

UJI PRODUKSI KARET TENSIMETER BEBAS NITROSAMIN DAN PROTEIN ALERGEN DALAM SKALA PABRIK

Marga Utama¹, Herwinarni¹, Made Sumarti¹, Siswanto², Suharyanto², Yoharmus S³., Bambang Handoko³, Heru Sundaru⁴, Teguh Haryono⁴, dan H. M. Muklis⁵

¹Puslitbang Teknologi Isotop dan Radiasi (P3TIR) - BATAN

Jl. Cinere, Pasar Jum'at, Jakarta 12070

²Unit Penelitian Bioteknologi Perkebunan

Jl. Taman Kencana No. 1 Bogor 16151

³Balai Penelitian Teknologi Karet

Jl. Salak No. 1 Bogor

⁴Fakultas Kedokteran - UI/RSCM

Jl. Salemba Raya No. 4 Jakarta

⁵PT. Sugih Instrumendo Abadi

Jl. Raya Padalarang

ABSTRAK

UJI PRODUKSI KARET TENSIMETER BEBAS NITROSAMIN DAN PROTEIN ALERGEN DALAM SKALA PABRIK. Karet untuk tensimeter (*Sphygmomanometer*) berupa : *bladder*, balon, dan selang dari lateks alam iradiasi, telah diproduksi dalam skala pabrik di PT. Sugih Instrumendo Abadi, Padalarang dengan cara : Kompon lateks alam iradiasi dibuat dengan cara, lateks pekat divulkanisasi radiasi dengan sinar γ ⁶⁰Co pada dosis 25 kGy, dan kadar normal butil akrilat 3 psk (per seratus bagian berat karet), kemudian dibubuhi anti oksidan, dan dibuat karet tensimeter (*bladder*, balon, dan selang) dengan teknik pencelupan penggumpalan. Tiga faktor penting yaitu : suhu pemanasan (90 dan 100°C), waktu pemanasan (4 jam, 8 jam, 12 jam, 16 jam, 20 jam, dan 24 jam), dan teknik pencucian (air, larutan amoniak, larutan KOH) dan sifat fisik mekanik film karet (modulus, tegangan putus, perpanjangan putus dan kekerasan) telah dievaluasi. Hasilnya menunjukkan bahwa pemanasan 90 °C, dengan waktu 8 jam kemudian dicuci dengan larutan amonia atau larutan 0,5% amonia atau KOH selama 30 menit dan direndam 24 jam, merupakan kondisi optimum proses. Pada kondisi optimum tersebut, diperoleh film karet yang memiliki tegangan putus sebesar 24 MPa, modulus 600% sebesar 2,0 MPa, perpanjangan putus sebesar 1000% dan kekerasan sebesar 30 Shore A, dengan kadar protein terekstrak 72-110 µg/g dan kadar nitrosamina adalah nol. Nilai absorbansi ELISA dengan serum manusia peka protein alergen adalah 0% (negatif), bahkan respon serum karet tersebut terhadap kulit melalui uji SPT (*spine prick test* = uji tusuk pada kulit) adalah 0 (negatif), yang berarti karet untuk tensimeter tersebut bebas nitrosamina dan protein alergen.

Kata kunci : *Sphygmomanometer*, nitrosamin, protein alergen, lateks karet alam iradiasi

ABSTRACT

TRIAL PRODUCTION OF RUBBER FOR SPYGMOMANOMETER FREE FROM NITROSAMIN AND PROTEIN ALLERGEN IN FACTORY SCALE. The rubber for sphygmomanometer in this study is : bulb, bladder, and tube which made from irradiated natural rubber latex in factory scale production at PT. Sugih Instrumendo Abadi Padalarang. The irradiated natural latex is prepared by γ rays ⁶⁰Co radiation vulcanization on natural rubber latex at the doses of 25 kGy, and 3 phr (part hundred ratio of rubber) was added by antioxidant then it was made rubber for sphygmomanometer (bladder, bulb, and tube) by coagulant dipping method. Three important factors : heating temperature (90°C and 100°C), heating time (4,8,12,16,20,24 hours), and leaching technique (water, solution of ammonia and KOH) has, and the physical and mechanical properties of rubber film (modulus, tensile strength, elongation at break, hardness) has been evaluated. The results show that heating temperature at 90°C, and heating time on 8 hour then leached in 0,5% solution of ammonia or KOH are the optimum condition processing. By using this optimum condition the tensile strength of film is 24 MPa, modulus 600% 2,0 MPa, elongation at break 1000%. Hardness is 30 Shore A, with the extractable protein content is around 72-110 µg/g, and nitrosamine content is not detected (zero). The value of ELISA test method for absorbance of a sensitive human serum against protein allergen is zero (negative), and the response of rubber serum against skin through SPT method is zero (negative), which means that rubber for sphygmomanometer is free from nitrosamine and protein allergen.

Key word : Sphygmomanometer, nitrosamine, protein allergen, irradiated natural rubber latex

PENDAHULUAN

Tensimeter (*Sphygmomanometer*) adalah instrumen yang dapat digunakan untuk mengukur tekanan darah arteri secara tidak langsung (*non invasive*) dengan bantuan *stetoscope*. Instrumen ini dilengkapi dengan manometer, wadah kemasan yaitu bagian luar dari instrumen tensimeter untuk penempatan bagian-bagian lain dari kelengkapan alat. Wadah kemasan ini berisi antara lain : bola karet, selang karet, dan *bladder* yang dibungkus dengan kain [1].

Bola dan selang karet yang sering dipegang oleh tangan manusia dapat menimbulkan gejala kanker pada tubuh manusia karena adanya nitrosamina di dalamnya, atau dapat menyebabkan alergi kulit tangan manusia karena adanya protein alergen yang terkandung dalam bola dan selang karet tersebut [2-5].

