengerasan selama dalam penyimpanan yang dipercepat. Karet dengan nilai  $\Delta P$  di bawah 8 akan mempunyai viskositas yang mantap, artinya selama dalam penyimpanan karet tersebut tidak mengalami peningkatan viskositas sehingga karet tidak mengeras.

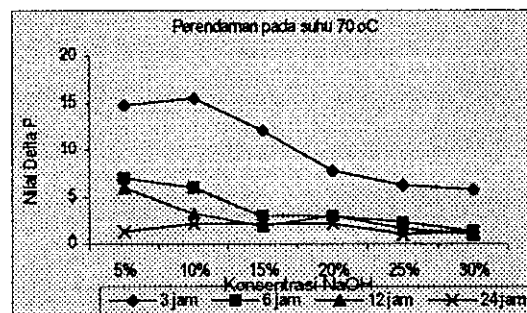
Pada tahap ini, konsentrasi NaOH, suhu dan lamanya perendaman berpengaruh nyata terhadap nilai  $\Delta P$  karet yang dihasilkan, baik untuk karet yang direndam dalam NaOH maupun campuran NaOH/isopropanol (Lampiran 3 dan Lampiran 4). Semakin tinggi konsentrasi, suhu dan lamanya perendaman, maka karet yang dihasilkan akan mempunyai nilai  $\Delta P$  di bawah 8. Pada suhu kamar, perendaman karet dalam NaOH belum bisa menghasilkan karet dengan nilai  $\Delta P$  di bawah 8 secara efektif, karet tersebut baru bisa dihasilkan dengan merendam karet dalam NaOH dengan konsentrasi yang cukup tinggi (di atas 15%) dan dalam waktu yang relatif lama (24 jam) yang dapat dilihat pada Gambar 16. Hal ini diduga disebabkan perendaman karet dalam NaOH dengan konsentrasi yang rendah dan waktu yang relatif singkat yang dilakukan pada suhu kamar belum mampu menghidrolisis protein dalam karet sehingga karet yang dihasilkan masih bisa mengalami pengerasan. Protein dalam karet akan bereaksi dengan gugus aldehid yang terdapat pada molekul karet. Dari reaksi tersebut akan terbentuk ikatan aldehid-amina yang kemudian akan membentuk ikatan silang dengan gugus

aldehid pada molekul karet yang lain. Apabila reaksi tersebut terus berlanjut maka viskositas karet akan semakin meningkat dan karet akan mengeras.



Gambar 16. Hubungan antara konsentrasi NaOH dan lama perendaman pada suhu kamar dengan  $\Delta P$  karet.

Pada suhu 70 °C, NaOH baru bisa bekerja secara efektif dalam menghasilkan karet dengan viskositas yang mantap (Gambar 17). Perendaman dalam waktu lebih dari 3 jam sudah dapat menghasilkan karet dengan  $\Delta P$  di bawah 8 pada berbagai konsentrasi yang dipelajari. Pada suhu 70 °C diduga protein dalam karet sudah mulai terhidrolisis sehingga tidak bisa lagi bereaksi dengan gugus aldehid pada molekul karet.

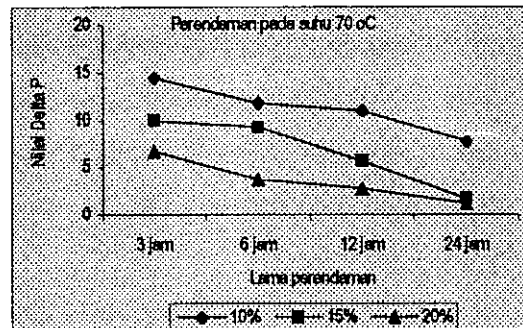


Gambar 17. Hubungan antara konsentrasi NaOH dan lama perendaman pada suhu 70 °C dengan nilai  $\Delta P$  karet.

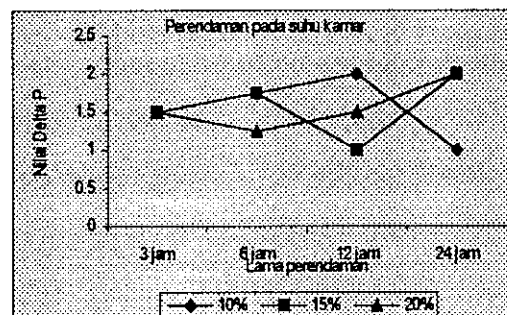
Perendaman karet dalam campuran NaOH/isopropanol bisa menghasilkan karet dengan viskositas yang mantap dalam waktu yang relatif lebih singkat dan pada konsentrasi NaOH dalam campuran yang relatif lebih rendah. Pada suhu 70



$^{\circ}\text{C}$ , campuran NaOH/isopropanol dapat bekerja dengan lebih efektif (Gambar 18), walaupun perendaman pada suhu kamar (Gambar 19) juga mampu menghasilkan karet dengan viskositas yang mantap, yaitu dengan nilai  $\Delta\text{P}$  di bawah 8.



Gambar 18. Hubungan antara konsentrasi NaOH dalam campuran dan lama perendaman pada suhu  $70^{\circ}\text{C}$  dengan nilai  $\Delta\text{P}$  karet.



Gambar 19. Hubungan antara konsentrasi NaOH dalam campuran dan lama perendaman pada suhu kamar dengan nilai  $\Delta\text{P}$  karet.

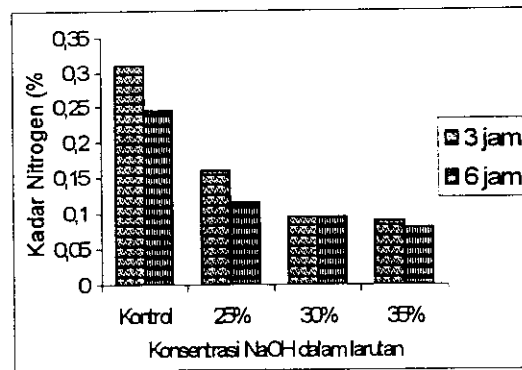
Proses perendaman pada tahap ini dapat menghasilkan karet dengan viskositas yang mantap. Hal ini diduga disebabkan oleh terhidrolisisnya komponen-komponen yang menyebabkan proses pengerasan pada karet, yaitu protein. Berkurangnya kandungan protein dalam molekul karet menyebabkan proses pembentukan ikatan silang pada molekul karet menjadi lambat sehingga selama penyimpanan peningkatan viskositas karet tidak terjadi.



NaOH 25 % (b/v) memberikan kadar nitrogen yang paling tinggi dengan rata-rata 0,1375 %, akan tetapi nilainya masih lebih rendah dibandingkan dengan kontrol yang direndam dalam air mempunyai kadar nitrogen rata-rata 0,2775 %. Karet yang direndam dalam campuran NaOH/isopropanol dengan konsentrasi NaOH 35 % (b/v) menghasilkan karet dengan kadar nitrogen terendah yang rata-ratanya mencapai 0,0850 %. Menurut Nakade *et al.* (1997), karet dengan kandungan nitrogen antara 0,06 sampai 0,1 % termasuk ke dalam jenis karet berkadar protein rendah atau *Deproteinized Natural Rubber* (DPNR).

Perlakuan perendaman di dalam campuran NaOH/isopropanol dengan konsentrasi NaOH 25 % (b/v) menyebabkan protein di dalam karet terhidrolisis yang ditandai dengan penurunan kadar nitrogen dalam karet hingga mencapai rata-rata 0,1375 %. Peningkatan konsentrasi NaOH menjadi 30 % (b/v) dalam campuran NaOH/isopropanol menyebabkan protein yang terhidrolisis akan semakin banyak sehingga kadar nitrogen dalam karet semakin rendah dengan rata-rata 0,095 %. Pada konsentrasi NaOH 35 % (b/v), diperoleh kadar nitrogen yang paling rendah dengan rata-rata sebesar 0,085 %. Menurut Pomeranz (1991), peningkatan konsentrasi bahan penghidrolisis, suhu dan lamanya hidrolisis akan menyebabkan terjadinya kerusakan yang bertahap pada asam amino yang menyusun protein karet, sehingga kandungan nitrogen di dalam karet semakin menurun.

Perlakuan lamanya perendaman yang dikerjakan pada penelitian tidak memberikan pengaruh yang nyata terhadap kadar nitrogen karet. Hal ini diduga disebabkan hidrolisis protein berlangsung dalam waktu yang relatif lama, sehingga pada selang waktu yang dipelajari perbedaan penurunan kadar nitrogen tidak terlihat nyata. Akan tetapi dilihat dari kecenderungan yang ada, kandungan nitrogen di dalam karet akan semakin menurun dengan semakin lamanya hidrolisis karena jumlah protein yang mengalami hidrolisis juga semakin banyak. Pada Gambar 20 dapat dilihat kadar nitrogen di dalam karet akan semakin menurun dengan semakin tingginya konsentrasi NaOH dalam campuran NaOH/isopropanol dan semakin lamanya hidrolisis.



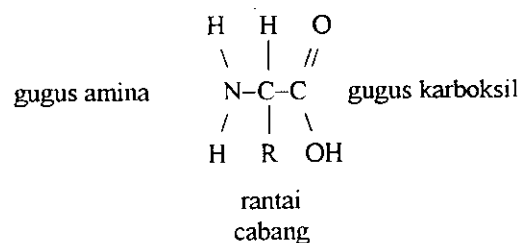
Gambar 20. Histogram hubungan antara konsentrasi NaOH dalam campuran NaOH/isopropanol dan lama perendaman dengan kadar nitrogen dalam karet

Protein pada karet alam biasanya dihitung berdasarkan kadar nitrogen dengan formula sebagai berikut :

$$\text{Protein} = 6,25 \times \text{Kadar Nitrogen}$$

Kadar nitrogen adalah jumlah zat-zat yang mengandung nitrogen yang terdiri dari protein dan turunannya (derivatnya). Karet yang mengandung kadar nitrogen tinggi akan mengurangi sifat dinamis vulkanisat dan *cure rate* lebih cepat.

Bila suatu protein dihidrolisis dengan larutan yang bersifat basa, akan dihasilkan campuran asam-asam amino. Tingkat hidrolisis yang terjadi mencakup degradasi rantai polipeptida hingga pelepasan sejumlah besar asam amino. Sebuah asam amino terdiri dari sebuah gugus amino, sebuah gugus karboksil, sebuah atom hidrogen, dan gugus R yang terikat pada sebuah atom karbon. Bentuk molekul asam amino dapat dilihat pada Gambar 21.



Gambar 21. Sketsa bentuk molekul asam amino (Winarno, 1992)

Kadar nitrogen pada penelitian ini ditentukan dengan metoda Kjeldahl. Cara analisis tersebut akan berhasil baik dengan asumsi nitrogen dalam bentuk ikatan N–N dan N–O dalam sampel tidak terdapat dalam jumlah besar. Penentuan besarnya kadar nitrogen secara akurat yang terkandung di dalam karet alam yang telah mengalami hidrolisis protein agak sulit karena volume penitar yang diperoleh pada tahap titrasi akan lebih rendah daripada volume penitar pada karet alam komersil yang kandungan proteinnya lebih tinggi.

Nitrogen yang masih terkandung di dalam karet yang dihasilkan pada penelitian ini diduga berasal dari senyawa nitrogen selain protein yang ikut terukur sebagai kadar nitrogen protein. Selain itu, ada sebagian dari asam amino hasil hidrolisis yang tidak tercuci sempurna pada proses pencucian sehingga pada saat pengeringan senyawa nitrogen di dalam protein dan asam amino tersebut akan berikatan secara kimia dengan molekul karet dan pada saat dianalisa terukur sebagai kadar nitrogen.

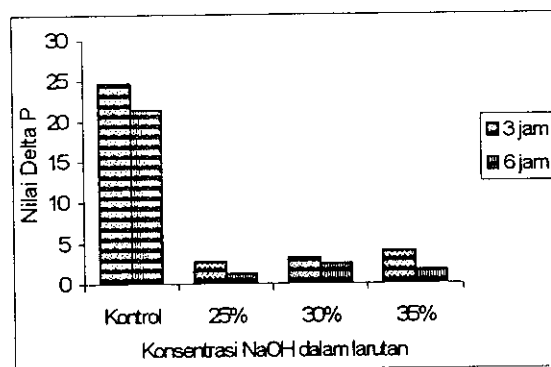
### 3. Nilai $\Delta P$

Nilai  $\Delta P$  merupakan salah satu parameter penting dalam spesifikasi teknis karet SIR 3CV yang salah satu mutunya ditentukan oleh kemantapan viskositas karet. Nilai  $\Delta P$  menunjukkan selisih plastisitas karet sebelum dan sesudah mengalami pengerasan selama dalam penyimpanan yang dipercepat yang dilakukan dengan menggunakan uji pengerasan selama dalam penyimpanan yang dipercepat (*ASHT/Accelerated storage hardening test*). Keunggulan dari karet jenis SIR 3 CV adalah karena selama penyimpanan dan perjalanan pada waktu diekspor, karet tersebut tidak mengalami pengerasan (*storage hardening*) karena karet CV (*constant viscosity*) mempunyai viskositas yang mantap. Viskositas karet alam dinyatakan mantap apabila nilai  $\Delta P$  sama atau lebih kecil dari 8.

Karet kontrol mempunyai nilai  $\Delta P$  di atas 8, sedangkan karet yang diberi perlakuan mempunyai nilai  $\Delta P$  di bawah 8. Berdasarkan analisis sidik ragam,



konsentrasi NaOH dalam campuran NaOH/isopropanol berpengaruh nyata terhadap nilai  $\Delta P$  karet, yang dapat dilihat pada Lampiran 7B. Dari hasil uji lanjut setelah analisis keragaman, karet kontrol yang direndam dalam air mempunyai nilai  $\Delta P$  tertinggi dengan rata-rata 24,75, sedangkan karet yang direndam dalam campuran NaOH/isopropanol dengan konsentrasi NaOH 25 % (b/v) memberikan nilai  $\Delta P$  terendah dengan rata-rata 1,25. Pada konsentrasi yang lebih tinggi, nilai  $\Delta P$  menunjukkan sedikit kenaikan yang tidak nyata (Gambar 22). Hal ini disebabkan perendaman karet dalam campuran NaOH/isopropanol dengan NaOH dalam berbagai tingkat konsentrasi menyebabkan protein dalam molekul karet terhidrolisis. Akibatnya, gugus aldehyd pada molekul karet tidak bisa membentuk ikatan silang dengan gugus aldehyd pada molekul karet yang lain karena pada proses pembentukan ikatan silang tersebut, protein berfungsi sebagai gugus perantara.



Gambar 22. Histogram hubungan antara konsentrasi NaOH dalam campuran NaOH/isopropanol dan lamanya perendaman dengan nilai  $\Delta P$

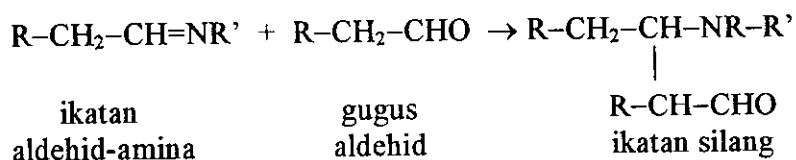
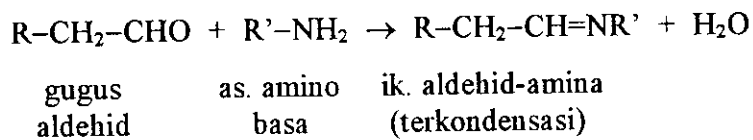
Lama perendaman juga memberikan pengaruh yang nyata terhadap nilai  $\Delta P$ . Waktu perendaman yang lebih lama akan menghasilkan karet yang viskositasnya semakin mantap. Perendaman selama 3 jam menghasilkan karet dengan nilai  $\Delta P$  rata-rata 8,688 dan akan semakin menurun nilainya menjadi 6,750 pada perendaman selama 6 jam. Penurunan nilai  $\Delta P$  tersebut terjadi karena protein yang terlibat dalam proses pengerasan karet selama dalam penyimpanan

mengalami hidrolisis sehingga gugus aldehid yang terdapat pada molekul karet tidak bisa berikatan lagi dengan gugus aldehid pada molekul karet yang lain.

