

PEMBUATAN SARUNG TANGAN DARI LATEKS ALAM YANG DIVULKANISASI RADIASI DAN BELERANG

(PREPARATION OF GLOVES FROM RADIATION PRE-VULCANIZED AND SULPHUR-VULCANIZED NATURAL RUBBER LATEX)

Marsongko

Pusat Aplikasi Teknologi Isotop dan Radiasi-BATAN
Jl. Lebak Bulus Raya No. 49, Jakarta-Selatan

E-mail : marsong@batan.go.id

Received : 3 Mei 2013; revised : 2 Agustus 2013; accepted : 19 Agustus 2013

ABSTRAK

Pembuatan sarung tangan dari lateks vulkanisasi radiasi dan belerang telah dilakukan. Kondisi optimal pembuatan sarung tangan yang meliputi kadar bahan penggumpal, formulasi kompon lateks, proses pemanasan, dan pencucian disesuaikan dengan kondisi peralatan yang ada. Pengeringan sarung tangan dilakukan dalam oven pada suhu 130°C selama 0 menit, 4 menit, 8 menit, 12 menit, 16 menit, 20 menit, 24 menit, dan 28 menit. Parameter yang diamati meliputi sifat fisik dan mekanik sarung tangan. Sarung tangan yang dihasilkan baik dari lateks alam vulkanisasi radiasi maupun vulkanisasi belerang kualitasnya memenuhi Standar Nasional Indonesia, yaitu sarung tangan karet sekali pakai untuk pemeriksaan kesehatan (SNI 16-2623-2002) dan sarung tangan karet steril sekali pakai untuk keperluan pemeriksaan bedah (SNI 16-2622-2002).

Kata kunci : Sarung tangan, Lateks pra-vulkanisasi radiasi, Lateks vulkanisasi belerang

ABSTRACT

Preparation of gloves from radiation pre-vulcanized and sulphur-vulcanized natural rubber latex have been carried out. The optimum condition processing of gloves such as concentration of coagulant, formulation of latex compound, heating, and leaching process were carried out according to the condition of equipment facilities. Heating of gloves were carried out at 130°C for 0 minutes, 4 minutes, 8 minutes, 12 minutes, 16 minutes, 20 minutes, 24 minutes, and 28 minutes in the oven. The parameters such as physical and mechanical properties have been evaluated. Gloves are produced either from radiation pre-vulcanized and sulphur-vulcanized natural rubber latex quality meets the Indonesia National Standard disposable rubber gloves for medical inspection (SNI 16-2623-2002) and rubber gloves disposable sterile surgery for the purposes of inspection (SNI 16-2622-2002).

Key word : Gloves, Radiation pre-vulcanization latex, Sulphur vulcanized latex

PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara produsen karet alam terbesar kedua di dunia setelah Thailand., Luas perkebunan karet pada tahun 2011 mencapai 3,456 juta hektar dengan produksi diperkirakan mencapai 3,088 juta ton (Direktorat Jenderal Perkebunan 2012). Karet alam merupakan sumber devisa negara, disamping untuk kebutuhan dalam negeri. Pada tahun 2012, nilai ekspor karet alam sebesar 2,45 juta ton (GAPKINDO 2013).

Karet alam diperoleh dari getah pohon karet (*Hevea brasiliensis*) yang disebut lateks. Lateks terdiri atas partikel karet dan bahan bukan karet yang terdispersi dalam air, yaitu

fraksi karet 30% sampai dengan 40%, air 58% sampai dengan 68%, dan sisanya bahan-bahan bukan karet yang terdiri dari protein, lemak, ion-ion logam, dan lain-lain. Lateks kebun mengandung kadar karet kering (KKK) berkisar antara 20% sampai dengan 40%. Untuk pembuatan barang-barang dari lateks, misalnya sarung tangan, kondom, tensimeter, dan lain-lain, lateks kebun perlu diolah terlebih dahulu menjadi lateks pekat agar diperoleh KKK yang lebih tinggi, sehingga produk barang jadi karet mempunyai sifat-sifat yang lebih baik (Sugianto 1983). Barang jadi karet yang meliputi sarung tangan, kondom, balon udara, dan karet untuk