Kasus yang pernah terjadi di Amerika pada sekitaran tahun 1980-1985, yaitu seorang perawat karena sering menggunakan tensimeter ternyata mengindap penyakit kanker ganas pada bagian tubuhnya. Setelah diteliti ternyata penyebabnya adalah nitrosamin dari bola tensimeter yang sering digunakan oleh perawat tersebut. Akhirnya perawat tersebut mengklaim puluhan juta dolar Amerika kepada produsen tensimeter [6].

Kasus lain yang pernah diberitakan pada beberapa publikasi, tidak saja nitrosamin tetapi juga protein alergen yang dapat menyebabkan alergi pada tubuh manusia. Misalnya beberapa pekerja di rumah sakit di Jakarta, yang menggunakan sarung tangan dari karet alam atau pekerja pabrik yang berhubungan langsung dengan karet alam menunjukkan bahwa sekitar 3% dari jumlah pekerja tersebut alergi terhadap karet alam [7], bahkan apabila orang yang alergi karet alam tersebut dioperasi oleh para medis yang memakai barang jadi karet

dari karet alam (sarung tangan, kondom dan kateter) maka akan dapat menyebabkan kematian [8-10].

Dengan adanya kejadian-kejadian tersebut, maka sejak tahun 1987, Eropa telah membatasi kandungan nitrosamin dalam barang jadi karet misalnya dalam dot bayi, maksimum 1-10 ppb, dan WHO (Badan Kesehatan Dunia) sejak tahun 1999 telah membuat draf pembatasan kandungan protein terekstrak (protein yang menyebabkan alergi) dalam barang jadi karet, misalnya sarung tangan maksimum 150 µg/g [11-15].

Menanggapi hal tersebut di atas, maka dalam makalah ini akan dilaporkan hasil penelitian tentang produksi karet untuk tensimeter dari lateks alam iradiasi (lateks alam yang divulkanisasi radiasi sinar γ ^{60}Co yang bebas nitrosain dan protein alergen dalam skala pabrik).

Hipotesis yang akan dibuktikan adalah bahwa dengan adanya iradiasi pada lateks karet alam, maka protein yang menyebabkan alergi akan terdegradasi sehingga tidak alergi lagi. Di samping itu, karena proses vulkanisasi radiasi tidak menggunakan bahan kimia yang berpotensi menimbulkan nitrosamin, misalnya senyawa karbamat, maka barang jadi karet dari lateks alam yang diiradiasi diharapkan akan bebas nitrosamin.

Tujuan penyajian makalah ini ialah di samping sebagai bahan informasi bagi para produsen barang jadi karet yang mungkin akan memanfaatkan hasil teknologi ini, juga sebagai tambahan wawasan bagi ilmuwan yang bergerak di bidang perkaretan.

METODE PERCOBAAN

Bahan

Lateks alam iradiasi dan lateks pekat produksi perkebunan Jalupang yang dipanen pada bulan Mei 2001,

Tabel 1. Spesifikasi lateks alam iradiasi dan lateks pekat yang diproduksi Mei 2001 dan Desember 2002 [16]

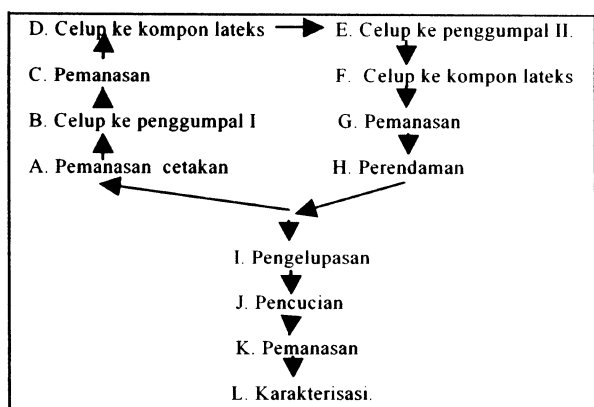
| Parameter uji | Lateks alam iradiasi | | Lateks pekat | | SNI |
|--|----------------------|----------|---------------------|---------------------|--------|
| | Mei 2001 | Des.2002 | Mei 2001 | Des.2002 | |
| Lateks | | | | | |
| • Kadar karet kering (KKK),% | 60,0 | 60,59 | 60,0 | 60,0 | 60,0* |
| • Kadar jumlah padatan (KJP),% | 61,5 | 61,82 | 61,5 | 60,5 | 60,5* |
| • KJP-KKK | 1,5 | 1,23 | 1,5 | 1,5 | 2** |
| • Kadar amonia,% berat karet. | 1,9 | 0,83 | 0,6 | 0,7 | 0,6* |
| • Bilangan VFA (Volatile Fatty Acid = asam lemak eteris) | 0,04 | 0,0223 | 0,04 | 0,02 | 0,20** |
| • Bilangan MST (Mechanical Stability time = waktu kestabil an mekanik) | 1800 | 1000 | 900 | 700 | 650* |
| • pH | | | | | |
| • Kadar Mg ⁺⁺ ,% | 10,51 | 10,04 | 10,10 | 10,12 | - |
| • BilanganN KOH,%. | 0,0018 | 0,0147 | 0,05 | 0,05 | 0,08** |
| • Kekentalan,cP. | 0,835 | 0,60 | 0,61 | 0,66 | 0,80** |
| | 139 | 355 | 90 | 95 | - |
| Film karet | | | | | |
| • Modulus 600%, MPa. | 2,1 | 1,7 | 3-5 ^{vb} | 3-5 ^{vb} | - |
| • Tegangan putus, MPa. | 24-26 | 22-26 | 26-30 ^{vb} | 26-30 ^{vb} | - |
| • Perpanjangan putus,%. | 900 | 960 | 800 ^{vb} | 800 ^{vb} | - |
| • Kadar protein total,%. | 0,080 | 0,091 | 0,29 | 0,30 | - |
| • Kadar protein terekstrak, µg/g | <100 | <100 | 1000- | 1000- | - |
| • Kadar lemak,%. | 3,67 | 3,78 | 2000 | 2000 | - |
| • Kadar karbohidrat,%. | 0,027 | 0,033 | 6,31 | 7,01 | - |
| | | | 0,041 | 0,039 | - |