Pada kontrol, karet mengalami pengerasan selama penyimpanan atau yang biasa disebut *storage hardening*. Proses terjadinya *storage hardening* dimulai segera setelah lateks disadap dan terus berlanjut hingga bertahun-tahun. Reaksi pengerasan tersebut berlangsung pada suhu kamar, semakin tinggi suhu dan semakin rendah kelembaban di sekitar tempat penyimpanan karet, maka reaksi pengerasan tersebut akan semakin cepat terjadi.

Menurut Solichin (1996), hipotesis yang diterima sampai saat ini tentang mekanisme reaksi *storage hardening* adalah sejumlah kecil gugus aldehid yang terdapat pada molekul karet bereaksi dengan asam amino atau protein yang terdapat pada bagian bukan karet. Dari reaksi tersebut akan terbentuk ikatan aldehid-amina (kondensasi) yang kemudian akan membentuk ikatan silang dengan gugus aldehid pada molekul karet yang lain.

Mekanisme ikatan silang yang dikatalisis oleh asam amino adalah sebagai berikut (Gregory dan Tan, 1976) :



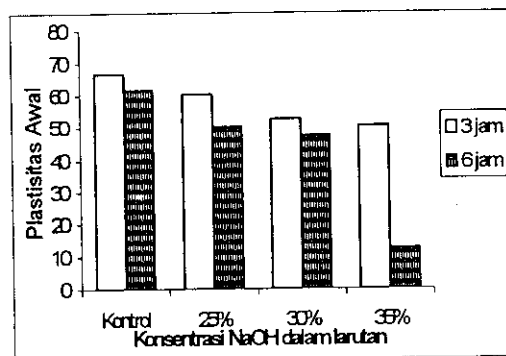
*Storage hardening* dapat dicegah dengan cara memurnikan karet. Bila bahan-bahan bukan karet, seperti asam amino tidak dihilangkan, maka akan menyebabkan terjadinya pengerasan. Pada kontrol yang direndam dalam air, protein tidak terhidrolisis sehingga karet mengalami pengerasan. Hal ini memperkuat dugaan bahwa *storage hardening* terjadi karena gugus aldehid pada







pada karet kontrol dengan nilai rata-rata 64,25 dan paling rendah diperoleh pada karet yang direndam dalam campuran NaOH/isopropanol dengan konsentrasi NaOH 35 % (b/v) dengan nilai  $P_o$  rata-rata 46,50.



Gambar 23. Histogram hubungan antara konsentrasi NaOH dalam campuran NaOH/isopropanol dan lama perendaman dengan nilai  $P_o$  (*Initial Wallace Plasticity*).

Lama perendaman juga berpengaruh nyata terhadap plastisitas awal karet. Semakin lama direndam maka plastisitas karet akan semakin menurun. Hal ini diduga terjadi karena selama perendaman rantai cabang pada molekul karet akan mengalami kerusakan dan bila lamanya perendaman ditingkatkan maka rantai cabang yang dirusak juga semakin banyak. Dalam waktu 3 jam, plastisitas karet menjadi 57,25 dan bila waktu perendaman ditingkatkan plastisitas karet menjadi 50,50.

Pada kontrol, rantai molekul karet tidak atau hanya sedikit mengalami degradasi selama proses perendaman yang ditandai dengan tingginya nilai  $P_o$  karet tersebut. Tetapi pada konsentrasi NaOH 25 % (b/v) dalam campuran NaOH/isopropanol, rantai molekul karet sudah mulai terurai yang ditandai dengan rendahnya nilai  $P_o$ . Pada konsentrasi NaOH yang lebih tinggi (30 % (b/v) dan 35 % (b/v)), rantai molekul karet yang terurai semakin banyak sehingga nilai  $P_o$  semakin rendah. Berdasarkan hasil uji lanjut setelah analisis sidik ragam, perendaman karet dengan konsentrasi NaOH 35 % (b/v) dalam campuran NaOH/isopropanol menghasilkan karet dengan nilai  $P_o$  terendah.

Rendahnya nilai  $P_o$  tersebut terjadi karena campuran NaOH/isopropanol yang digunakan telah menguraikan komponen penyusun rantai-rantai cabang dalam molekul karet. Komponen-komponen tersebut antara lain adalah asam lemak dan protein. Pada proses perendaman protein pada molekul karet mengalami hidrolisis dan asam lemak mengalami saponifikasi sehingga diduga rantai molekul karet terurai membentuk struktur molekul yang lebih sederhana. Menurut Tanaka *et al.* (1995), gugus ester asam lemak diduga terlibat dalam pembentukan titik-titik percabangan pada molekul karet, sedangkan protein bertanggung jawab dalam pembentukan gel.

Menurut Solichin (1991), nilai  $P_o$ , terutama panjang rantai molekul karet atau berat molekul karet, dipengaruhi oleh pembentukan mikrogel, yaitu rantai cabang yang terbentuk di dalam individu partikel karet (*intra-particle crosslinks*). Dari mikrogel-mikrogel ini, akan terjadi proses percabangan lebih lanjut yang disebut makrogel pada waktu pengeringan dan penyimpanan. Rantai cabang pada makrogel tersebut terbentuk antara gugus aldehid pada partikel karet dengan gugus aldehid pada partikel karet yang lain secara kondensasi. Bahan-bahan bukan karet yang terkandung di dalam lateks *Hevea brasiliensis* yang dapat bertindak sebagai gugus pengkondensasi aldehid (*aldehyde condensing group*) adalah asam-asam amino basa, seperti arginin dan lisin, yang dapat mengeraskan karet pada suhu kamar dan asam-asam amino netral atau asam, seperti alanin, glisin dan prolin, yang dapat mengeraskan karet ketika dipanaskan pada suhu 100 °C.

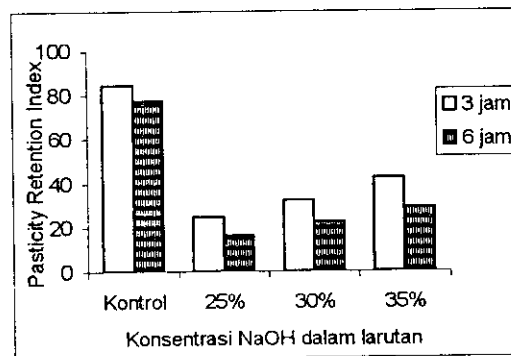
Hidrolisis protein di dalam karet dan saponifikasi asam lemak diduga menyebabkan titik-titik percabangan pada molekul karet telah terurai selama proses perendaman sehingga berat molekul karet berkurang. Akibatnya rantai-rantai molekul karet akan terputus sehingga nilai  $P_o$  karet menjadi rendah.

Nilai  $P_o$  juga dipengaruhi oleh suhu pengeringan. Pada waktu dikeringkan, karet mengalami dua reaksi, yaitu reaksi pembentukan rantai cabang gugus aldehid yang reaktif dan reaksi oksidasi yang memutuskan rantai molekul karet. Pengeringan yang dilakukan pada suhu tinggi dan dengan waktu yang lama

menyebabkan pemutusan rantai molekul menjadi lebih cepat daripada reaksi pembentukan rantai cabang gugus aldehid.

#### 4. *Plasticity Retention Index (PRI)*

Dibandingkan dengan kontrol, karet yang diberi perlakuan mempunyai nilai PRI yang lebih rendah (berkisar antara 29,1 sampai 24,7), bahkan tidak sesuai dengan spesifikasi teknis karet remah (Gambar 24). Hal ini disebabkan karet telah mengalami perendaman selama beberapa waktu dan perendaman dilakukan pada suhu yang cukup tinggi sehingga antioksidan alami yang terkandung di dalam karet telah mengalami degradasi. Antioksidan alami yang melindungi karet dari proses oksidasi adalah protein. Karena antioksidan alami tersebut telah terhidrolisis, maka ketahanan karet terhadap proses oksidasi menjadi berkurang.



Gambar 24. Histogram hubungan antara konsentrasi NaOH dalam campuran NaOH/isopropanol dan lama perendaman dengan nilai PRI.

*Plasticity Retention Index* menunjukkan keadaan dari molekul karet, sejauh mana ketahanan molekul karet terhadap pemanasan yang dapat menyebabkan pemecahan molekul karet sehingga karet menjadi lunak. Nilai PRI yang tinggi menunjukkan bahwa karet tersebut tahan terhadap proses oksidasi terutama pada suhu tinggi. Nilai PRI yang rendah menunjukkan bahwa karet tersebut rentan terhadap proses oksidasi dan pada suhu tinggi karet tersebut akan cepat menjadi lunak.

Menurut Bateman dan Sekhar (1966), faktor utama yang mempengaruhi nilai PRI adalah keseimbangan antara jumlah prooksidan dan antioksidan yang terdapat pada molekul karet. Bila antioksidan lebih banyak, maka karet tersebut akan lebih tahan terhadap proses oksidasi dan akan mempunyai nilai PRI yang tinggi.

Berdasarkan analisis sidik ragam, konsentrasi NaOH dalam campuran NaOH/isopropanol berpengaruh nyata terhadap nilai PRI karet (Lampiran 7D). Semakin tinggi konsentrasi NaOH dalam campuran NaOH/isopropanol, nilai PRI karet yang dihasilkan semakin tinggi. Dari hasil uji lanjut setelah analisis keragaman, karet kontrol mempunyai nilai PRI yang paling tinggi dengan nilai rata-rata 80,98, sedangkan karet yang direndam dalam campuran NaOH/isopropanol dengan konsentrasi NaOH 25 % (b/v) menghasilkan karet dengan nilai PRI terendah dengan nilai rata-rata 20,53. Peningkatan konsentrasi NaOH dalam campuran NaOH/isopropanol akan menyebabkan nilai PRI karet semakin tinggi dengan pengaruh yang sangat nyata, walaupun pada rentang konsentrasi yang diteliti belum bisa menghasilkan karet dengan nilai PRI yang sesuai dengan spesifikasi teknis karet remah.

Lama perendaman juga memberikan pengaruh yang nyata terhadap nilai PRI karet. Semakin lama perendaman maka karet akan mempunyai nilai PRI yang akan semakin rendah. Hal ini disebabkan dengan semakin lamanya perendaman maka antioksidan alami, yaitu protein, yang mengalami hidrolisis akan semakin banyak sehingga kemampuannya dalam melindungi karet dari proses oksidasi akan berkurang. Perendaman dalam waktu 3 jam menghasilkan karet dengan nilai PRI rata-rata 46,08 dan dalam waktu 6 jam nilai PRI akan semakin rendah hingga nilai PRI rata-ratanya menjadi 36,26.

Seperti telah dikatakan sebelumnya, nilai PRI sangat dipengaruhi oleh keseimbangan antara jumlah prooksidan dan antioksidan yang terdapat di dalam molekul karet. Pada karet kontrol yang direndam dalam air selama 3 jam dan 6 jam, diduga hanya sebagian protein yang mengalami hidrolisis yang ditandai dengan tingginya nilai PRI pada karet kontrol. Perendaman karet dalam campuran

NaOH/isopropanol dengan konsentrasi NaOH 25 % (b/v) diduga menyebabkan senyawa antioksidan alami mulai mengalami hidrolisis sehingga karet yang dihasilkan mempunyai nilai PRI yang sangat rendah. Penurunan nilai PRI tersebut diduga disebabkan oleh jumlah antioksidan yang terdapat di dalam karet relatif lebih sedikit dibandingkan dengan jumlah prooksidan yang terdapat di dalam karet, sehingga antioksidan tidak bisa melindungi karet dari proses oksidasi, apalagi dengan adanya katalis degradasi karet yang jumlahnya lebih besar. Pada karet yang direndam dalam campuran NaOH/isopropanol dengan konsentrasi NaOH 30 % (b/v), nilai PRI karet menjadi lebih tinggi. Hal ini diduga terjadi karena selain merusak antioksidan alami, perendaman juga menyebabkan prooksidan yang terdapat di dalam molekul karet membentuk kompleks yang mudah larut di dalam air sehingga jumlahnya berkurang dibandingkan dengan jumlah antioksidan. Peningkatan konsentrasi NaOH hingga 35 % (b/v) diduga menyebabkan senyawa prooksidan, yang membentuk senyawa kompleks dengan adanya bahan kimia perendam tersebut, semakin banyak dibandingkan dengan antioksidan yang mengalami kerusakan sehingga nilai PRI karet menjadi semakin tinggi, walaupun belum bisa mencapai nilai PRI yang diharapkan.

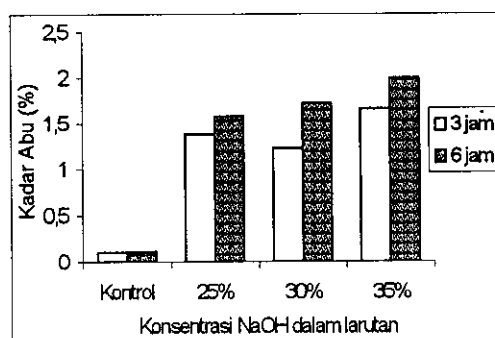
Prooksidan yang terdapat di dalam karet terutama tembaga, mangan, besi yang terlarut dalam karet dalam bentuk ion. Ion-ion logam tersebut merupakan katalis degradasi karet pada waktu pemanasan yang mengakibatkan nilai PRI karet menjadi rendah. Senyawa tersebut bisa berasal dari bahan olah yang digunakan, peralatan yang digunakan pada proses pengolahan dan bahan-bahan yang mengandung tembaga dengan kadar yang tinggi, seperti fungisida.

Salah satu usaha yang dapat dilakukan untuk mempertahankan nilai PRI yaitu dengan mencelupkan karet basah dalam larutan asam fosforat, asam oksalat atau tiourea. Tetapi larutan komposit tiourea (1 % b/b) dan asam oksalat (1 % b/b) dapat mempertahankan nilai PRI secara lebih efektif. Karet yang dihasilkan mempunyai nilai PRI di atas 70 (Ong, 1974).

## 5. Kadar Abu

Pada penelitian ini, karet yang diberi perlakuan mempunyai kadar abu yang tinggi, yaitu sekitar 1,23 sampai 1,99 %, lebih tinggi dari kontrol (0,11 %). Kadar abu yang tinggi tersebut tidak memenuhi spesifikasi teknis karet remah. Dari hasil analisis sidik ragam, konsentrasi NaOH dalam campuran NaOH/isopropanol dan lama perendaman berpengaruh nyata terhadap kadar abu dalam karet yang dihasilkan, yang dapat dilihat pada Lampiran 7E. Peningkatan konsentrasi NaOH dalam campuran NaOH/isopropanol menyebabkan kadar abu dalam karet semakin tinggi (Gambar 24). Perendaman dengan konsentrasi NaOH 25 % (b/v) dalam larutan akan menghasilkan karet dengan kadar abu rata-rata 1,48 % dan pada konsentrasi NaOH 30 % (b/v) kadar abu karet akan menurun tetapi penurunannya tidak berbeda nyata. Peningkatan konsentrasi NaOH menjadi 35 % (b/v) akan menyebabkan kadar abu di dalam karet menjadi semakin tinggi, dengan rata-rata 1,88 %.

Lama perendaman juga berpengaruh nyata terhadap kadar abu dalam karet. Semakin lama perendaman maka kadar abu karet semakin tinggi. Pada perendaman selama 3 jam kadar abu karet rata-rata 1,35 % dan bila waktu perendaman diperlama hingga 6 jam maka kadar abu karet akan meningkat menjadi 1,09 %.



Gambar 25. Histogram hubungan antara konsentrasi NaOH dalam campuran NaOH/isopropanol dan lama perendaman dengan kadar abu (%).

Kadar abu menunjukkan kotoran halus yang terdapat dalam karet yang lolos dari saringan 325 mesh sehingga tidak bisa diamati sebagai kadar kotoran, tetapi muncul sebagai kadar abu yang tinggi. Penetapan syarat uji kadar abu dimaksudkan untuk menjamin agar karet yang dihasilkan tidak terlalu banyak mengandung bahan kimia yang biasa digunakan dalam proses pengolahan karet. Kadar abu yang tinggi dapat merusak sifat vulkanisat karet yang dihasilkan. Unsur-unsur mineral, seperti natrium, khlor, kalsium, fosfor, magnesium, belerang, dan sebagainya, dikenal sebagai zat anorganik atau kadar abu. Pada proses pembakaran, bahan-bahan organik akan terbakar, sedangkan zat anorganik tidak terbakar tetapi membentuk abu.