*nilai minimum, ** nilai maksimum, - tidak dipersyaratkan, vb=vulkanisasi belerang

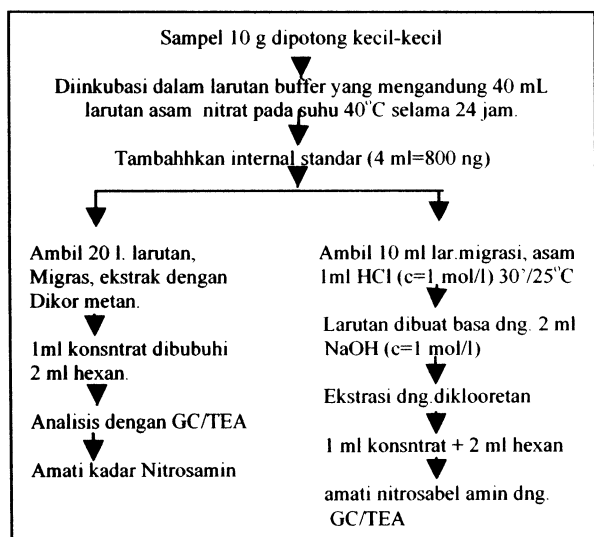
dan Desember 2002, dengan spesifikasi teknis seperti pada Tabel 1. Bahan untuk menentukan kadar protein terekstrak, misalnya BCA Assay Reagent, dan bahan untuk menentukan nilai absorbansi serum darah manusia peka protein alergi misalnya natrium karbonat, natrium hidrogen karbonat dan natrium klorida.

Alat

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain : iradiator lateks alam sinar $\gamma^{60}\text{Co}$ sebagai sumber radiasi yang berfungsi untuk proses vulkanisasi radiasi lateks skala pilot, mesin pembuat *bladder*, bola, dan selang karet dalam skala pabrik, peralatan untuk menentukan kadar protein terekstrak, dan peralatan untuk menentukan sifat alergi terhadap kulit maupun darah yang menggunakan metode SPT dan Elisa.



Gambar 1. Diagram alir produksi *bladder*, bola atau selang untuk tensimeter



Gambar 2. Penentuan nitrosamin dalam barang jadi karet alam (*bladder*, bola atau selang)

Cara Kerja

Ada dua tahap penelitian yang telah dilakukan yaitu : 1) Optimasi kondisi produksi karet untuk tensimeter berupa *bladder*, bola dan selang.

2) Karakterisasi barang jadi karet yang dihasilkan yang meliputi: uji sifat fisik dan mekanik film karet, uji kadar protein terekstrak, nitrosamin, uji respon terhadap darah peka protein alergi dengan metode ELISA, dan uji tusuk kulit dengan metode SPT.

Optimasi Kondisi Produksi Karet untuk Tensimeter

Secara garis besar diagram alir optimasi kondisi produksi *bladder*, bola, dan selang karet untuk tensimeter tertera di Gambar 1, dengan uraian sebagai berikut: Cetak *bladder*, bola, atau selang dari logam campuran, setelah dicuci dikeringkan (A), dicelupkan ke bahan penggumpal I (B), dikeringkan (C), dicelupkan ke kompon lateks (D), dicelupkan lagi ke penggumpal II (E), dan kompon lateks (F) sampai ketebalan tertentu. Setelah tebal film karet sesuai dengan yang diinginkan, lalu dikeringkan (G). Setelah kering, direndam dalam air (H), dikupas (I) dan dicuci dengan air dingin, atau larutan KOH 0,5%, atau larutan amonia 0,5 (J), lalu dikeringkan dengan variasi suhu (90°C dan 100°C) dan waktu pengeringan (4jam, 8jam dan 12 jam). Selesai pengeringan barang karet ini dikondisikan dan dikarakterisasi kualitasnya (L).

Karakterisasi Barang Karet

Barang karet (*bladder*, bola, dan selang) yang telah jadi ini dikarakterisasi sifatnya setelah dikondisikan antara lain : sifat fisik mekanik, kadar protein terekstrak, kadar nitrosamin, uji ELISA, dan uji SPT dengan rincian sebagai berikut:

a. Uji sifat fisik dan mekanik

Film karet. sifat fisik dari *bladder* yang meliputi tegangan putus, modulus, perpanjangann putus, perpanjangan tetap, dan kekerasan prosedurnya disesuaikan dengan ASTM D412-97 [17].

b. Uji kadar protein terekstrak

Prosedur penentuan kadar protein terekstrak film karet dari bola hasil kondisi optimum proses produksi disesuaikan dengan ASTM [18].

c. Uji kadar nitrosamin atau nitrosabelamina

Gambar 2 menyajikan skema uji nitrosamin menggunakan GC dengan detektor TEA pada kondisi operasi seperti terlihat pada Tabel 2

Uji Elisa

Agar mendapatkan hasil yang baik, langkah awal adalah proses penyautan (*ciating*) sumur *mikropalt* dengan Ag yang telah diencerkan dengan larutan buffer karbonat ber pH 9,6 sebanyak 50 mL tiap sumur yang akan dipakai, diinkubasi semalam pada suhu 40°C, lalu dicuci dengan PBS-Tween 0,05% sebanyak tiga kali, dan selanjutnya sumur *mikroplat* tersebut dibiarkan di atas kertas tisu. Ke dalam sumur tersebut ditambahkan antibodi manusia peka alergi yang telah diencerkan dengan buffer TEN-TC sebanyak 50 mL tiap sumur.