Pada proses perendaman, NaOH dalam campuran NaOH/isopropanol akan menghidrolisis protein di dalam molekul karet. Garam-garam anorganik, dalam hal ini garam natrium, akan terperangkap di dalam molekul karet. Dengan peningkatan konsentrasi NaOH dalam campuran NaOH/isopropanol dan peningkatan lamanya perendaman mengakibatkan jumlah garam natrium yang terperangkap semakin banyak. Dari hasil uji lanjut setelah analisis sidik ragam terlihat bahwa pada konsentrasi NaOH 35 % (b/v) karet yang dihasilkan mengandung kadar abu yang paling tinggi dengan rata-rata 1.99 %. Pada proses penggilingan dan pencucian diduga garam natrium tersebut tidak dapat tercuci bersih sehingga kadar abu yang terkandung dalam karet tinggi.

Tingginya kadar abu yang terkandung di dalam karet diduga terjadi karena metode pencucian yang digunakan kurang tepat. Metode Ong digunakan untuk mencuci karet yang telah direndam dalam NaOH 3 % (b/v) sehingga sisa NaOH yang masih terkandung dalam karet bisa dicuci sempurna. Pada metode Ong, dilakukan perendaman dalam H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0,15 % (b/v) selama 40 menit sebagai salah satu tahapan pada proses pencucian. Pada penelitian ini, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> yang digunakan terlalu kecil konsentrasinya atau terlalu singkat waktu perendamannya sehingga tidak mampu menetralkan NaOH yang masih terdapat pada karet. Apabila konsentrasi H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> yang digunakan akan ditingkatkan konsentrasinya, maka harus diperhatikan dosisnya karena perendaman karet dalam H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> akan menyebabkan



karet yang dihasilkan mempunyai warna yang gelap (kehitaman) dan kadar abunya juga tinggi karena adanya residu  $H_2SO_4$  yang terperangkap dalam molekul karet.

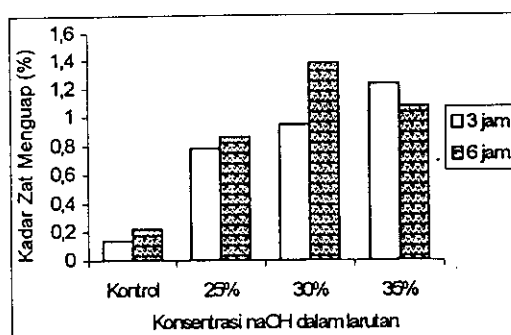
## 6. Kadar Zat Menguap

Kadar zat menguap menunjukkan kadar air yang masih terkandung di dalam karet mentah yang telah dikeringkan. Kegunaannya untuk memastikan bahwa karet yang dihasilkan telah dikeringkan secara sempurna. Jumlah kadar zat menguap di dalam karet menyatakan ukuran tingkat pengeringan dan oleh karena itu tergantung kepada kondisi dimana karet tersebut dikeringkan.

Pada penelitian ini, kadar zat menguap dalam karet yang dihasilkan tidak memenuhi spesifikasi teknis karet remah. Kadar zat menguap dalam karet mencapai lebih dari 0,80 %. Tetapi menurut Goutara *et al.*(1985), kadar air krep tergantung kepada kelembaban udara dan setelah dikeringkan kadar airnya mencapai 0,2 %. Setelah terjadi keseimbangan dengan udara, kadar air dapat mencapai 0,35 sampai 1,7 %.

Dari hasil analisis sidik ragam, konsentrasi NaOH dalam campuran NaOH/isopropanol berpengaruh nyata terhadap kadar zat menguap dalam karet, yang dapat dilihat pada Lampiran 7F. Makin tinggi konsentrasi NaOH dalam campuran NaOH/isopropanol, maka kadar zat menguapnya akan semakin tinggi (Gambar 26). Hasil uji lanjut menunjukkan bahwa kadar zat menguap tertinggi terdapat pada karet yang direndam dalam campuran NaOH/isopropanol dengan konsentrasi NaOH 30% (b/v) dengan rata-rata 1,167 %. Pada konsentrasi NaOH 35% (b/v) dan 25% (b/v), kadar zat menguap menurun menjadi 1,157 % dan 1,07% tetapi penurunannya tidak berpengaruh nyata. Lama perendaman karet dalam campuran NaOH/isopropanol tidak berpengaruh nyata terhadap kadar zat menguap karet. Tetapi dari Gambar 26 dapat terlihat bahwa dengan semakin lama perendaman maka kadar zat menguapnya akan semakin tinggi.





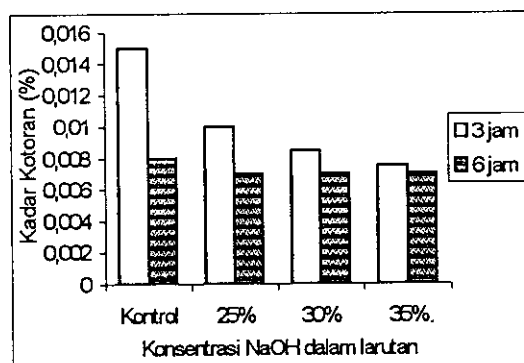
Gambar 26. Hitogram hubungan antara konsentrasi NaOH dalam campuran NaOH/isopropanol dan lama perendaman dengan kadar zat menguap dalam karet (%).

Tingginya kadar zat menguap diduga disebabkan oleh terjebakny air di dalam molekul karet sehingga pada proses pengeringan air tidak dapat menguap. Hal ini disebabkan perendaman karet dalam campuran NaOH/isopropanol yang dilakukan pada suhu tinggi dan waktu yang cukup lama menyebabkan karet menjadi lengket, yang dapat dilihat dari rendahnya nilai PRI karet. Lengketnya karet menyebabkan molekul air yang terjebak di dalamnya menjadi sukar menguap.

## 7. Kadar Kotoran

Pada penelitian ini, karet yang dihasilkan telah memenuhi spesifikasi teknis remah dengan kadar kotoran dalam karet berkisar antara 0.007 sampai 0.010 % pada karet yang diberi perlakuan (Gambar 27). Dari analisis sidik ragam, konsentrasi NaOH dalam campuran NaOH/isopropanol dan lama perendaman tidak berpengaruh nyata terhadap kadar kotoran karet, yang dapat dilihat pada Lampiran 7G. Hal ini disebabkan kadar kotoran akhir di dalam karet tergantung pada kualitas jenis bahan olah karet yang digunakan. Bahan olah karet yang digunakan pada penelitian ini adalah lateks kebun segar. Pada dasarnya lateks yang keluar dari pohon adalah 100 % (b/v) bersih dari kotoran 325 mesh. Tindakan pengerjaan selanjutnya sesudah lateks keluar dari pohon menyebabkan

adanya kotoran dalam produk karetinya. Kotoran yang terdapat dalam karet akan merusak sifat barang jadi karet (vulkanisat) yang dihasilkan terutama pada ketahanan terhadap retak lentur (*flex cracking*).



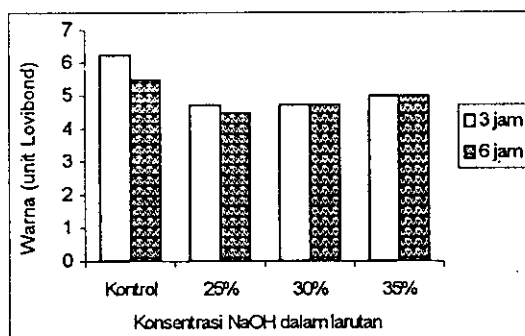
Gambar 27. Histogram hubungan antara konsentrasi NaOH dalam campuran NaOH/isopropanol dan lama perendaman dengan kadar kotoran (%).

## 8. Warna

Pada pembuatan karet SIR 3L, warna karet menjadi salah satu parameter yang penting. Pada karet jenis SIR 3L tersebut, mutu karet lebih banyak ditentukan oleh warna karet yang dihasilkan. SIR 3L harus mempunyai warna dengan skala maksimal 6 unit warna Lovibond.

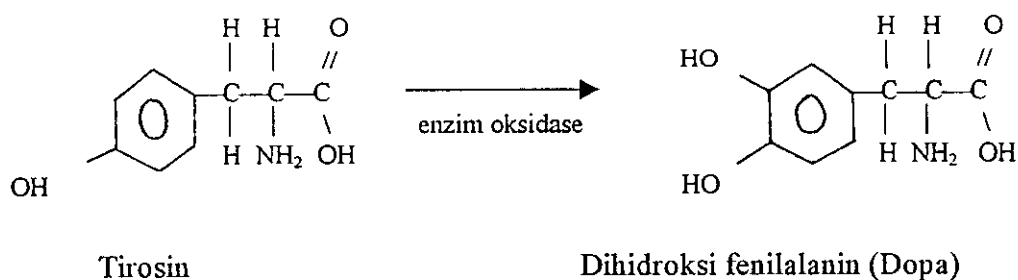
Pada penelitian ini, karet yang diberi perlakuan memiliki warna yang cerah dengan skala berkisar antara 4,5 sampai 5,5 unit warna Lovibond, sedangkan karet kontrol mempunyai warna dengan skala 5,5 sampai 6,5 unit warna Lovibond (Gambar 28). Makin tinggi konsentrasi NaOH menyebabkan karet yang dihasilkan mempunyai warna dengan nilai Lovibond yang semakin tinggi. Dari hasil analisis sidik ragam, konsentrasi NaOH dalam campuran NaOH/isopropanol dan lama perendaman tidak berpengaruh nyata terhadap warna karet yang dihasilkan (Lampiran 7H). Semua sample mempunyai warna yang hampir seragam bila diukur dengan skala warna Lovibond. Akan tetapi bila dilihat secara

visual, karet kontrol mempunyai warna yang lebih gelap dibandingkan dengan karet yang diberi perlakuan.



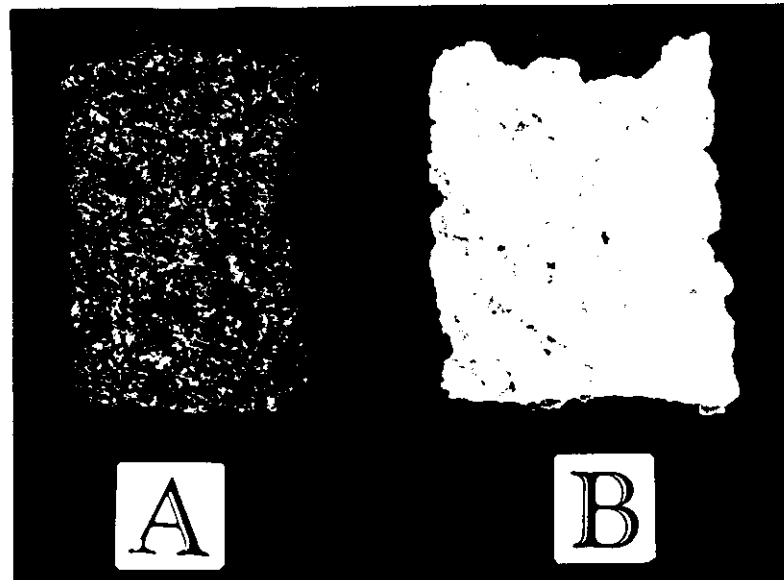
Gambar 27. Histogram hubungan antara konsentrasi NaOH dalam campuran NaOH/isopropanol dan lama perendaman dengan warna karet.

Warna gelap pada karet kontrol dapat disebabkan oleh teroksidasinya lateks/bekuan pada saat pengolahan secara enzimatik. Peristiwa tersebut sama dengan peristiwa pencoklatan yang terjadi pada apel atau kentang yang dikupas dan dibiarkan. Pencoklatan pada karet tidak menurunkan sifat teknologi karet, tetapi mempengaruhi warna karet yang dihasilkan. Pencoklatan tersebut terjadi karena adanya asam amino yang mempunyai gugus fenol, seperti tirosin yang teroksidasi dengan reaksi berikut :



Asam amino seperti tirosin yang terkandung di dalam lateks akan bereaksi dengan udara membentuk dihidroksi fenilalanin (DOPA), seperti DOPA kuinon dan DOPA krom, kemudian beberapa senyawa ini bereaksi lebih lanjut dengan protein membentuk senyawa DOPA melanin yang berwarna hitam. Warna gelap

tersebut juga dapat disebabkan oleh suhu yang tinggi dan waktu yang lama pada saat dikeringkan. Senyawa-senyawa seperti protein dan karbohidrat yang terdapat di dalam karet akan bereaksi secara non enzimatik dengan adanya panas membentuk warna coklat. Perbedaan warna karet yang dihasilkan dapat dilihat pada Gambar 28.



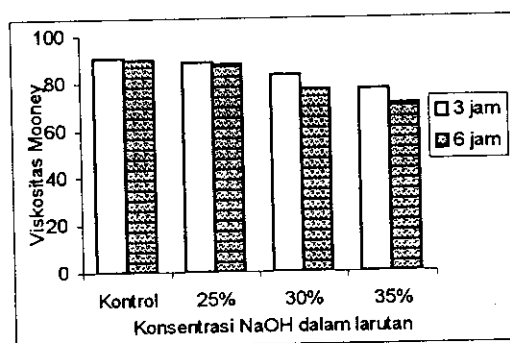
Gambar 28. Warna karet kontrol (A) dan warna karet yang diberi perlakuan perendaman (B)

## 9. Viskositas Mooney Karet Mentah

Viskositas Mooney menunjukkan panjangnya rantai molekul atau berat molekul dan derajat pengikatan silang rantai molekul karet. Viskositas Mooney karet mentah yang diberi perlakuan pada penelitian ini berkisar antara 70,75 sampai 88,75 unit Mooney dengan viskositas rata-rata 80,79 unit Mooney, sedangkan viskositas Mooney karet mentah kontrol berkisar antara 89,75 sampai 90,5 unit Mooney. Nilai viskositas tersebut termasuk ke dalam klon keras dengan viskositas di atas 65 unit Mooney.

Berdasarkan hasil analisis sidik ragam konsentrasi NaOH dalam campuran NaOH/isopropanol berpengaruh nyata dan lama perendaman tidak berpengaruh

nyata terhadap viskositas Mooney karet (Lampiran 7I). Semakin tinggi konsentrasi NaOH dalam larutan, viskositas Mooney karet semakin rendah (Gambar 30). Dari gambar tersebut dapat dilihat, viskositas terendah diperoleh pada perendaman karet menggunakan NaOH 35 % (b/v) dengan viskositas rata-rata 73,88 unit Mooney dan viskositas tertinggi diperoleh pada karet kontrol dengan viskositas rata-rata 90,13 unit Mooney. Semakin lama waktu perendaman maka viskositas karet akan semakin rendah.



Gambar 30. Histogram hubungan antara konsentrasi NaOH dalam campuran NaOH/isopropanol dan lama perendaman dengan viskositas Mooney karet.

Penurunan viskositas karet yang dihasilkan disebabkan oleh terjadinya pemutusan rantai cabang molekul karet akibat terhidrolisisnya protein dalam karet. Di dalam karet, protein diduga berperan dalam pembentukan gel dan gugus ester asam lemak berperan dalam pembentukan titik-titik percabangan pada molekul karet. Hidrolisis protein dan penyabunan asam lemak yang terjadi selama proses perendaman menyebabkan titik percabangan dan formasi gel terurai membentuk molekul karet yang lurus dan pendek tak bercabang serta asam lemak berantai panjang (Tanaka *et al.*, 1995). Proses perendaman tersebut juga menyebabkan berat molekul karet berkurang (Eng *et al.*, 1997). Hal tersebut menyebabkan viskositas karet menurun.

Viskositas Mooney karet yang dihasilkan pada penelitian mempunyai rentang viskositas yang cukup lebar, yaitu antara 62,0 sampai 91,5 unit Mooney. Padahal karet klon PR 300 mempunyai rentang viskositas antara 68,5 sampai 74,0

dengan viskositas rata-rata 71,5 unit Mooney. Rentang viskositas karet bisa berubah karena cuaca pada saat penyadapan. Perubahan viskositas tersebut diduga disebabkan karena beberapa faktor, seperti (Solichin, 1991) :

- a. Faktor ekstern, yaitu faktor cuaca pada saat penyadapan. Bila hari hujan, dapat terbentuk mikrogelyang menyebabkan viskositas karet meningkat.
- b. Faktor intern, yaitu komposisi kimia lateks yang digunakan. Komposisi kimia lateks berbeda antara klon yang satu dengan yang lain. Lateks yang banyak mengandung fraksi kuning (karotenoid) akan membentuk mikrogel lebih banyak.