Tabel 2. Kondisi operasi GC dengan detector TEA untuk mendeteksi nitrosamin dan nitrosabelamin

| Kondisi | Deteksi nitrosamin | Deteksi nitrosabelamin |
|-----------------------------|---|---|
| Suhu injektor, °C. | 200 | 200 |
| Suhu oven, °C. | Awal 110, akhir 195, kec.8/mnt. | 175 |
| Kolom gelas | Karbowax 20 M, panjang 180 cm i.d.2,2 mm, o.d.3,75 mm. | Karbowax 20 M, panjang 250 cm i.d.2 mm, o.d.6,75 mm. |
| Gas pembawa | Helium | Helium |
| Kecepatan alir gas, mL/mnt. | 25 | 25 |
| Volume sampel, µL | 4 | 3-5 |

Diinkubasi selama 1 jam pada suhu kamar, dan setelah dicuci dengan PBS Tween 0,05% sebanyak 3 kali, kemudian ditambah dengan *conjugate* HRP antirabit yang telah diencerkan buffer TEN-TC (1:5.000) sebanyak 100 mL tiap sumur. Diinkubasi pada suhu kamar selama 1 jam, lalu dicuci kembali dengan PBS tween 0,05% sebanyak 3 kali. Selanjutnya ditambah larutan substrat 2,2-azino-bis (3-ethylbenzotiazoline-6-sulfuric acid disingkat ABTS) 10 mL H₂O₂ 30% sebanyak 100 mL tiap sumur kemudian diinkubasi pada suhu kamar selama 1 jam. Absorbansi dibaca dengan ELISA Reader Bechman pada panjang gelombang = 405 nm dan 492 nm *filler* ganda.

Uji SPT

Pada awalnya disiapkan antigen barang jadi karet, yang akan diuji, kemudian antigen ini diuji responnya pada kulit manusia yang alergi terhadap karet alam dengan cara mengoleskan di permukaan kulit yang telah diberi tanda berupa lingkaran. Respon yang dihasilkan dievaluasi dengan skala 0 sampai dengan 4 (0 berarti tidak ada respon, sedang 4 berarti responnya sangat kuat yang ditandai dengan kulit bentol-bentol), dan dibandingkan dengan kontrol (antigen yang nilainya 0 atau yang 4) [7].

HASIL DAN PEMBAHASAN

Tiga hal penting yang harus diperhatikan dalam rangka memproduksi karet untuk tensimeter (*bladder*, bola, dan selang), yaitu : spesifikasi dan komposisi kompon lateks, optimasi kondisi proses pencelupan, dan optimasi proses pencucian.

Spesifikasi dan Formulasi Kompon Lateks

Sebenarnya ada 3 jenis lateks yang dapat digunakan untuk produksi *bladder*, balon, dan selang untuk tensimeter, yaitu : lateks alam pekat atau lateks pekat, lateks kloroprena (neoprena), dan lateks alam iradiasi, yang dengan sendirinya ketiga jenis lateks tersebut memiliki spesifikasi berbeda-beda. Dalam penelitian ini, hanya digunakan lateks alam iradiasi saja, karena di samping teknik produksi karet untuk tensimeter

dari lateks alam dan lateks sintesis dengan vulkanisasi belerang sudah dikuasai oleh pabrik, juga diharapkan lateks alam iradiasi dapat memecahkan masalah yang dihadapi barang jadi karet alam, yaitu masalah nitrosamin dan protein alergen.

Spesifikasi

Spesifikasi lateks alam iradiasi dan lateks pekat tertera di Tabel 1. Dari tabel ini mecirikan, bahwa lateks alam iradiasi memiliki dua sifat yaitu sifat lateksnya seperti lateks pekat yang memenuhi standar SNI, sedang sifat film karetnya seperti sifat film karet yang divulkanisasi dengan belerang.

Sifat Lateks

Tabel 1 menunjukkan bahwa sifat lateks alam iradiasi seperti sifat lateks pekat. Hal ini disebabkan karena baik nilai KKK, KJP, bilangan MST (*mechanical stability of time* = waktu kestabilan mekanik), bilangan KOH, dan bilangan VFA (*volatile fatty acid* = asam lemak eteris) relatif sama dengan lateks pekat, bahkan sifat lateks alam iradiasi memenuhi standar lateks pekat menurut SNI. Stabilitasnya lateks alam iradiasi ditandai dengan nilai bilangan MST yang cukup tinggi. Hal ini disebabkan karena pada waktu proses memproduksi lateks alam iradiasi dengan sinar $\gamma^{60}\text{Co}$, normal butil akrilat yang ditambahkan ke dalam lateks sebanyak 3 psk berbentuk emulsi dengan sabun anion sebagai bahan pengemulsinya.

Hasil penelitian sebelumnya membuktikan bahwa emulsi nBA tersebut setelah ditambahkan ke dalam lateks, maka nBA saja yang masuk ke dalam partikel karet, sedang sabun anion berada di luar partikel karet [19]. Kemudian setelah campuran emulsi nBA dan lateks alam diiradiasi dengan sinar $\gamma^{60}\text{Co}$, maka nBA akan bertindak sebagai bahan pemeka yang dapat menyebabkan terjadinya ikatan silang antara poliisoprena di dalam partikel, sedang sabun anion masih berada di luar partikel karet, karena sabun tersebut merupakan senyawa hidrofilik. Oleh karena sabun anion merupakan bahan penstabil, maka campuran lateks alam dan emulsi nBA tersebut akan stabil setelah diiradiasi, akibatnya bilangan MST lateks alam iradiasi lebih tinggi daripada lateks alam non iradiasi.