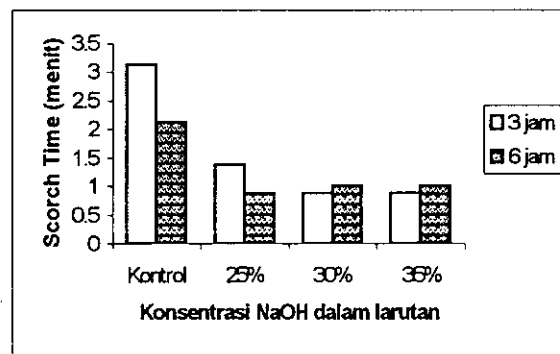
Penyadapan lateks yang digunakan pada penelitian ini dilakukan pada waktu musim hujan. Diduga lateks yang diperoleh mengandung lebih banyak mikrogel. Mikrogel tersebut mula-mula terbentuk di dalam individu partikel karet. Pada waktu pengeringan dan penyimpanan akan terbentuk ikatan silang lebih lanjut, yang disebut makrogel. Makrogel terbentuk antara gugus aldehid pada partikel karet dengan gugus aldehid pada partikel karet yang lain.

#### 10. *Scorch Time* (Waktu Pravulkanisasi)

*Scorch time* menunjukkan lamanya proses pra vulkanisasi berlangsung. Sebelum reaksi pembentukan ikatan silang dimulai, diperlukan periode waktu yang cukup untuk pencampuran bahan-bahan vulkanisasi, pengolahan dan pembentukan, dan lain-lain. *Scorch time* biasanya didefinisikan sebagai waktu yang dibutuhkan untuk memulai proses vulkanisasi pada suhu. Parameter tersebut juga menunjukkan keamanan olah dari kompon karet yang dihasilkan.

Perendaman karet dalam campuran NaOH/isopropanol dengan berbagai konsentrasi NaOH dan lama perendaman memberikan pengaruh nyata terhadap waktu pravulkanisasi kompon karet yang dihasilkan (Lampiran 7J). Semakin tinggi konsentrasi NaOH dalam campuran NaOH/isopropanol, maka *scorch time* kompon akan semakin cepat dan semakin lama waktu perendaman maka *scorch time* akan semakin cepat (Gambar 31). Kompon karet yang mempunyai waktu

pravulkanisasi yang paling cepat berasal dari karet yang direndam dalam campuran NaOH/isopropanol dengan konsentrasi NaOH 35 % (b/v) dengan waktu rata-rata 0,94 menit. Pada konsentrasi yang lebih tinggi, waktunya semakin lama tapi kenaikannya tidak berbeda nyata. Pada perendaman selama 3 jam karet yang dihasilkan mempunyai waktu pravulkanisasi rata-rata 1,56 menit dan akan semakin cepat pada perendaman karet selama 6 jam dengan waktu pravulkanisasi rata-rata 1,25 menit.



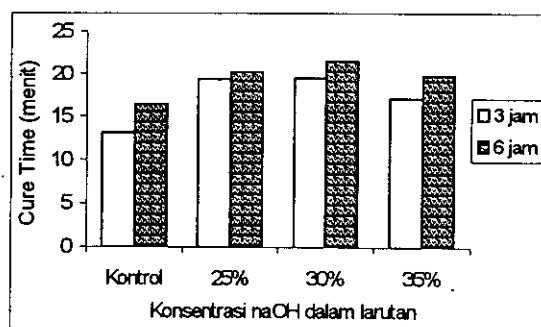
Gambar 31. Histogram hubungan antara konsentrasi NaOH dalam campuran NaOH/isopropanol dan lama perendaman dengan waktu pravulkanisasi kompon karet

Kompon karet kontrol mempunyai waktu pravulkanisasi yang lebih lama dibandingkan dengan kompon karet yang diberi perlakuan. Karet yang diberi perlakuan mempunyai waktu pravulkanisasi yang lebih cepat. Akibatnya, kompon yang dihasilkan tidak bisa disimpan lama dan proses pemasakannya tidak bisa ditunda. Cepatnya waktu pravulkanisasi pada kompon karet yang diberi perlakuan tersebut diduga disebabkan oleh adanya residu NaOH yang tidak tercuci sempurna pada proses pencucian.

Pada proses vulkanisasi karet, bahan kimia yang bersifat basa berfungsi sebagai pencepat atau *accelerator*. Pencepat adalah bahan kimia yang digunakan dalam jumlah sedikit bersama belerang untuk mempercepat proses vulkanisasi. Pencepat digunakan dalam vulkanisasi belerang untuk mengontrol mulainya vulkanisasi, laju vulkanisasi dan reaksi lebih lanjut antara belerang dengan elastomer (Honggokusumo, 1994).







Gambar 32. Histogram hubungan antara konsentrasi NaOH dalam campuran NaOH/isopropanol dan lama perendaman dengan waktu vulkanisasi kompon karet.

Lamanya waktu vulkanisasi kompon karet disebabkan oleh terhidrolisisnya protein dan asam lemak yang terkandung di dalam molekul karet. Senyawa-senyawa tersebut di dalam kompon karet akan mempercepat proses vulkanisasi sehingga waktu vulkanisasinya menjadi lebih cepat. Karena kandungan protein dan asam lemak dalam karet berkurang, maka waktu vulkanisasi kompon karet menjadi lebih lama.

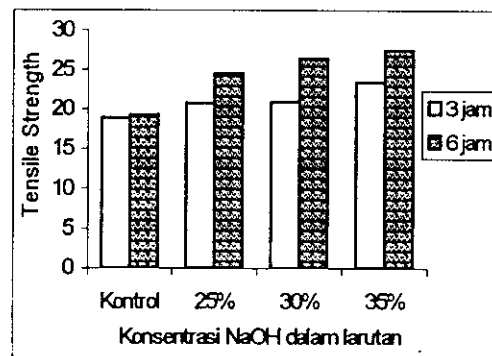
Selain karena terhidrolisisnya asam lemak di dalam karet, lambatnya proses vulkanisasi juga disebabkan oleh tingginya kadar zat menguap di dalam karet mentah yang digunakan dalam pembuatan vulkanisat. Zat menguap, yaitu air, di dalam sistem vulkanisasi akan menghambat kerja *accelerator* sehingga *accelerator* tidak dapat mempercepat proses vulkanisasi secara lebih optimal yang ditandai dengan lambatnya proses vulkanisasi.

## 12. Uji Tarik

### a. *Tensile Strength* (Kuat Tarik)

*Tensile strength* atau kuat tarik menunjukkan tenaga yang dibutuhkan untuk menarik vulkanisat sampai putus. Dari hasil analisis sidik ragam,

perendaman karet dalam campuran NaOH/isopropanol dengan berbagai konsentrasi NaOH dan lama perendaman berpengaruh nyata terhadap kekuatan kompon karet yang dihasilkan (Lampiran 7L). Makin tinggi konsentrasi NaOH dalam campuran NaOH/isopropanol dan makin lama perendaman, makin besar kekuatan tarik kompon karet (Gambar 33).



Gambar 33. Histogram hubungan antara konsentrasi NaOH dalam campuran NaOH/isopropanol dan lama perendaman dengan kuat tarik vulkanisat karet.

Kekuatan tarik terendah diperoleh pada kompon dari karet kontrol dengan rata-rata-rata  $19,05 \text{ N/mm}^2$  dan kekuatan tarik tertinggi diperoleh pada kompon dari karet yang direndam dalam campuran NaOH/isopropanol dengan konsentrasi NaOH 35 % (b/v) dengan kekuatan tarik rata-rata  $25,40 \text{ kg/cm}^2$ . Perendaman karet selama 6 jam akan menghasilkan karet dengan kuat tarik tertinggi dengan rata-rata  $24,38 \text{ N/mm}^2$  dan perendaman selama 3 jam menghasilkan karet dengan kuat tarik  $20,94 \text{ N/mm}^2$ .

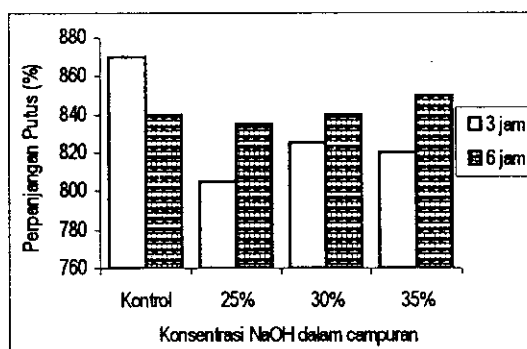
Rendahnya kekuatan tarik kompon karet kontrol diduga disebabkan oleh rendahnya kerapatan ikatan silang yang terdapat di dalam vulkanisat karet yang dihasilkan. Bila konsentrasi NaOH ditingkatkan dalam campuran NaOH-isopropanol, maka diduga kerapatan ikatan silang di dalam vulkanisat karet yang dihasilkan akan meningkat. Hal ini ditandai dengan meningkatnya kekuatan tarik vulkanisat karet.

Menurut Tanaka *et al* (1995), struktur karet alam diduga berbentuk rantai cabang yang terdiri dari protein dan fosfolipid, seperti terlihat pada Gambar 7. Pada proses perendaman, rantai cabang molekul karet akan terurai membentuk struktur linier yang lebih sederhana dengan berat molekul yang lebih rendah. Terurainya rantai cabang molekul karet terjadi karena protein dan fosfolipid yang terlibat dalam pembentukan rantai cabang tersebut telah terhidrolisis oleh NaOH. Bentuk uraian fosfolipid yang masih tertinggal di dalam molekul karet diduga mengaktifasi vulkanisasi sehingga vulkanisasi lebih efisien dalam menghasilkan ikatan silang sulfida pendek, seperti monosulfida dan disulfida. Akibat vulkanisasi yang efisien ini, diduga jumlah ikatan silang yang terbentuk menjadi lebih banyak sehingga rapat ikatan silang yang terbentuk menjadi lebih tinggi. Fenomena ini diduga menyebabkan kekuatan tarik vulkanisat dari karet yang diberi perlakuan menjadi lebih tinggi dan akan semakin tinggi pada vulkanisat dari karet yang direndam di dalam campuran NaOH/isopropanol dengan konsentrasi NaOH yang lebih tinggi karena protein dan fosfolipid yang terhidrolisis semakin banyak.

Vulkanisat yang berasal dari karet kontrol mempunyai kuat tarik yang lebih rendah ( $19,05 \text{ N/mm}^2$ ) daripada vulkanisat yang berasal dari karet yang diberi perlakuan ( $25,40 \text{ N/mm}^2$ ). Hal ini diduga terjadi karena protein dan fosfolipid, yang terdapat di dalam karet kontrol yang direndam dalam air, hanya sebagian yang mengalami hidrolisis sehingga rantai molekul karet belum banyak mengalami pemutusan. Bentuk rantai molekul karet yang belum terurai sempurna ini diduga memungkinkan terjadinya vulkanisasi yang lebih efisien dalam menghasilkan ikatan silang polisulfida. Ikatan silang polisulfida mempunyai kerapatan ikatan silang yang lebih rendah dibandingkan dengan ikatan monosulfida atau disulfida.

### b. *Elongation at Break* (Perpanjangan Putus)

*Elongation at break* atau perpanjangan putus menunjukkan kemampuan vulkanisat meregang apabila ditarik sampai putus. Berdasarkan analisis sidik ragam, konsentrasi NaOH dalam campuran NaOH/isopropanol dan lama perendaman tidak berpengaruh nyata terhadap perpanjangan putus vulkanisat karet yang dihasilkan (Lampiran 7M). Karet yang diberi perlakuan mempunyai perpanjangan putus yang relatif sama. Vulkanisat yang berasal dari karet mentah yang direndam selama 6 jam mempunyai perpanjangan putus yang tinggi dibandingkan yang direndam selama 3 jam (Gambar 34).

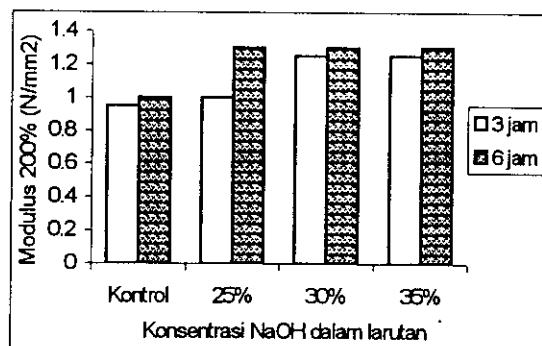


Gambar 34: Histogram hubungan antara konsentrasi NaOH dalam campuran NaOH/isopropanol dan lama perendaman dengan perpanjangan putus vulkanisat karet.

Karet yang diberi perlakuan mempunyai perpanjangan putus yang lebih rendah dibandingkan dengan karet yang tidak diberi perlakuan (kontrol). Vulkanisat yang berasal dari karet kontrol apabila ditarik, maka vulkanisat tersebut akan mudah memanjang dan pada perpanjangan tertentu (hingga 870 % (b/v)) vulkanisat belum mengalami kerusakan. Fenomena tersebut diduga terjadi karena vulkanisat yang berasal dari karet kontrol mempunyai kerapatan ikatan silang yang lebih rendah dibandingkan dengan vulkanisat yang berasal dari karet yang diberi perlakuan sehingga pada saat vulkanisat karet kontrol ditarik, tenaga yang keluar untuk menahan tarikan lebih rendah dan vulkanisat menjadi mudah untuk memanjang.

### c. Modulus (Tegangan Tarik)

Modulus menunjukkan tenaga yang dibutuhkan untuk menarik vulkanisat sampai perpanjangan tertentu. Pada penelitian ini perpanjangan vulkanisat karet mencapai 200%, yang artinya vulkanisat karet masih mampu memanjang apabila ditarik hingga dua kali panjang semula. Berdasarkan analisis sidik ragam, konsentrasi NaOH dalam campuran NaOH/isopropanol dan lama perendaman berpengaruh nyata terhadap modulus vulkanisat karet yang dihasilkan (Lampiran 7N). Modulus vulkanisat dari karet yang diberi perlakuan lebih tinggi dibandingkan modulus vulkanisat dari karet kontrol (Gambar 35).



Gambar 35. Histogram hubungan antara konsentrasi NaoH dalam campuran NaOH/isopropanol dan lama perendaman dengan Modulus 200% vulkanisat karet.

Hal ini diduga terjadi karena vulkanisat yang berasal dari karet yang diberi perlakuan mempunyai bentuk molekul karet linier yang pendek, sedangkan pada karet kontrol molekulnya membentuk rantai cabang. Pada proses vulkanisasi, kompon yang menggunakan karet yang diberi perlakuan akan membentuk ikatan silang sulfida pendek, seperti monosulfida dan disulfida, dengan jumlah yang lebih banyak dibandingkan dengan yang menggunakan karet kontrol pada resep komponnya. Vulkanisat yang berasal dari karet kontrol diduga membentuk ikatan silang polisulfida sehingga karepatan ikatan silang yang terbentuk pada proses vulkanisasi menjadi lebih

rendah dibandingkan dengan vulkanisat yang berasal dari karet yang diberi perlakuan. Kerapatan ikatan silang yang tinggi memungkinkan vulkanisat karet mempunyai modulus yang tinggi pula. Vulkanisat tersebut apabila ditarik hingga perpanjangan tertentu maka tenaga yang dibutuhkan akan semakin tinggi dibandingkan dengan vulkanisat yang berasal dari karet yang diberi perlakuan. Modulus tertinggi dengan rata-rata  $1,28 \text{ N/mm}^2$  dimiliki oleh vulkanisat yang berasal dari karet yang direndam dalam campuran NaOH/isopropanol dengan konsentrasi NaOH 30 % (b/v). Perendaman selama 6 jam juga menghasilkan karet dengan modulus tertinggi dengan rata-rata  $1,23 \text{ N/mm}^2$ .