Tabel 3. Pemakaian bahan kimia dan resiko toksistas, alergi, dan karsinogenik dalam penyusunan kompon lateks alam vulkanisasi iradiasi dan vulkanisasi belerang.

| Bahan kimia | Kompon lateks belerang | | | Lateks alam iradiasi | | |
|---------------------------|------------------------|----------------|------------|----------------------|----------------|------------|
| | toksit | Alergi tipe IV | Karsinogen | toksit | Alergi tipe IV | Karsinogen |
| Penaktip (ZnO) | + | + | - | 0 | 0 | 0 |
| Pemercepat: | | | | | | |
| *Thiourem/dithiocarbamat | ++ | ++ | ++ | 0 | 0 | 0 |
| *Mercapto benzothiazol | + | ++ | - | 0 | 0 | 0 |
| *Dibenzothiazol disulfide | ++ | ++ | ++ | 0 | 0 | 0 |
| Antioksidan | | | | | | |
| *Senyawa fenol | + | + | - | - | - | - |
| *Senyawa Fenil diamine | ++ | ++ | ++ | 0 | 0 | 0 |
| Pemvulkanisat (belerang) | + | + | - | 0 | 0 | 0 |

+ beresiko rendah, ++ beresiko tinggi, - tidak beresiko, 0 tidak menggunakan bahan kimia tsb.

Sifat Film

Tabel 1 juga menunjukkan bahwa nilai sifat film karet dari lateks alam iradiasi, yaitu modulus dan tegangan putus relatif sama seperti sifat film karet dari lateks pekat yang divulkanisasi belerang, bahkan kandungan protein, lemak dan karbohidrat, lebih rendah daripada film karet lateks alam vulkanisasi belerang. Hal ini disebabkan karena lateks alam iradiasi merupakan lateks alam yang sudah divulkanisasi dengan sinar $\gamma^{60}Co$. Vulkanisasi terjadi karena nBA yang bertindak sebagai bahan pemeka (memperbanyak jumlah radikal bebas akibat iradiasi poliisoprena karet alam), yang sudah masuk dalam partikel karet alam dapat menimbulkan terjadinya ikatan saling antara poliisoprena karet alam, sehingga terjadilah vulkanisasi. Akibat adanya vulkanisasi tersebut, maka film karet lebih kuat dan elastis, atau dengan kata lain tegangan putus, dan modulus meningkat. Lebih rendahnya nilai protein, lemak dan karbohidrat karena akibat degradasi iradiasi $\gamma^{60}Co$ bahan bukan karet. pada lateks tersebut. Reaksi degradasi radiasi yang terjadi pada bukan karet, antara lain protein, lemak, dan karbohidrat.

Lateks karet alam terdiri dari partikel karet dan bahan bukan karet. Partikel karet alam berisi poliisoprena yang bila diradiasi akan terjadi peristiwa pengikatan silang, sementara itu bahan bukan karet dalam lateks terdiri dari berbagai asam amino yang mengandung senyawa tiol, serta asam amino aromatik dan alifatik, gugus karbonil dan gugus olifenik. Akibat adanya iradiasi akan mengalami degradasi, maka terjadi bermacam-macam radikal atau dapat pula mengalami deaminasi, deamidasi, dekarboksilasi, oksidasi gugus S-H, reduksi gugus S-S, perubahan rantai samping asam amino serta penambahan/pengurangan rantai peptida. Peristiwa ini diikuti dengan perubahan sifat biologi, biokimia, fisikokimia, sehingga membentuk produk baru yang mudah larut dalam air [20-21]. Bila film karet hasil iradiasi tersebut dicuci dengan air, maka senyawa baru tersebut akan keluar dari film karet, akibatnya nilai protein, lemak, dan karbohidrat film karet menurun.

Formulasi Kompon Lateks

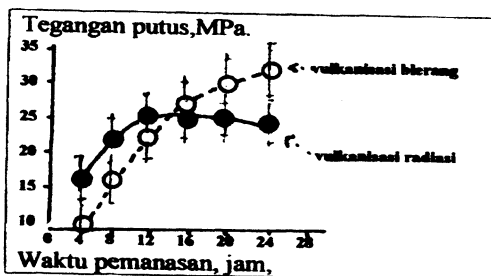
Pada umumnya cara memformulasi kompon lateks untuk barang jadi karet dengan cara vulkanisasi belerang harus ditambahkan bahan pemvulkanisasi (belerang), bahan penggiat (zeng oksida), bahan pemercepat (senyawa karbamat, thiazol, aldehida-amin, thiazol sulfoamida, tiofosfat, guanidin, tiourea, atau tiokarbonil sulfenamida) dan anti oksidan (senyawa fenil atau amina) ke dalam lateks pekat. Oleh karena ke empat macam bahan tersebut berpotensi menghasilkan senyawa yang bersifat toksik, karsinogen dan alergi [22], maka dianjurkan pemakaian bahan tersebut sesedikit mungkin. Tabel 3 menyajikan komposisi kompon lateks vulkanisasi belerang dan lateks alam iradiasi yang digunakan untuk memproduksi *bladder*, bola, dan selang dalam skala pabrik. Dari tabel ini menunjukkan, bahwa bahan kimia yang dibutuhkan untuk vulkanisasi radiasi hanya satu jenis, yaitu antioksidan senyawa fenol yang sifat toksistas dan alergi jenis IV rendah, sedang untuk vulkanisasi belerang ada 4 macam, yaitu bahan pengaktip, pemercepat, antioksidan, dan bahan pemvulkanisat belerang yang menurut Makuuchi [23] bahan-bahan ini cukup beresiko rendah sampai tinggi terhadap toksistas, alergi jenis IV, dan karsinogen (penyebab kanker) pada barang jadi karet yang dihasilkan. Jadi bila dilihat dari formulasi ini kompon lateks alam iradiasi di samping lebih hemat bahan kimia, juga resiko bahan yang bersifat toksik rendah yang berasal dari bahan antioksidan. Untuk mengatasi sifat toksid, dan alergi jenis IV dari bahan antioksidan, maka digunakanlah BHT sebagai bahan antioksidan kompon lateks alam iradiasi, karena BHT merupakan antioksidan yang tidak toksik dan alergi jenis IV.

Optimasi Kondisi Proses Pencelupan

Ada dua teknik pencelupan yang biasa dilakukan untuk memproduksi barang jadi karet secara celup yaitu pencelupan langsung untuk barang jadi karet tipis, misalnya kondom, dan teknik pencelupan penggumpalan untuk barang jadi karet tebal, misalnya *bladder*, bola,

dan selang karet untuk tensimeter. Gambar 1 menyajikan proses produksi *bladder*, bola, atau selang untuk tensimeter. Faktor yang dievaluasi dalam memproduksi barang karet untuk tensimeter tersebut adalah, suhu dan waktu pemanasan (Gambar 1 G) serta teknik pencucian (Gambar 1 J).

Gambar 3 menyajikan hubungan antara waktu pemanasan film karet dari diagram alir di Gambar 1G dengan tegangan putus film karet dari *bladder* lateks alam iradiasi dan lateks alam vulkanisasi belerang. Ternyata ada kecenderungan bahwa waktu pemanasan *bladder* lateks alam iradiasi selama 8-12 jam dengan suhu 90°C didapatkan tegangan putus mencapai maksimum (24 MPa), sedangkan *bladder* lateks alam vulkanisasi belerang untuk mendapatkan tegangan putus maksimum (30 MPa) memerlukan waktu sekitar 20-24 jam. Ada kecenderungan bahwa dengan menaikkan suhu dari 90 °C menjadi 100°C tidak meningkatkan tegangan putus film karet baik film karet lateks alam iradiasi, maupun film karet lateks alam vulkanisasi belerang. Jadi suhu optimum proses pemanasan (Gambar 1G) pada produksi *bladder* dari lateks alam iradiasi adalah 90°C, dengan waktu 8-12 jam, sementara itu *bladder* dari vulkanisasi belerang 90°C, selama 20-24 jam.

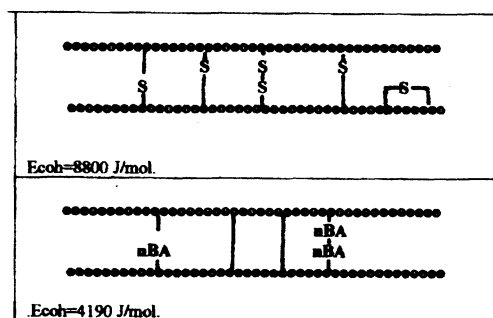


Gambar 3. Hubungan antara waktu pemanasan dengan

Lebih singkatnya waktu pemanasan *bladder* lateks alam iradiasi tersebut disebabkan karena lateks alam iradiasi merupakan lateks yang sudah divulkanisasi, jadi energi panas yang diserap hanya digunakan untuk menguapkan air, sedang *bladder* dari lateks alam vulkanisasi belerang energi yang diserap tidak saja

digunakan untuk penguapan air, tetapi juga untuk proses vulkanisasi.

Secara garis besar struktur ikatan silang antara poliisoprena karet alam dalam vulkanisat lateks alam iradiasi dan lateks karet vulkanisasi belerang tertera di Gambar 4. Dari gambar ini menunjukkan, bahwa ikatan silang yang terjadi antara poliisoprena karet alam pada lateks alam iradiasi, adalah ikatan C-C atau C-nBA-C tidak memerlukan kalor pembentukan ikatan karena memang sudah terbentuk, tetapi pada lateks alam vulkanisasi belerang yang ikatannya adalah C-S-C memerlukan kalor (*heat fussion*) sebesar 5,02 sampai dengan 13,02 J/g [24] yang kalorinya diambil dari selama pemanasan film karet. Dengan demikian kalor tidak saja digunakan untuk penguapan, tetapi juga untuk pembentukan ikatan, sehingga waktu pemanasan lebih lama.



Gambar 4. Struktur ikatan silang yang terjadi pada vulkanisat lateks alam iradiasi (bawah) dan lateks alam vulkanisasi belerang

Tegangan putus film karet dari lateks alam iradiasi (24 MPa) lebih rendah, daripada film karet dari lateks alam vulkanisasi belerang (30 MPa). Energi kohesi antara C-C dari lateks alam iradiasi (4190 J/mol), lebih rendah daripada energi kohesi antara ikatan C-S-C (8800 J/mol) pada film karet dari lateks alam vulkanisasi belerang [25]. Sehingga untuk memutuskan atau melepaskan ikatan antara molekul poliisopren karet alam dari lateks alam iradiasi lebih rendah daripada film karet dari lateks alam vulkanisasi belerang. Dengan kata lain, tegangan putus film karet dari lateks alam iradiasi, lebih rendah daripada

Tabel 4. Pengaruh pencucian terhadap kadar protein terekstrak, total proteinn dan tegangan putus film karet.

| Asal film karet untuk tensimeter | Perlakuan Pencucian | Kadar protein terekstrak, μ/g. | Kadar protein total, %. | Tegangan putus, MPa. |
|----------------------------------|---------------------|--------------------------------|-------------------------|----------------------|
| Lateks alam iradiasi | Tanpa dicuci | 2508 | 0,46 | 18 |
| | Dicuci cara 1 | 1260 | 0,34 | 24 |
| | Dicuci cara 2 | 662 | 0,25 | 25 |
| | Dicuci cara 3 | 72 | 0,25 | 25 |
| Lateks alam vulkanisasi belerang | Tanpa dicuci | 2560 | 0,40 | 22 |
| | Cicuci cara 1 | 1250 | 0,34 | 29 |
| | Dcuci cara 2 | 316 | 0,27 | 30 |
| | Dicuci cara 3 | 125 | 0,30 | 31 |

1=rendam air 5-6 jam, dibilas air 3 kali. 2=rendam air 24 jam, dibilas 3 kali, rendam KOH/amonia 0.5% 24 jam, dibilas air 3 kali

tegangan putus film karet dari lateks alam vulkanisasi belerang.