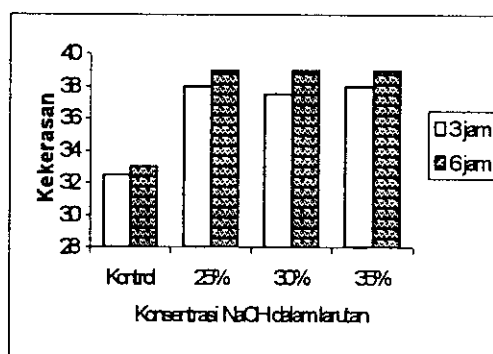
### 13. *Hardness* (Kekerasan)

Kekerasan pada karet dapat didefinisikan sebagai kemampuan karet untuk membentuk lekukan pada saat karet ditekan, tetapi tekanan yang diberikan tidak menyebabkan karet tertusuk. Menurut Morton (1987), kekerasan pada kompon karet alam akan meningkat hingga mencapai kekerasan yang maksimal dan kemudian akan menurun karena terjadinya reversi ketika waktu vulkanisasi semakin meningkat. Pada penelitian ini, konsentrasi NaOH dalam campuran NaOH/isopropanol berpengaruh nyata terhadap kekerasan vulkanisat karet yang dihasilkan dan lama perendaman tidak berpengaruh nyata (Lampiran 70).

Karet yang diberi perlakuan pada saat divulkanisasi diduga akan membentuk ikatan silang sulfida pendek dengan tingkat kerapatan yang tinggi, lebih tinggi daripada vulkanisat yang berasal dari karet kontrol, yang membentuk ikatan silang polisulfida pada proses vulkanisasinya. Dengan tingginya kerapatan ikatan silang tersebut maka ketika karet ditekan akan diperlukan gaya yang tinggi untuk mengembalikan vulkanisat karet ke keadaan semula. Ketika ditekan karet yang keras cenderung untuk tidak atau hanya sedikit membentuk lekukan pada permukannya.



Pada Gambar 36 terlihat bahwa vulkanisat dari karet kontrol mempunyai tingkat kekerasan yang lebih rendah daripada vulkanisat dari karet yang diberi perlakuan. Hal ini disebabkan oleh kerapatan ikatan silang pada vulkanisat dari karet yang diberi perlakuan yang lebih rapat dibandingkan dengan vulkanisat dari karet kontrol. Molekul karet yang memanjang pada karet yang diberi perlakuan diduga memungkinkan terbentuknya ikatan silang polisulfida yang lebih rapat pada saat divulkanisasi dibandingkan dengan karet kontrol yang molekul karetnya masih mengandung sejumlah ikatan silang.



Gambar 36. Histogram hubungan antara konsentrasi NaOH dalam campuran NaOH/isopropanol dan lama perendaman dengan kekerasan vulkanisat karet.

## BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN

### A. KESIMPULAN

Larutan NaOH/isopropanol dapat menghidrolisis protein secara efisien dan karet yang dihasilkan mempunyai viskositas yang mantap selama dalam penyimpanan yang dipercepat. Dosis NaOH/isopropanol yang efisien untuk menghidrolisis protein pada tahap pendahuluan adalah dengan konsentrasi NaOH 30 persen dan isopropanol 60 persen, perendaman dilakukan selama 6 jam pada suhu 70 °C. Karet yang dihasilkan mempunyai kandungan nitrogen di bawah 0,01 persen.

Konsentrasi NaOH dalam larutan perendam memberikan pengaruh yang nyata terhadap kadar nitrogen, plastisitas awal (Po), PRI, nilai  $\Delta P$ , kadar abu, kadar zat menguap, *cure time*, *scorch time*, viskositas Mooney, kuat tarik, perpanjangan putus, *modulus*, dan kekerasan. Lamanya perlakuan memberikan pengaruh yang nyata terhadap plastisitas awal (Po), PRI, nilai  $\Delta P$ , kadar abu, *cure time*, *scorch time*, kuat tarik dan *modulus*. Dengan membandingkan hasil analisis secara keseluruhan, maka kombinasi perlakuan yang terbaik adalah perlakuan perendaman dengan konsentrasi NaOH 35 persen dalam larutan perendam selama 3 jam dengan kadar nitrogen yang diperoleh rata-rata 0,085 persen. Sifat teknis dan sifat fisik karet yang diperoleh adalah sebagai berikut : nilai Po 50,5; PRI 42,65 ;  $\Delta P$  4; kadar abu 1,65 persen; kadar zat menguap 1,24 persen; kadar kotoran 0.0075 persen; warna 5 unit Lovibond; viskositas Mooney karet mentah 77 unit Mooney; *cure time* 17,13menit; *scorch time* 0,88 menit; kuat tarik 23,4 N/mm<sup>2</sup>; perpanjangan putus 820 persen; *modulus* 1,25 N/mm<sup>2</sup>; dan kekerasan 38.

Penelitian ini juga memperkuat dugaan struktur karet alam yang dinyatakan oleh Tanaka. Hal ini ditunjukkan dengan semakin rendahnya viskositas Mooney karet dan plastisitas karet dengan semakin lamanya perendaman dan semakin tingginya konsentrasi NaOH dalam campuran NaOH/isopropanol.



## B. SARAN

1. Perlu dilakukan penelitian terhadap sifat teknis dan sifat fisik karet alam, jika perlakuan dikenakan terhadap koagulum karet yang sudah diremahkan agar proses hidrolisis, pencucian dan pengeringan menjadi lebih efisien.
2. Perlu dilakukan penelitian lanjutan mengenai aplikasi karet padat berprotein rendah dalam pembuatan produk.
3. Perlu diteliti lebih lanjut mengenai metode pencucian yang cocok untuk digunakan dalam pencucian karet padat yang telah dihidrolisis secara kimia (menggunakan alkali) dengan mempertimbangkan sifat-sifat yang lain.

## DAFTAR PUSTAKA

- Anas, A. dan A. Darussamin. 1991. Penggunaan Kapur Tohor Dalam Pengolahan Karet Skim. *Buletin Perkaretan*, 1991, 9(2 – 3).
- Anonimous. 1981. Pedoman Pengolahan karet. Balai Penelitian perkebunan Bogor. 7 – 50.
- Anonimous. 1982. Penyardapan Tanaman Karet. Balai Penelitian Perkebunan Sembawa, Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, Departemen Pertanian.
- Archer, B.L., D. Barnard, E.G. Cockbaind, P.B. Dickinson, dan A.I. McMullen. 1963. Structure, Composition and Biochemistry of Hule Latex. Di dalam L. Bateman (ed.). *The Chemistry and Physics of Rubber-like Substances*. McLaren and Sons Ltd., London.
- ASTM, 1997. D 412 - 1997 Standards Test Method for Vulcanized Rubber and Thermoplastic Rubbers and Thermoplastic Elastomer – Tension. *Annual Book of ASTM Standards*. Section 9, Vol. 09.01. Rubber Natural and Synthetic-General.
- ASTM, 1997. D 2084 – 1997 Standards Test Method for Rubber Property – Vulcanization Using Oscillating Disc Curemeter. *Annual Book of ASTM Standards*. Section 9, Vol. 09.01. Rubber Natural and Synthetic-General.
- ASTM, 1997. D 2240 – 1997 Standards Test Method for Rubber Property Durometer Hardness. *Annual Book of ASTM Standards*. Section 9, Vol. 09.01. Rubber Natural and Synthetic-General.
- Barney, J.A. 1973. Natural Rubber Production. Lecturer Notes. Balai Penelitian Perkebunan Bogor, Bogor.
- Bateman, L. 1963. *The Chemistry and Physics of Rubber-like Substances*. McLaren and Sons Ltd., London.
- Bateman, L. dan B.C. Sekhar. 1966. Significance of PRI in Raw and Vulcanized Natural Rubber. *J. Rubb. Res. Inst. Malaya*. Vol. 19
- Biro Pusat Statistik. 1997. *Statistik Perdagangan Luar Negeri Indonesia*. Jilid 1.
- De Boer, G. 1950. *Pengetahuan Praktis Tentang Karet*. Balai Penelitian Perkebunan Bogor, Bogor.
- Eng, A.H., J. Tangpakdee, S. Kawahara dan Y. Tanaka. 1997. Distribution and Origin of Abnormal Groups in Natural Rubber. *J. Nat. Rubb. Res.*, 12(1), 1997. 11 – 20

- Goutara, B. Djatmiko dan W. Tjiptadi. 1985. Dasar Pengolahan Karet I. Agroindustri Press, Bogor. 39 – 53.
- Gregory, M. J. dan A.S. Tan. 1976. Some Observation on Storage Hardening of Natural Rubber. Proc. Inst. Rubb. Conf. Kuala Lumpur. 1975.
- E.C. Gregg, Jr. dan J.H. Macey. Rubber Chem. Technol. 46, 47 (1973).
- Hashim, Hasma. 1993. Proteins in Natural Rubber Latex. Rubb. Res. Inst. Malaya. Proceeding IRTC'93 Workshop on Latex Properties. 27 – 31.
- Hayashi, M., S. Nakade, M. Sunagawa., T. Kano, K. Tsukamoto, dan Y. Tanaka. 1996. Highly Purified Natural Rubber : Biological Properties. The New Rubber Material Research Concoortium, Tokyo, Japan. 562 – 564.
- Honggokusumo, S. 1978. Pengerahuan Lateks. Kursus Pengolahan dan Permesinan SIR I. Balai Penelitian Perkebunan Bogor, Bogor.
- Honggokusumo, S. 1994. Sistem Vulkanisasi. Kursus Pengolahan Barang Jadi Karet. Balai Penelitian Perkebunan Bogor, Bogor.
- Kusnata, T. 1976. Pedoman Praktek Pengujian Fisika Pada Karet. Balai Penelitian Perkebunan Bogor, Bogor.
- Lau, C.M. dan Ong, C.O. 1979. Basic Factor Affecting SMR Properties In : RRIM Train. Man. On. Nat. Rubb. Proces. Res. Inst. Malaysia., Kuala Lumpur : 22 – 39
- Loo, Thio Goan. 1980. Tuntunan Praktis Mengelola Karet Alam. Kinta, Jakarta. 81 – 109.
- Morton, M. 1963. Introduction of Rubber technology. Reinhold Publishing Corporation, New York.
- Morton, M. 1987. Rubber Technology. Van Nostrand Reinhold, New York.
- Ong, C.O. 1974. High Quality Rubber from Skim Latex. Proc. Rubb. Res. Inst. Malaya Planters Conf. (1974). 243 – 250.
- Pomeranz, Y. 1991. Functional Properties of Food Component. Academic Press Inc., San Diego. 165 – 183.
- Sakaki, T., Y. Hioki, M. Kojima, A. Kuga, dan Y. Tanaka. 1996. Highly Purified Natural Rubber : Preparation of Anionic Latex and Its Physical Properties. The New Rubber Material Research Consortium, Tokyo, Japan. 553 – 556.

- Soewarti, S. 1978. Pedoman Pengujian Sifat Fisika Karet Mentah. Menara Perkebunan, 1978, 46(5), 249-262.
- Solichin, M. 1989. Faktor-faktor Yang Mempengaruhi Mutu Warna Dalam Pengolahan SIR 3L. Lateks, Vol. 4, No. 2, 1989. 22 – 27.
- Solichin, M. 1991. Kegagalan Mutu SIR dan Cara Mengatasinya. Lateks, Vol. 6, No. 1, 1991. 23 – 32.
- Solichin, M. 1991. Faktor-faktor Yang Mempengaruhi Viskositas Mooney dalam Pengolahan SIR 3 CV. Lateks, 1991, 6(2) : 69 – 75
- Solichin, M. 1996. Pengolahan Karet Remah Viskositas Mantap. Monografi Penelitian dan Pengembangan Karet. Pusat Penelitian karet, Sembawa.
- Sudjana. 1994. Desain dan Analisis Eksperimen Edisi III. Penerbit Transito, Bandung. 273 – 284.
- Subramaniam, A. 1993. Characterisation of Natural Rubber. Proceeding of International Rubber Conference 1993. 19 – 35.
- Suparto, D. 1987. Azas Pengeringan Pada Pengolahan Karet. Warta Perkaretan, 1987, 6 (2) : 14 – 16.
- Tanaka, Y., S. Kawahara dan J. Tangpakdee. 1995. Struktural Characterization of Natural Rubber. Faculty of Technology, Division of Applied Chemistry, Tokyo University of Agriculture and Technology, Koganei, Tokyo, Japan.
- Tanaka, Y. 1998. A New Approach to Produce Highly Deproteinized Natural Rubber. Paper yang disampaikan dalam Seminar di Balai Penelitian Teknologi Karet, Bogor, 14 Januari 1998.
- Tanaka, Y. 1998. Structure and Properties of Deproteinized Natural Rubber. Paper yang disampaikan dalam Seminar di Balai Penelitian Teknologi Karet, Bogor, 14 Januari 1998.
- Van Gills, G.E. dan S. Honggokusumo. 1975. Aliran Lateks, Komposisi dan Sifat Lateks. Balai Penelitian Perkebunan Bogor, Bogor.
- Verhaar, G. 1959. Natural Latex of Latex Concentrate. Processing of Natural Rubber.
- Yapa, P.A.J. 1975. The Preparation and Properties of Low Nitrogen Constant Viscosity Rubber. Q. Jl. Rubb. Res. Inst. Sri Lanka (1975) 52, 1- 9.

Yapa, P.A.J. 1977. Enzyme Deproteinization of Hevea Latex, Preparation and Properties of DPNR and Viscosity Stabilized Deproteinized Natural Rubber. *Jl. Rubb. Res. Inst. Sri Lanka* (1977) 54, 508 – 519.

Yapa, P.A.J. dan. S. Yapa. 1984. Recent Developments in the Manufacture of Deproteinized Natural Rubber. Paper presented at the International Rubber Conference, 17 – 19<sup>th</sup> September 1984, Colombo, Sri Lanka.



Hal Cipta (Hindung) Unsur-unsur:

1. Diambil langsung sebagian atau seluruh karya seni yang telah diciptakan dan dipublikasikan kembali.
2. Diperoleh dengan cara lain selain melalui karya seni itu dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.
3. Diperoleh dengan cara lain selain melalui karya seni itu dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.
4. Diperoleh dengan cara lain selain melalui karya seni itu dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.
5. Diperoleh dengan cara lain selain melalui karya seni itu dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.
6. Diperoleh dengan cara lain selain melalui karya seni itu dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.
7. Diperoleh dengan cara lain selain melalui karya seni itu dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.
8. Diperoleh dengan cara lain selain melalui karya seni itu dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.
9. Diperoleh dengan cara lain selain melalui karya seni itu dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.
10. Diperoleh dengan cara lain selain melalui karya seni itu dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.
11. Diperoleh dengan cara lain selain melalui karya seni itu dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.
12. Diperoleh dengan cara lain selain melalui karya seni itu dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

# LAMPIRAN

Lampiran 1A. Analisis sidik ragam untuk kadar nitrogen dari karet yang direndam dalam NaOH pada penelitian pendahuluan.

Sumber Keragaman	df	JK	KT	F hitung	Pr > F
Blok	1	0.00064584	0.00064584	5.37*	0.0249
Konsentrasi (K)	5	0.06779543	0.01355909	112.80*	0.0001
Lama perendaman (W)	3	0.07970220	0.02656740	221.02*	0.0001
Suhu (S)	1	0.01457801	0.01457801	121.28*	0.0001
K*W	15	0.00470061	0.00031337	2.61*	0.0063
K*S	5	0.00094293	0.00018859	1.57	0.1873
W*S	3	0.00071303	0.00023768	1.98	0.1302
K*W*S	15	0.00387978	0.00025865	2.15*	0.0233
Error	47	0.00564966	0.00012021		
Total	95	0.17860749			

Lampiran 1B. Hasil uji lanjut setelah analisis keragaman untuk kadar nitrogen dari karet yang direndam dalam NaOH pada penelitian pendahuluan.

Duncan Grouping	Rata-rata	Konsentrasi
A	0.29970	5%
B	0.28481	10%
C	0.26469	15%
D	0.25300	20%
E	0.23675	25%
F	0.22231	30%
Duncan Grouping	Rata-rata	Lama Perendaman
A	0.29667	3 jam
B	0.27792	6 jam
C	0.24363	12 jam
D	0.22275	24 jam
Duncan Grouping	Rata-rata	Suhu
A	0.27256	Suhu kamar
B	0.24792	Suhu 70 °C

Lampiran 2A. Analisis sidik ragam untuk kadar nitrogen dari karet yang direndam dalam campuran NaOH/isopropanol pada penelitian pendahuluan.

Sumber Keragaman	df	JK	KT	F hitung	Pr > F
Blok	1	0.00000752	0.00000752	0.06	0.8159
Konsentrasi (K)	2	0.07347054	0.03673527	270.81*	0.0001
Lama perendaman (W)	3	0.02370173	0.00790058	58.24*	0.0001
Suhu (S)	1	0.16042969	0.16042969	1182.66*	0.0001
K*W	6	0.00179496	0.00029916	2.21	0.0795
K*S	2	0.00634887	0.00317444	23.40*	0.0001
W*S	3	0.00255923	0.00085308	6.29*	0.0028
K*W*S	6	0.00123996	0.00020666	1.52	0.2150
Error	23	0.00311998	0.00013565		
Total	47	0.27267248			

Lampiran 2B. Hasil uji lanjut setelah analisis sidik ragam untuk kadar nitrogen dari karet yang direndam dalam campuran NaOH/isopropanol pada penelitian pendahuluan.

Duncan Grouping	Rata-rata	Konsentrasi
A	0.23663	10%
B	0.17681	20%
C	0.14188	30%
Duncan Grouping	Rata-rata	Lama perendaman
A	0.21633	3 jam
B	0.19542	6 jam
C	0.16825	12 jam
C	0.16042	24 jam
Duncan Grouping	Rata-rata	Suhu
A	0.24292	Suhu kamar
B	0.12729	Suhu 70 °C

Lampiran 3A. Analisis sidik ragam untuk nilai  $\Delta P$  karet yang direndam dalam NaOH pada penelitian pendahuluan.

Sumber Keragaman	df	JK	KT	F hitung	Pr > F
Blok	1	7.593750	7.593750	6.68*	0.0129
Konsentrasi (K)	5	568.989583	113.797917	100.15*	0.0001
Lama perendaman (W)	3	1440.062500	480.020833	422.44*	0.0001
Suhu (S)	1	1872.666667	1872.666667	1648.03*	0.0001
K*W	15	59.906250	3.993750	3.51*	0.0005
K*S	5	51.177083	10.235417	9.01*	0.0001
W*S	3	227.437500	75.812500	66.72*	0.0001
K*W*S	15	272.718750	18.181250	16.00*	0.0001
Error	47	53.406250	1.136303		
Total	95	4553.958333			

Lampiran 3B. Hasil uji lanjut setelah analisis sidik ragam untuk nilai  $\Delta P$  karet yang direndam dalam NaOH pada penelitian pendahuluan.

Duncan Grouping	Rata-rata	Konsentrasi
A	13.156	5%
B	11.250	10%
C	8.500	15%
C	7.969	20%
D	7.187	25%
E	6.062	30%
Duncan Grouping	Rata-rata	Lama Perendaman
A	14.458	3 jam
B	9.813	6 jam
C	8.188	12 jam
D	3.625	24 jam
Duncan Grouping	Rata-rata	Suhu
A	13.438	Suhu kamar
B	4.602	Suhu 70 °C



Lampiran 4A. Hasil analisis sidik ragam untuk nilai  $\Delta P$  karet yang direndam dalam campuran NaOH/isopropanol.

Sumber Keragaman	df	JK	KT	F hitung	Pr > F
Blok	1	1.02083	1.02083	1.57	0.2232
Konsentrasi (K)	2	117.78125	58.89063	90.42*	0.0001
Lama perendaman (W)	3	72.04167	24.01389	36.87*	0.0001
Suhu (S)	1	379.68750	379.68750	583.00*	0.0001
K*W	6	9.80208	1.63368	2.51	0.0514
K*S	2	117.78125	58.89063	90.42*	0.0001
W*S	3	78.18750	26.06250	40.02*	0.0001
K*W*S	6	6.96875	0.65127	1.78	0.1471
Error	23	14.97917	1.16146		
Total	47	798.25000			

Lampiran 4B. Hasil uji lanjut setelah analisis sidik ragam untuk nilai  $\Delta P$  karet yang direndam dalam campuran NaOH/isopropanol pada penelitian pendahuluan.

Duncan Grouping	Rata-rata	Konsentrasi
A	6.406	10%
B	4.125	20%
C	2.594	30%
Duncan Grouping	Rata-rata	Lama perendaman
A	5.958	3 jam
B	4.917	6 jam
C	4.000	12 jam
C	2.625	24 jam
Duncan Grouping	Rata-rata	Suhu
A	7.187	Suhu kamar
B	1.562	Suhu 70 °C

Lampiran 5. Data sifat teknis pada penelitian utama.

Perlakuan	Kadar N	Po	PRI	ASHT	Kadar Abu	Kadar Kot.	Kadar ZM	Lovibond
A1B1	0.310	66.75	84.55	24.75	0.100	0.0150	0.135	6.25
A1B2	0.245	61.75	77.40	21.50	0.110	0.0080	0.225	5.50
A2B1	0.160	60.50	24.70	2.75	1.385	0.0100	0.780	4.75
A2B2	0.115	50.25	16.35	1.25	1.575	0.0070	0.865	4.50
A3B1	0.095	52.75	32.40	3.25	1.230	0.0085	0.950	4.75
A3B2	0.095	47.50	22.20	2.50	1.715	0.0070	1.358	4.75
A4B1	0.090	50.50	42.65	4.00	1.650	0.0075	1.235	5.00
A4B2	0.080	42.50	29.10	1.75	1.995	0.0070	1.080	5.00

Keterangan :

A1 = Kontrol

A2 = NaOH 25% dalam campuran NaOH/isopropanol

A3 = NaOH 30% dalam campuran NaOH/isopropanol

A4 = NaOH 35% dalam campuran NaOH/isopropanol

B1 = 3 jam

B2 = 6 jam

Lampiran 6. Data sifat fisik pada penelitian utama

Perlakuan	Cure Time	Scorch Time	Viscositas Mooney	Hardness	Tensile Strength	EB	Modulus
A1B1	13.125	3.125	90.50	33	18.85	870	0.95
A1B2	16.500	2.125	89.75	33	19.25	840	1.00
A2B1	19.375	1.375	88.75	38	20.65	805	1.00
A2B2	20.250	0.875	88.00	39	24.50	835	1.30
A3B1	19.500	0.875	83.25	38	20.85	825	1.25
A3B2	21.500	1.000	77.00	39	26.35	840	1.30
A4B1	17.125	0.875	77.00	38	23.40	820	1.25
A4B2	19.750	1.000	70.75	39	27.40	850	1.30

Keterangan :

A1 = Kontrol

A2 = NaOH 25% dalam campuran NaOH/isopropanol

A3 = NaOH 30% dalam campuran NaOH/isopropanol

A4 = NaOH 35% dalam campuran NaOH/isopropanol

B1 = 3 jam

B2 = 6 jam

### Lampiran 7. Hasil analisis sidik ragam dan uji lanjut setelah analisis keragaman

(Keterangan : Kelompok Duncan yang mempunyai huruf sama berarti tidak berbeda nyata)

#### A. Daftar analisis keragaman untuk pengaruh konsentrasi NaOH dalam campuran NaOH/isopropanol dan lamanya perendaman terhadap kadar Nitrogen

Sumber keragaman	Df	JK	KT	F Hitung	F <sub>0,05</sub>
Perlakuan :					
• Ulangan/blok	1	0.001225	0.001225	1.66	
• Konsentrasi	3	0.094625	0.031542	42.67*	9.28
• Lama perendaman	1	0.003600	0.001360	4.87	5.59
• Interaksi	3	0.002750	0.000917	1.24	4.35
Kekeliruan	7	0.005175	0.000739		
Jumlah	15	0.107375			

#### A1. Hasil uji lanjut setelah analisis keragaman untuk pengaruh konsentrasi NaOH dalam campuran NaOH/isopropanol terhadap Kadar Nitrogen

Duncan Grouping	Rata-rata	Konsentrasi campuran NaOH/isopropanol
A	0.2775	Kontrol
B	0.1375	25%
BC	0.0950	30%
C	0.0850	35%

#### B. Daftar analisis keragaman untuk pengaruh konsentrasi NaOH dalam campuran NaOH/isopropanol dan lamanya perendaman terhadap Plastisitas awal (Po)

Sumber keragaman	df	JK	KT	F Hitung	F <sub>0,05</sub>
Perlakuan					
• Blok	1	20.255	20.25000	3.40	
• Konsentrasi	3	706.625	235.54167	39.49*	9.28
• Lama perendaman	1	182.250	182.25000	30.56*	5.59
• Interaksi	3	10.875	3.62500	0.61	4.35
Kekeliruan	7	41.750	5.96429		
Jumlah	15	961.750			

#### B1. Hasil uji lanjut setelah analisis keragaman untuk pengaruh konsentrasi NaOH dalam campuran NaOH/isopropanol terhadap Plastisitas Awal (Po)

Duncan Grouping	Rata-rata	Konsentrasi campuran NaOH/isopropanol
A	64.250	Kontrol
B	54.625	25%
C	50.125	30%
C	46.500	35%

#### B2. Hasil uji lanjut setelah analisis keragaman untuk pengaruh lama perendaman terhadap Plastisitas Awal (Po)

Duncan Grouping	Rata-rata	Lama perendaman
A	57.25	3 jam
B	50.50	6 jam

## Lampiran 7. Lanjutan.

## C. Daftar analisis keragaman untuk pengaruh konsentrasi NaOH dalam campuran NaOH/isopropanol dan lamanya perendaman terhadap Plasticity Retention Index (PRI)

Sumber keragaman	df	JK	KT	F Hitung	F <sub>0,05</sub>
Perlakuan					
• Blok	1	363.855625	363.855625	64.65	
• Konsentrasi	3	8924.271875	2974.757292	528.52*	9.28
• Lama perendaman	1	385.140625	385.140625	68.43*	5.59
• Interaksi	3	23.346875	7.782292	1.38	4.35
Kekeliruan	7	39.399375	5.628482		
Jumlah	15	9736.014375			

## C1. Hasil uji lanjut setelah analisis keragaman untuk pengaruh konsentrasi NaOH dalam campuran NaOH/isopropanol terhadap Plasticity Retention Index (PRI)

Duncan Grouping	Rata-rata	Konsentrasi campuran NaOH/isopropanol
A	80.975	Kontrol
B	35.875	35%
C	27.300	30%
D	20.525	25%

## C2. Hasil uji lanjut setelah analisis keragaman untuk pengaruh lama perendaman terhadap Plasticity Retention Index (PRI)

Duncan Grouping	Rata-rata	Lama perendaman
A	46.075	3 jam
B	36.263	6 jam

## D. Daftar analisis keragaman untuk pengaruh konsentrasi NaOH dalam campuran NaOH/isopropanol dan lamanya perendaman terhadap Kemantapan Viskositas Karet (ASHT)

Sumber keragaman	df	JK	KT	F Hitung	F <sub>0,05</sub>
Perlakuan					
• Blok	1	0.140625	0.140625	0.14	
• Konsentrasi	3	1267.921875	422.640625	423.59*	9.28
• Lama perendaman	1	15.015625	15.015625	15.05*	5.59
• Interaksi	3	3.421875	1.140625	1.14	4.35
Kekeliruan	7	6.984375	0.997768		
Jumlah	15	1293.484375			

## Lampiran 7. Lanjutan.

D1. Hasil uji lanjut setelah analisis keragaman untuk pengaruh konsentrasi NaOH dalam campuran NaOH/isopropanol terhadap nilai ASHT

Duncan Grouping	Rata-rata	Konsentrasi campuran NaOH/isopropanol
A	23.125	Kontrol
B	2.875	35%
B	2.875	30%
B	2.00	25%

D2. Hasil uji lanjut setelah analisis keragaman untuk pengaruh lama perendaman terhadap nilai ASHT

Duncan Grouping	Rata-rata	Lama perendaman
A	8.688	3 jam
B	6.750	6 jam

E. Daftar analisis keragaman untuk pengaruh konsentrasi NaOH dalam campuran NaOH/isopropanol dan lamanya perendaman terhadap Kadar Abu

Sumber keragaman	df	JK	KT	F Hitung	F <sub>0,05</sub>
Perlakuan					
• Blok	1	0.009025	0.009025	0.22	
• Konsentrasi	3	6.950350	2.316783	57.68*	9.28
• Lama perendaman	1	0.265225	0.265225	6.60*	5.59
• Interaksi	3	0.125225	0.041742	1.04	4.35
Kekeliruan	7	0.281175	0.040168		
Jumlah	15	7.361000			

E1. Hasil uji lanjut setelah analisis keragaman untuk pengaruh konsentrasi NaOH dalam campuran NaOH/isopropanol terhadap Kadar Abu (%)

Duncan Grouping	Rata-rata	Konsentrasi campuran NaOH/isopropanol
A	1.882	35%
B	1.480	30%
B	1.473	25%
C	0.105	Kontrol

E2. Hasil uji lanjut setelah analisis keragaman untuk pengaruh lama perendaman terhadap Kadar Abu (%)

Duncan Grouping	Rata-rata	Lama perendaman
A	1.349	6 jam
B	1.091	3 jam

## Lampiran 7. Lanjutan.

## F. Daftar analisis keragaman untuk pengaruh konsentrasi NaOH dalam campuran NaOH/isopropanol dan lamanya perendaman terhadap Kadar Air (Zat Menguap)

Sumber keragaman	df	JK	KT	F Hitung	F <sub>0,05</sub>
Perlakuan					
• Blok	1	0.333506	0.333506	7.41	
• Konsentrasi	3	2.743569	0.914523	20.31*	9.28
• Lama perendaman	1	0.000506	0.000506	0.01	5.59
• Interaksi	3	0.393069	0.131023	2.91	4.35
Kekeliruan	7	0.315144	0.045021		
Jumlah	15	3.785794			

## F1. Hasil uji lanjut setelah analisis keragaman untuk pengaruh konsentrasi NaOH dalam campuran NaOH/isopropanol terhadap Kadar Zat Menguap (%)

Duncan Grouping	Rata-rata	Konsentrasi campuran NaOH/isopropanol
A	1.167	30%
A	1.157	35%
A	1.072	25%
B	0.180	Kontrol

## G. Daftar analisis keragaman untuk pengaruh konsentrasi NaOH dalam campuran NaOH/isopropanol dan lamanya perendaman terhadap Kadar Kotoran

Sumber keragaman	df	JK	KT	F Hitung	F <sub>0,05</sub>
Perlakuan					
• Blok	1	0.000462	0.000462	27.25	
• Konsentrasi	3	0.000044	0.000015	0.85	9.28
• Lama perendaman	1	0.000036	0.000036	2.12	5.59
• Interaksi	3	0.000025	0.000008	0.48	4.35
Kekeliruan	7	0.000119	0.000017		
Jumlah	15	0.000685			

## H. Daftar analisis keragaman untuk pengaruh konsentrasi NaOH dalam campuran NaOH/isopropanol dan lamanya perendaman terhadap Warna Lovibond

Sumber keragaman	df	JK	KT	F Hitung	F <sub>0,05</sub>
Perlakuan					
• Blok	1	0.0625	0.0625	0.18	
• Konsentrasi	3	3.8125	1.2708	3.65	9.28
• Lama perendaman	1	0.2500	0.2500	0.72	5.59
• Interaksi	3	0.3750	0.1250	0.36	4.35
Kekeliruan	7	2.4375	0.3482		
Jumlah	15	6.9375			

## Lampiran 7. Lanjutan.

- I. Daftar analisis keragaman untuk pengaruh konsentrasi NaOH dalam campuran NaOH/isopropanol dan lamanya perendaman terhadap Viskositas *Mooney* Karet Mentah

Sumber keragaman	df	JK	KT	F Hitung	F <sub>0,05</sub>
Perlakuan					
• Blok	1	529.00	529.000	16.49	
• Konsentrasi	3	684.50	228.167	7.11*	9.28
• Lama perendaman	1	49.00	49.000	1.53	5.59
• Interaksi	3	30.25	10.083	0.31	4.35
Kekeliruan	7	224.50	32.071		
Jumlah	15	1517.25			