Optimasi Proses Pencucian

Pada umumnya setiap proses produksi barang jadi karet, supaya hasilnya tidak berbau setelah disimpan beberapa bulan, maka selalu dilakukan pencucian selama proses produksi (Gambar 1J). Hal ini harus dilakukan karena proses pencucian bertujuan, di samping menghilangkan bahan bukan karet, misalnya protein, lemak, dan karbohidrat yang dapat menyebabkan bau tidak sedap, juga dapat meningkatkan penampilan serta sifat mekanik barang jadi karet tersebut[26].

Tabel 4 menyajikan pengaruh pencucian terhadap kadar protein terekstrak, total protein dan tegangan putus film karet.

Ternyata larutan KOH atau amonia berkadar 0,5 %, lebih baik daripada air biasa pada proses pencucian, karena dengan menggunakan larutan KOH atau amonia berkonsentrasi 0,5%, turunnya kadar protein terlarut dapat mencapai 97%, yaitu dari 2500 mg/g menjadi 72mg/g sementara itu dengan air biasa hanya 75 %, yaitu dari 2500 mg/g menjadi 662 mg/g. Hal ini disebabkan, diduga karena molekul protein terekstrak yang bersifat amfotir dalam keadaan basa (larutan amonia atau KOH) daya kelarutannya lebih tinggi dari pada dalam keadaan netral. Jadi untuk mendapatkan kadar protein terlarut serendah mungkin, maka dalam pencucian *bladder*, bola, atau selang karet tensimeter sebelum dibilas dengan air dalam mesin pencuci, sebaiknya direndam dulu dalam larutan KOH atau amonia 0,5% selama 24 jam.

Kualitas Barang Jadi Karet untuk Tensimeter

Secara visual penampilan barang jadi karet untuk tensimeter dari lateks alam iradiasi dan lateks alam aterosintetis vulkanisasi belerang relatif sama. Namun agar jangan terjadi kekeliruan antara ketiga barang jadi karet tersebut dibubuhi warna yang berbeda yaitu biru untuk barang jadi karet dari lateks alam iradiasi, hitam

dari lateks alam vulkanisasi belerang dan merah dari lateks sintetis vulkanisasi belerang. Sifat fisik dan mekanik bola karet tensimeter disajikan Tabel 5, yang menunjukkan bahwa modulus 500%, kekerasan, dan berat jenis bola karet tensimeter dari lateks alam iradiasi lebih rendah daripada dari lateks alam atau lateks sintetis vulkanisasi belerang, sedang nilai perpanjangan putus relatif sama. Tegangan putus film karet bola tensimeter dari lateks alam iradiasi lebih tinggi daripada bola karet tensimeter dari lateks sintetis vulkanisasi belerang tetapi lebih rendah dari lateks alam vulkanisasi belerang.

Lebih rendahnya modulus, kekerasan, dan berat jenis mencirikan bahwa bola karet tensimeter lebih nyaman dipakai, karena lebih lunak, dan lebih ringan, sedang lebih rendahnya daya rekat antara selang dengan *bladder* dikawatirkan dapat mengurangi daya tahan terhadap tekanan udara selama tensimeter digunakan untuk mengukur tekanan darah arteri manusia. Namun setelah dilakukan uji fungsi tensimeter tersebut oleh beberapa para medis di beberapa tempat, ternyata daya tahan tekanan udara selama pemakaian tetap stabil, sehingga layak dipakai.

Menurut SNI 16-4415-1997 tentang Tensimeter, sifat fisik mekanik bola, *bladder*, dan selang karet tidak dipersyaratkan. Oleh karena persyaratan sifat fisik dan mekanik barang jadi karet untuk tensimeter dari lateks alam iradiasi relatif sama dengan barang jadi karet dari karet alam/sintetis yang divulkanisasi belerang, maka dapat dikatakan bahwa sifat fisik dan mekanik barang jadi karet dari lateks alam iradiasi untuk tensimeter sudah tidak bermasalah lagi.

Keunggulan barang jadi karet dari lateks alam iradiasi untuk tensimeter adalah bebas nitrosamin dan protein alergen, hal ini terbukti bahwa walaupun kadar protein terekstrak bola karet tensimeter dari lateks alam iradiasi adalah 661 mg/g, namun uji SPT (respon kulit terhadap protein alergi karet) dan nilai absorbansi Elisa dengan serum manusia peka protein alergen adalah nol atau negatif. Dengan demikian dapat dikatakan bahwa masalah protein alergen dan nitrosamin

Tabel 5. Sifat fisik mekanik bola karet tensimeter dari lateks alam iradiasi, lateks alam vulkanisasi belerang dan lateks alam vilkanisasi radiasi.

| Parameter Uji | Lateks alam vulkanisasi | | Lateks sintetis vulkanisasi belerang |
|--|-------------------------|----------|--------------------------------------|
| | radiasi | belerang | |
| Modulus 500%, MPa. | 1,4 | 3,3 | 2,5 |
| Tegangan putus, MPa. | 22 | 36 | 19 |
| Perpanjangan putus,%. | 1000 | 980 | 900 |
| Daya rekat, kg/cm ² . | 1,57 | 2,02 | 4,04 |
| Kadar nitrosamina,ppm. | 0 | >50 | * |
| Kadar total protein,%. | 0,34 | 0,34 | 0,29 |
| Kadar protein terlarut,%. | 661 | 1250 | * |
| Uji SPT (respon kulit), unit. | 0 | 0,2 | |
| Nilai absorbansi ELISA dengan serum manusia peka pada protein alergen,%. | 0 | 0,2 | * |
| Kekerasan, shore A. | 29 | 40 | 47 |
| Berat jenis, g/cm ³ . | 0,892 | 0,922 | 1,278 |

* belum diuji

pada barang jadi karet untuk tensimeter telah dapat diatasi.

Diharapkan dengan hasil positif tersebut, maka barang jadi karet dari lateks alam iradiasi untuk tensimeter sudah mulai dapat diproduksi secara komersial.