- II. Hasil uji lanjut setelah analisis keragaman untuk pengaruh konsentrasi NaOH dalam campuran NaOH/isopropanol terhadap Viskositas *Mooney* Karet Mentah

Duncan Grouping	Rata-rata	Konsentrasi campuran NaOH/isopropanol
A	90.125	Kontrol
AB	88.375	25%
BC	80.125	30%
C	73.875	35%

- J. Daftar analisis keragaman untuk pengaruh konsentrasi NaOH dalam campuran NaOH/isopropanol dan lamanya perendaman terhadap *Scorch Time*

Sumber keragaman	df	JK	KT	F Hitung	F <sub>0,05</sub>
Perlakuan					
• Blok	1	0.015625	0.015625	0.64	
• Konsentrasi	3	8.015625	2.671875	108.82*	9.28
• Lama perendaman	1	0.390625	0.390625	15.91*	5.59
• Interaksi	3	0.890625	0.296875	12.09*	4.35
Kekeliruan	7	0.171875	0.024554		
Jumlah	15	9.484375			

- J1. Hasil uji lanjut setelah analisis keragaman untuk pengaruh konsentrasi NaOH dalam campuran NaOH/isopropanol terhadap *Scorch Time* (menit)

Duncan Grouping	Rata-rata	Konsentrasi campuran NaOH/isopropanol
A	2.625	Kontrol
B	1.125	25%
B	0.937	30%
B	0.937	35%

## Lampiran 7. Lanjutan.

J2. Hasil uji lanjut setelah analisis keragaman untuk pengaruh lama perendaman terhadap *Scorch Time* (menit)

Duncan Grouping	Rata-rata	Lama perendaman
A	1.5625	3 jam
B	1.2500	6 jam

K. Daftar analisis keragaman untuk pengaruh konsentrasi NaOH dalam campuran NaOH/isopropanol dan lamanya perendaman terhadap *Cure Time*

Sumber keragaman	df	JK	KT	F Hitung	F <sub>0,05</sub>
Perlakuan					
• Blok	1	6.566406	6.566406	14.58	
• Konsentrasi	3	63.542969	21.180990	47.03*	9.28
• Lama perendaman	1	15.503906	15.503906	34.43*	5.59
• Interaksi	3	1.792969	0.597656	1.33	4.35
Kekeliruan	7	3.152344	0.453348		
Jumlah	15	90.558594			

K1. Hasil uji lanjut setelah analisis keragaman untuk pengaruh konsentrasi NaOH dalam campuran NaOH/isopropanol terhadap *Cure Time* (menit)

Duncan Grouping	Rata-rata	Konsentrasi campuran NaOH/isopropanol
A	20.500	30%
A	19.812	25%
B	18.437	35%
C	15.313	Kontrol

K2. Hasil uji lanjut setelah analisis keragaman untuk pengaruh lama perendaman terhadap *Cure Time* (menit)

Duncan Grouping	Rata-rata	Lama perendaman
A	19.500	6 jam
B	17.531	am

L. Daftar analisis keragaman untuk pengaruh konsentrasi NaOH dalam campuran NaOH/isopropanol dan lamanya perendaman terhadap *Tensile Strength*

Sumber keragaman	df	JK	KT	F Hitung	F <sub>0,05</sub>
Perlakuan					
• Blok	1	4.100625	4.100625	2.03	
• Konsentrasi	3	85.721875	28.573958	14.12*	9.28
• Lama perendaman	1	47.265625	47.265625	23.36*	5.59
• Interaksi	3	13.966875	4.655625	2.30	4.35
Kekeliruan	7	14.164375	2.023482		
Jumlah	15	165.219375			



## Lampiran 7. Lanjutan

L1. Hasil uji lanjut setelah analisis keragaman untuk pengaruh konsentrasi NaOH dalam campuran NaOH/isopropanol terhadap *Tensile Strength* (N/mm<sup>2</sup>)

Duncan Grouping	Rata-rata	Konsentrasi campuran NaOH/isopropanol
A	25.400	35%
AB	23.600	30%
B	22.575	25%
C	19.050	Kontrol

L2. Hasil uji lanjut setelah analisis keragaman untuk pengaruh lama perendaman terhadap *Tensile strength* (N/mm<sup>2</sup>)

Duncan Grouping	Rata-rata	Lama perendaman
A	24.375	6 jam
B	20.937	3 jam

M. Daftar analisis keragaman untuk pengaruh konsentrasi NaOH dalam campuran NaOH/isopropanol dan lamanya perendaman terhadap *Elongation at Break* (%)

Sumber keragaman	df	JK	KT	F Hitung	F <sub>0,05</sub>
Perlakuan					
• Blok	1	156.25	156.250	0.23	
• Konsentrasi	3	2518.75	839.583	1.23	9.28
• Lama perendaman	1	506.25	506.250	0.74	5.59
• Interaksi	3	2418.75	806.250	1.18	4.35
Kekeliruan	7	4793.75	684.822		
Jumlah	15	10393.75			

N. Daftar analisis keragaman untuk pengaruh konsentrasi NaOH dalam campuran NaOH/isopropanol dan lamanya perendaman terhadap *Modulus 200%* (N/mm<sup>2</sup>)

Sumber keragaman	df	JK	KT	F Hitung	F <sub>0,05</sub>
Perlakuan					
• Blok	1	0.015625	0.015625	1.84	
• Konsentrasi	3	0.241875	0.080625	9.51*	9.28
• Lama perendaman	1	0.050625	0.050625	5.97*	5.59
• Interaksi	3	0.046875	0.015625	1.84	4.35
Kekeliruan	7	0.059375	0.008482		
Jumlah	15	0.414375			

## Lampiran 7. Lanjutan

N1. Hasil uji lanjut setelah analisis keragaman untuk pengaruh konsentrasi NaOH dalam campuran NaOH/isopropanol terhadap *Modulus* 200% (N/mm<sup>2</sup>)

Duncan Grouping	Rata-rata	Konsentrasi campuran NaOH/isopropanol
A	1.275	30%
A	1.275	35%
A	1.150	25%
B	0.975	Kontrol

N2. Hasil uji lanjut setelah analisis keragaman untuk pengaruh lama perendaman terhadap *Modulus* 200% (N/mm<sup>2</sup>)

Duncan Grouping	Rata-rata	Lama perendaman
A	1.225	3 jam
B	1.125	6 jam

O. Daftar analisis keragaman untuk pengaruh konsentrasi NaOH dalam campuran NaOH/isopropanol dan lamanya perendaman terhadap *Hardness*

Sumber keragaman	df	JK	KT	F Hitung	F <sub>0,05</sub>
Perlakuan					
• Blok	1	1.5625	1.5625	1.22	
• Konsentrasi	3	88.1875	29.3958	23.02*	9.28
• Lama perendaman	1	1.5625	1.5625	1.22	5.59
• Interaksi	3	0.1875	0.0625	0.05	4.35
Kekeliruan	7	8.9375	1.2768		
Jumlah	15	100.4375			

O1. Hasil uji lanjut setelah analisis keragaman untuk pengaruh konsentrasi NaOH dalam campuran NaOH/isopropanol terhadap *Hardness*

Duncan Grouping	Rata-rata	Konsentrasi campuran NaOH/isopropanol
A	38.25	25%
A	38.25	35%
A	38.00	30%
B	32.75	Kontrol

## Lampiran 8. Tatacara pengujian sifat teknis (kimia)

### 1. Kadar Nitrogen (SNI 06 1993-1990)

Ditimbang 0,1 gr contoh uji dengan ketelitian 0,1 mgr (A). Contoh dimasukkan ke labu mikrokjeldahl. Setelah itu ditambahkan  $\pm 0,65$  gram katalis campuran selen dan 2,5 ml  $H_2SO_4$  pekat. Contoh kemudian didestruksi hingga timbul warna hijau atau tidak berwarna. Setelah itu didinginkan dan diencerkan dengan 10 ml air suling. Pindahkan larutan ke dalam alat destilasi dan bilas dua atau tiga kali dengan 3 ml air suling. Tambahkan 5 ml NaOH 67 persen.

Alirkan uap air melewati alat destilasi dan tampung destilat ke dalam erlenmeyer berisi 10 ml asam borat 2 persen dan 2 sampai 3 tetes indikator. Waktu destilasi ditentukan selama 5 menit (*stopwatch*). Destilat dititrasi dengan larutan  $H_2SO_4$  0,01 N dengan menggunakan buret 10 ml. Titik akhir titrasi ditandai dengan warna dari hijau menjadi ungu muda (Vc). Lakukan hal serupa terhadap blanko (Vb). Kadar nitrogen dihitung dengan rumus berikut :

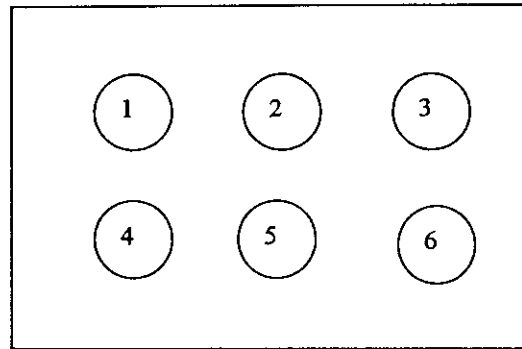
$$\text{Kadar nitrogen} = \frac{(Vc - Vb) \times 0,01 \times 14 \times 100 \%}{A \text{ (mgr)}}$$

### 2. Penetapan Po dan PRI (SNI 06 1993 – 1990)

Sebanyak 15 sampai 25 gram contoh uji digiling dengan tiga kali penggilingan hingga lembaran krep yang dihasilkan mempunyai ketebalan sekitar 1,6 sampai 1,8 mm. Jika ketebalan karet yang diperoleh tidak sesuai dengan tebal yang dikehendaki, maka celah rol diatur kembali dan digunakan contoh baru untuk digiling. Lembaran krep yang dihasilkan tidak boleh berlubang.

Contoh tersebut kemudian dilipat dua dan ditekan secara perlahan dengan telapak tangan kemudian dipotong dengan *Wallace punch* sebanyak enam keping, seperti gambar berikut :





Gambar 37. Kepingan uji penetapan  $P_o$  dan PRI

Potongan uji 1,3 dan 5 untuk pengukuran plastisitas awal ( $P_o$ ) dan potongan uji 2,4 dan 6 untuk pengukuran plastisitas setelah pengusangan ( $P_a$ ). Potongan uji 2, 4 dan 6 tersebut diletakkan di atas baki dan dimasukkan ke dalam oven PRI. Oven dipanaskan pada suhu  $\pm 140$  °C selama 30 menit. Contoh tersebut kemudian didinginkan pada suhu kamar.

Pada pengukuran plastisitas *Wallace*, potongan uji diletakkan di antara dua lembar kertas sigaret yang berukuran 40 x 35 mm di atas piringan plastimeter, kemudian piringan tersebut ditutup. Setelah ketukan pertama, piringan bawah akan bergerak ke atas selama 15 detik dan menekan piringan atas. Setelah ketukan kedua, nilai yang didapat dicatat sebagai nilai pengukuran plastisitas. Angka yang dicatat adalah angka dimana jarum mikrometer berhenti bergerak.

$$PRI = \frac{P_a}{P_o} \times 100 \%$$

Keterangan :

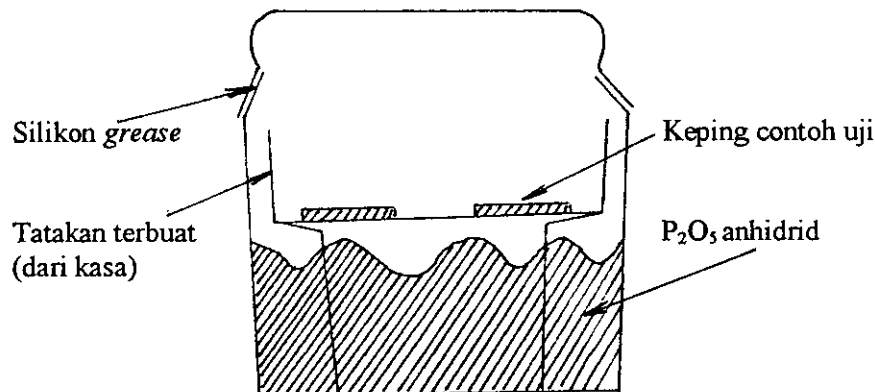
$P_o$  = Nilai tengah dari ketiga pengukuran plastisitas awal

$P_a$  = Nilai tengah dari plastisitas setelah pengusangan

### 3. ASHT/*Accelerated Storage Hardening Test* (SNI 06 1993 – 1990)

Contoh uji digiling hingga diperoleh lembaran karet setebal 3,2 sampai 3,6 mm. Lembaran karet tersebut dikerat dengan *Wallace punch* sebanyak enam keping. Tiga keping diambil untuk penentuan plastisitas awal ( $P_o$ ) dan tiga keping lainnya diusangkan dalam botol timbang pengusangan yang berisi 6 sampai 8 gr  $P_2O_5$  pada suhu 60 °C selama

24 jam dalam oven pengering. Setelah itu, botol timbang pengusangan dikeluarkan dari oven dan didinginkan pada suhu kamar.



Gambar 38. Botol timbang pengusangan berikut contoh uji

Contoh karet yang telah diusangkan kemudian ditentukan plastisitasnya dan dinyatakan sebagai  $P_h$  (h dari *hardened*). ASHT dinyatakan dengan  $\Delta P$ , dimana  $\Delta P = P_h - P_o$ . Viskositas karet dinyatakan mantap bila  $\Delta P \leq 8$ .

#### 4. Kadar Abu (SNI 06 1993 – 1990)

Sebanyak 5 gr contoh uji digunting menjadi potongan kecil dan dimasukkan ke dalam cawan. Sebelumnya cawan tersebut telah dipijarkan dan telah diketahui bobotnya. Cawan berisi potongan uji dipijarkan di atas pembakar listrik sampai tidak keluar asap. Pemijaran dilanjutkan di dalam muffle furnace pada suhu  $550\text{ }^\circ\text{C} \pm 20\text{ }^\circ\text{C}$  selama  $\pm 2$  jam, yaitu sampai tidak mengandung jelaga. Cawan didinginkan dalam desikator dan ditimbang.

$$\text{Kadar Abu} = \frac{(\text{Bobot cawan berikut abu} - \text{Bobot cawan})}{\text{Bobot potongan uji}} \times 100\%$$

#### 5. Kadar Zat Menguap (SNI 06 1993-1990)

Sebanyak 10 gr contoh digunting menjadi potongan kecil berukuran panjang 25 mm, lebar 2,5 mm dan tebal 1,5 mm. Potongan tersebut dimasukkan ke dalam cawan. Cawan

sebelumnya telah dipanaskan dalam oven bersuhu 100 °C selama 1 jam, didinginkan dalam desikator dan ditimbang hingga beratnya konstan.

Cawan berisi potongan uji dikeringkan dalam oven bersuhu 100 °C ± 3 °C selama 3 jam. Cawan kemudian didinginkan dalam desikator dan ditimbang kembali.

$$\text{Kadar Zat Menguap} = \frac{A-B}{C} \times 100\%$$

Dimana :

A = Bobot cawan berikut contoh sebelum dikeringkan

B = Bobot cawan berikut contoh setelah dikeringkan

C = Bobot contoh

#### 6. Kadar Kotoran (SNI 06 1993 – 1990)

Sebanyak 20 sampai 25 gr contoh digiling celah rol gilingan 0,33 mm. Diambil 10 gr krep hasil gilingan, kemudian dipotong-potong. Potongan uji dimasukkan ke dalam erlenmeyer 500 ml yang berisi 250 ml mineral terpenit dan 1 ml Cureo TS. Erlenmeyer yang berisi contoh uji dipanaskan dalam ruang infra merah selama 1 sampai 2,5 jam pada suhu 140 °C.

Contoh yang telah larut sempurna disaring secara dekantasi dengan saringan 325 mesh yang telah diketahui bobotnya. Erlenmeyer dibilas dengan terpenit hingga semua kotoran berpindah ke dalam saringan. Penyaring yang berisi kotoran dikeringkan dalam oven bersuhu 100 °C selama 1 jam. Setelah itu didinginkan dalam desikator selama 30 menit kemudian ditimbang.

$$\text{Kadar Kotoran} = \frac{(A-B)}{C} \times 100\%$$

Dimana :

A = Bobot penyaring dan kotoran

B = Bobot penyaring

C = Bobot contoh uji

#### 7. Warna Lovibond (SNI 06 1993 – 1990)

Sebanyak 10 sampai 15 gr contoh karet digiling hingga diperoleh krep setebal 1,6 sampai 1,8 mm. Contoh kemudian dilipat dua dengan memakai telapak tangan dan

dipotong dengan menggunakan *Wallace punch*. Sebanyak dua potong contoh dipipihkan perlahan dengan jari dan diletakkan pada lubang cetakan lalu dilapisi dengan lembaran tipis poliester atau selulosa. Selanjutnya contoh ditutup dan diberi alas serta penutup cetakan. Cetakan kemudian dikempa dengan tekanan  $\pm 500$  psi selama 5 menit hingga potongan uji memiliki ketebalan 1,5 sampai 1,8 mm. Setelah itu contoh didinginkan pada suhu kamar dan ditentukan indeks warnanya dengan cara membandingkan contoh dengan warna standar Lovibond.

#### 8. Kadar Karet Kering (Handoko dan Kosasih, 1989)

Sebanyak 10 gram lateks dituangkan ke dalam cawan aluminium. Ke dalam cawan ditambahkan 5 ml air suling dan diaduk merata. Lateks kemudian diberi asam format 5 persen dan dibiarkan hingga terbentuk gumpalan yang sempurna yang ditandai dengan terbentuknya serum yang jernih. Untuk mempercepat penggumpalan maka cawan diletakkan di atas penangas air. Gumpalan digiling hingga membentuk krep setebal 0,6 sampai 1,0 mm. Krep dikeringkan dalam oven bersuhu  $100\text{ }^{\circ}\text{C}$  selama 15 sampai 30 menit. Krep yang sudah kering didinginkan dalam desikator dan ditimbang. Penetapan dilakukan duplo.

$$\text{Kadar Karet Kering} = \frac{\text{Bobot krep kering}}{\text{Bobot lateks}} \times 100 \%$$

#### 9. Viskositas Mooney Karet Mentah

Contoh yang akan diuji ditimbang seberat  $\pm 25$  gram, lalu diletakkan di atas rotor dan di bawah rotor kemudian ruangnya ditutup. Sebelumnya alat dipanaskan hingga suhu  $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Sesudah pemanasan selama 1 menit, rotor dijalankan. Tenaga untuk memutar rotor dibaca pada skala dan pembacaan ini dilakukan setelah 4 menit, sehingga persamaannya menjadi :

$$\text{ML} (1' + 4') 100\text{ }^{\circ}\text{C}$$

dimana :

M = Angka viskositas Mooney karet mentah

L = Ukuran rotor yang digunakan

1 = Waktu pemanasan pendahuluan yang dinyatakan dalam menit (1')

4 = Waktu pengujian yang dinyatakan dalam menit (4')

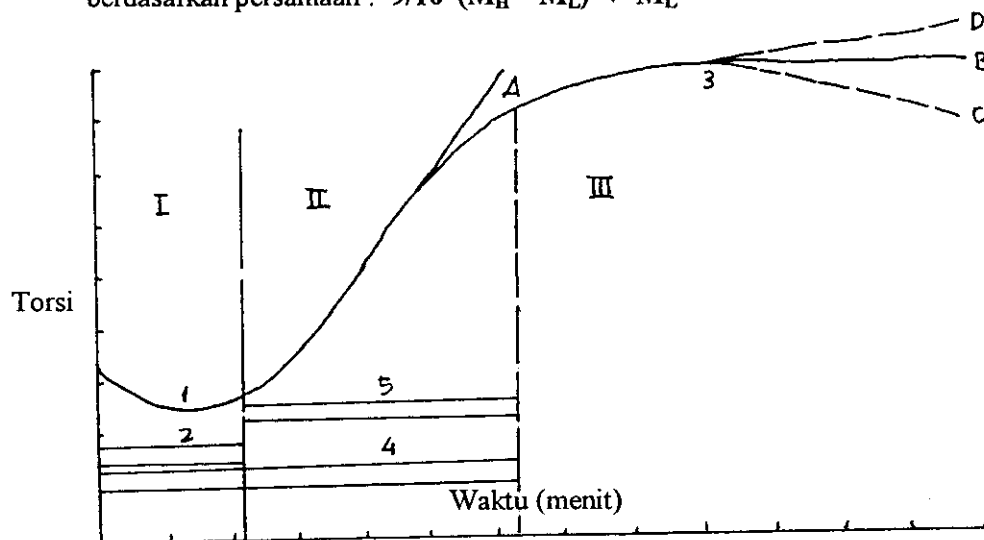
Lampiran 9. Tatacara pengujian sifat fisik

1. Karakteristik Vulkanisat (ASTM D 2084 - 1997)

Siapkan kompon sebanyak 9 cm<sup>3</sup> dengan bentuk bulat dan berdiameter 30 mm dan tebal 12,5 cm atau diameter 30 ± 2 mm dan tebal 11,5 ± 1,5 cm. Pasang kertas grafik pada rekorder, sebelumnya isi program yang diinginkan. Tempatkan contoh di atas rotor kemudian cover ditutup, rotor dijalankan. Tunggu sampai grafik selesai. Hitung sesuai dengan rumus sebagai berikut :

T<sub>2</sub> = Waktu (menit) yang menunjukkan peningkatan kurva sebesar dua unit torsi di atas M<sub>L</sub>.

T<sub>90</sub> = Waktu (menit) yang menunjukkan 90 persen tingkat kematangan, dihitung berdasarkan persamaan :  $9/10 (M_H - M_L) + M_L$



dimana :

1. Torsi minimal (M<sub>L</sub>)
2. Waktu Scorch (T)

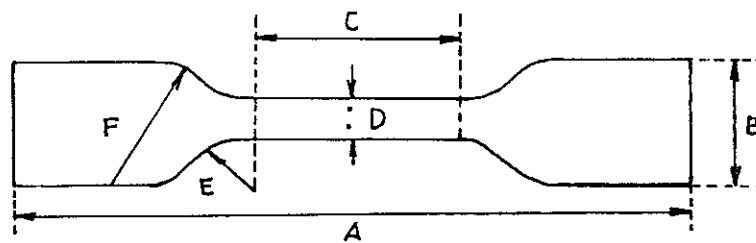


3. Torsi maksimal ( $M_H$ )
4. Waktu matang optimal ( $T_{90}$ )
5. Laju vulkanisasi ( $T_{90} - T_2$ )

## 2. Uji Tarik/*Tension Test* (ASTM D 412 – 1997)

### a. Contoh Uji

Contoh uji berbentuk dayung atau *dumbbell* seperti Gambar 39, ukurannya dapat dilihat pada Tabel 4.



Gambar 39. Pisau potong *dumbbell*

Tabel 4. Ukuran contoh uji

Ukuran	ISO-37 Tipe 2 (mm)	ASTM D 412 Tipe D (mm)	ASTM D 412 Tipe C (mm)
Panjang minimal :			
A	75	100	115
B	$12,5 \pm 1,0$	$16 \pm 1$	$25 \pm 1$
C	$25 \pm 1,0$	$33 \pm 2$	$33 \pm 2$
D	$4,0 \pm 0,1$	$3 + 0,05$ $- 0,00$	$6 + 0,05$ $- 0,00$
Radius E	$8,0 \pm 0,5$	$14 \pm 1$	$14 \pm 1$
Radius F	$125 \pm 1,0$	$16 \pm 2$	$25 \pm 2$
Tebal	$2 \pm 0,2$	$2 \pm 0,2$	$2 \pm 0,2$

Contoh uji harus mempunyai tebal yang seragam (perbedaan tebal maksimal dan tebal minimal 0,08 mm), tidak boleh cacat atau terdapat gelembung yang akan mempengaruhi hasil pengujian.

### b. Persiapan contoh uji

Contoh uji dapat dipersiapkan dari kompon yang dicetak berbentuk lembaran dengan tebal  $2 \pm 0,2$  mm, atau dapat juga disayat dengan menggunakan pisau atau *slicer*, untuk memperoleh tebal yang diharuskan. Untuk contoh uji yang diambil dengan menyayat, permukaan contoh uji harus diratakan menggunakan girinda. Untuk menghindari panas yang timbul, disarankan agar menggunakan bedak (*talc*) pada permukaan karet yang digirinda. Apabila pada barang jadi karet terdapat lapisan kain, maka lapisan ini harus dibuang. Contoh uji yang sudah dipersiapkan, dipotong dengan menggunakan pisau potong *dumbbell*.

### c. Pengukuran tebal contoh uji

Pengukuran tebal dilakukan dengan menggunakan alat pengukur tebal yang mempunyai ketelitian 0,01 mm dan bagian kaki yang berhubungan dengan permukaan contoh uji, garis tengahnya harus lebih besar dari lebar contoh uji. Bagi contoh uji yang mempunyai kekerasan lebih besar dari 35 IRHD, beban tekan untuk mengukur adalah  $22 \pm 3$  kPa, sedangkan untuk contoh uji yang kekerasannya di bawah 35, beban tekannya  $10 \pm 2$  kPa. Pengukuran dilakukan pada bagian sempit yang sejajar, di tiga tempat yang berbeda. Hasil pengukuran ini, perbedaannya tidak boleh lebih dari 15%.

Setelah diukur, tebal yang diambil adalah nilai tengah dari hasil tiga pengukuran. Contoh uji diberi dua tanda yang jaraknya 25 mm (ASTM) atau 20 mm (ISO). Bahan yang digunakan untuk pemberian tanda tidak boleh menimbulkan kerusakan pada karet. Tanda ini digunakan untuk mengukur pertambahan panjang.

Perhitungan luas penampang dari contoh uji adalah :

$$A = T \times W$$

dimana :

A = Luas penampang

T = Tebal

W = Lebar (diambil pada bagian yang sempit dari pisau potong)





## b. Alat uji

Alat uji adalah *Shore A Durometer* yang keterangannya dapat dilihat pada Gambar

40. Alat uji terdiri atas :

- Kaki penekan dengan lubang yang bergaris tengah antara 2,5 sampai 3,5 mm yang terletak di tengah dengan jarak minimal 6 mm dari setiap kaki penekan.
- Jarum penekan (*indenter*), dari batang baja keras dan bergaris tengah antara 1,10 sampai 1,40 mm dengan bentuk dan ukuran seperti Gambar 33.
- Jarum penunjuk untuk membaca nilai kekerasan (membaca besamya bagian jarum yang menonjol dari kaki penekan). Pada waktu jarum menonjol maksimal (jarak tonjolan  $2,5 \pm 0,04$  mm), maka jarum menunjukkan angka nol, sedangkan pada posisi jarum sejajar dengan kaki penekan, jarum menunjukkan angka 100 (dapat dilakukan dengan menggunakan sepotong kaca yang permukannya benar-bnar rata.
- Beban penekan seberat 9,81 Newton
- Tuas penekan untuk mengangkat contoh uji sehingga tertekan oleh alat yang mempunyai beban 9,81 Newton.

## c. Cara uji

Tempatkan contoh uji pada tempat contoh uji sedemikian sehingga jarum penekan berada pada posisi minimal 12 mm dari sisi contoh uji. Tuas dinaikan sampai contoh uji menekan jarum penekan sehingga mengalami beban tekanan 9,81 Newton. Baca segera skala jarum penunjuk. Pengukuran dilakukan minimal pada lima titik yang berbeda dan jarak antara titik pengukuran minimal 6 mm. Nilai kekerasan diambil sebagai nilai tengah dari lima pengukuran.

## b. Alat uji

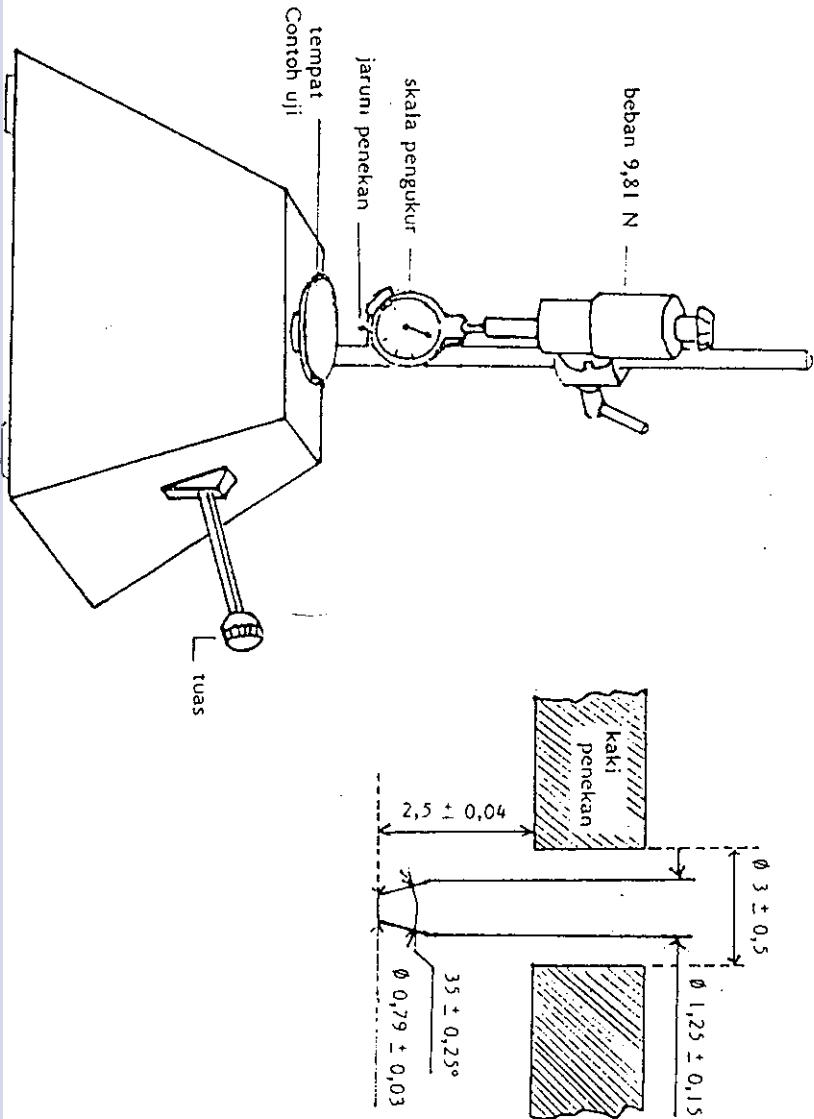
Alat uji adalah *Shore A Durometer* yang keterangannya dapat dilihat pada Gambar

40. Alat uji terdiri atas :

- Kaki penekan dengan lubang yang bergaris tengah antara 2,5 sampai 3,5 mm yang terletak di tengah dengan jarak minimal 6 mm dari setiap kaki penekan.
- Jarum penekan (*indenter*), dari batang baja keras dan bergaris tengah antara 1,10 sampai 1,40 mm dengan bentuk dan ukuran seperti Gambar 33.
- Jarum penunjuk untuk membaca nilai kekerasan (membaca besarnya bagian jarum yang menonjol dari kaki penekan). Pada waktu jarum menonjol maksimal (jarak tonjolan  $2,5 \pm 0,04$  mm), maka jarum menunjukkan angka nol, sedangkan pada posisi jarum sejajar dengan kaki penekan, jarum menunjukkan angka 100 (dapat dilakukan dengan menggunakan sepotong kaca yang permukannya benar-benar rata).
- Beban penekan seberat 9,81 Newton
- Tuas penekan untuk mengangkat contoh uji sehingga tertekan oleh alat yang mempunyai beban 9,81 Newton.

## c. Cara uji

Tempatkan contoh uji pada tempat contoh uji sedemikian sehingga jarum penekan berada pada posisi minimal 12 mm dari sisi contoh uji. Tuas dinaikan sampai contoh uji menekan jarum penekan sehingga mengalami beban tekanan 9,81 Newton. Baca segera skala jarum penunjuk. Pengukuran dilakukan minimal pada lima titik yang berbeda dan jarak antara titik pengukuran minimal 6 mm. Nilai kekerasan diambil sebagai nilai tengah dari lima pengukuran.



Gambar 4.2 Alat uji Shore A Durometer

Gambar 4.2 Alat uji Shore A Durometer