KESIMPULAN

Dari uraian tersebut dapat disimpulkan bahwa telah ditemukan kondisi optimum proses produksi barang jadi karet untuk tensimeter dari lateks alam iradiasi dalam skala pabrik, antara lain suhu dan waktu pemanasan adalah 90°C selama 8-12 jam.

Larutan 0,5% amonia atau KOH yang digunakan sebagai pencuci barang jadi karet untuk tensimeter dapat menurunkan kadar protein terekstrak sampai dengan 97%, sementara bila menggunakan air dingin sebesar 75%.

Pada kondisi optimum proses ini, sifat fisik dan mekanik barang jadi karet dari lateks alam iradiasi untuk tensimeter ini memenuhi standar pemakaian serta bebas nitrosamin dan protein alergen.

DAFTARACUAN

- [1]. SNI, *Sphygmomanometer/Tensimeter non otomatis*, SNI 16-4415-1997, Dewan Standardisasi Nasional - Jakarta, (1997)
- [2]. OERIP SISWANTORO, Senyawa karsinogen N-nitrosamin dan usaha pengendaliannya, *Makalah Temu Ilmiah*, Cimanggis Bogor, (1989)
- [3]. JORDAN N., FIING, MD., Immunology and Allergy Clinics of North America, *Latex Allergy*, 15 (1), W. B. Saunders Company, London, (1995)
- [4]. GERSHNIN M.E., *Clinical Review in Allergy*, 11 (3)(1993)
- [5]. OERIP SISWANTORO, Protein Alergen Berbahaya dari Barang Jadi Lateks Hevea, *Warta Perkaretan*, 12 (1)(1993)
- [6]. ADETARYA, *Hasil Diskusi Tentang Tensimeter*, PT. Abadi Nusa, Padalarang, (tidak dipublikasi) (1999)
- [7]. HERU SUNDARU, SISWANTO, TEGUH HARJONO KARJADI, SUHARYONO, LIES PAREDE, *Perakitan Kit Diagnostikprotein Alergen dengan Antibodi IgE Manusia untuk Kontrol Mutu dari Produk Barang Jadi Lateks Dalam Negeri*, UPBP, FKUI, PPF, BADAN LITBANG PERTANIAN, Bogor, (tidak dipublikasi), (2002)
- [8]. SPIEGELHALDER, B., and PREUMANNA, R., Nitrosamine and Rubber, *Larc Sci. Publication*, 41 (2001)
- [9]. DALIMONTHE, Perkembangan Teknologi Karet Dewasa Ini, *Warta Perkaretan*, 12 (2)(1993) 7
- [10]. BEEZHOLD, NAOYA, HAMADA, AKIHIITO, HAYASHI, Deproteinizingagent and Method Preparing Cationic Deproteinized Natural Rubber Latex, US Paten No. US556341, October 8 (1997)
- [11]. GORTON ADT., GP. Mc. SENNEY, and B.K.TIDD, Formulation Natural Rubber to Meet Regulary Nitrosamin Limit, *N. R. Technology*, 18 (1)(1987) 1-12
- [12]. GORTON ADT., Evaluation of New Activator/ Accelerator in Natural Rubber Latex, *N. R. Technology*, 19 (4)(1988) 61-69
- [13]. FDA., *Medical Gloves Guidance Manual, Internete Webside*, <http://www.fda.gov/cdrh/manual/glov.man1.pdf>.
- [14]. SIBY VARGHESE, YOSUKE KATSUMURA R., K.MAKUUCHI, F.YOSHII, Production of Soluble Protein Free Latex by Radiation Process. *J. Rubber Chemical and Technology*, 73 (1)(2000) 80-88
- [15]. JOHN STIGI, *Letter to Medical Glove Industry, Office of Health and Industry Program, Centre for Devices and Radiological Health*, July 30 (1999)
- [16]. MARGA UTAMA, HERWINARNI, MADE SUMARTI, Fx. MARSONGKO, WAWAN HERAWAN, SLAMET MUDYIB, Kaji Ulang Produksi Lateks Pekat Pra-Vulkanisasi Radiasi dalam Skala Pabrik, *Prosiding Seminar Nasional Teknologi Proses Kimia VI*, FT-UI, Jakarta, (2004)
- [17]. ASTM, *Standard Test Method for Tension*, ASTM D412-95
- [18]. ASTM, *Standar Test Method for Extrable Protein Conten in Natural Rubber*
- [19]. HERWINARNI, RISWIYANTO, MARSONGKO, MARGA UTAMA, Penentuan Kadar MMA dan nBA dalam Karet Iradiasi, *Proc. Pertemuan dan Presentasi Ilmiah Peneliitiian Dasar Teknologi Nuklir*, PPNY, Yogyakarta (1994) 111
- [20]. C.AON SONTAG, Radiation Chemistry in the 1990's Pressing Question Relating to the Areas of Radiation Biology and Environmental Research, *Int. J. Rad. Biol.*, 65 (1)(1994) 19-26
- [21]. WERREN M GARRION, Reaction Mechanism in Radiolysis of Peptides, Polypektides, and Protein, *Chem. Rev.*, 8(7)(1987)381-398
- [22]. JAMES S., TAYLOR, M.D., YUNG HIAN LEON, M.D., Cutaneous Reaction to Rubber, *J. Rubber Chemistry and Technology*, 73 (3)(2000) 427-485
- [23]. MAKUUCHI, *An Introduction to Radiation Vulcanization of Natural Rubber Latex*, T.R.I Global Co Ltd., Thailand, (2003)
- [24]. EDITH A.TURI, *Thermal Characterisation of Polymeric Materials*, Academic Press. Inc., London (1981)
- [25]. D.W.VAN KREVELEN, *Properties of Polymers*, Elsevier, Tokyo (1990)
- [26]. MA'ZAM MD SAID, WAN MANSOL WAN ZIN, Extractable Protein Content of RVNRL Film, *Proc. the Second Internationa on RVNRL*, Kuala Lumpur, (1996)