tensimeter adalah barang karet yang dibuat dari lateks alam maupun sintetis dengan cara pencelupan. Barang jadi karet yang dibuat dari lateks mentah mempunyai sifat fisika yang kurang baik, misalnya tidak tahan perubahan suhu dan pelarut, kekuatan mekanik rendah, perpanjangan putus terlalu tinggi, dan mudah lengket. Agar lateks alam dapat dibuat menjadi barang-barang karet untuk keperluan industri, maka lateks karet alam harus divulkanisasi terlebih dulu. Vulkanisasi terhadap lateks alam dapat meningkatkan tegangan putus, perpanjangan putus, dan ketahanan terhadap panas maupun pelarut. Proses vulkanisasi secara konvensional dibuat dengan cara menambahkan dispersi belerang sebagai bahan pemvulkanisasi, *ZDBC (Zinc Dibutyl Dithiocarbamate)* sebagai bahan pencepat, zeng oksida (*ZnO*) sebagai bahan penggiat, dan diperam pada suhu 40°C selama 3 hari sampai dengan 4 hari (Gordon 1995).

Permasalahan yang timbul dari produk barang jadi lateks karet alam khususnya sarung tangan adalah adanya nitrosamin dan protein alergen yang terkandung di dalamnya. Nitrosamin adalah salah satu kelompok senyawa nitroso yang mengandung gugus N-N=O yang mudah larut dalam air dan bersifat karsinogen (Hasan 1997) atau bahan penyebab kanker yang berasal dari bahan pencepat yang digunakan pada vulkanisasi belerang. Protein dalam lateks karet alam dapat menyebabkan protein alergen. Protein alergen dalam sarung tangan yang dibuat dari lateks vulkanisasi radiasi lebih banyak dapat dihilangkan atau diekstraksi dibandingkan dengan yang terbuat dari lateks vulkanisasi yang ditambah aditif (Parra, *et al.* 2005). Senyawa nitrosamin dan protein alergen tersebut dapat mengganggu kesehatan manusia, antara lain penyebab kanker dan alergi. Hal ini merupakan kendala pemasaran barang jadi lateks karet alam khususnya untuk ekspor (Utama 1995). Oleh karena itu untuk mengurangi kadar protein pada barang jadi karet dapat dilakukan dengan 3 metode, yaitu klorinasi, enzim, dan metode radiasi (Utama dkk 2003).

Pusat Aplikasi Teknologi Isotop dan Radiasi (PATIR)-BATAN, Jakarta telah mempunyai iradiator lateks (1983) dengan menggunakan sumber radiasi γ ⁶⁰Co yang dapat mengolah lateks alam menjadi lateks alam iradiasi dengan kapasitas 1500 kg setiap 20 jam. *Takasaki Radiation Chemistry Research Establishment, JAERI*, Jepang, telah menggunakan mesin berkas elektron (MBE) dengan energi 250 keV dan arus 10 mA sebagai sumber radiasi untuk memproduksi lateks karet alam iradiasi (Makuuchi 2003).

Pengaruh dosis iradiasi terhadap lateks alam iradiasi telah diteliti melalui uji kuat tarik, kelarutan, dan struktur materi menggunakan *atomic force microscopy*. Beberapa formulasi campuran menunjukkan peningkatan yang signifikan terhadap keuletan campuran dengan PMMA murni tanpa menurunkan modulus dan tegangan putusnya (Cangialosi, *et al.* 2002).

Penggunaan lateks alam iradiasi mempunyai keunggulan karena disamping tidak memakai bahan vulkanisasi yang mengandung senyawa penyebab nitrosamin, lateks yang dihasilkan lebih stabil dalam penyimpanannya.

Berdasarkan hal tersebut, maka dalam makalah ini akan dibahas tentang perbandingan proses pembuatan sarung tangan dari lateks alam yang divulkanisasi radiasi maupun belerang serta evaluasi sifat-sifat fisik dan mekanik sarung tangan tersebut. Tujuan penelitian ini adalah untuk mendapatkan proses pembuatan sarung tangan yang lebih sederhana dan lebih murah, namun sifat fisik dan mekanik sarung tangan yang dihasilkan tetap memenuhi Standar Nasional Indonesia.

BAHAN DAN METODE

Bahan

Bahan yang dipakai adalah lateks kebun dari PTPN VIII, Jalupang, Subang, Bandung, yang telah divulkanisasi radiasi di PATIR-BATAN, Jakarta dan kemudian dipekatkan di PTPN VIII, Jalupang. Iradiasi lateks alam dilakukan pada dosis 25 kGy, dengan sumber radiasi gamma ⁶⁰Co. Spesifikasi lateks alam vulkanisasi radiasi (lateks pekat pra-vulkanisasi) terlihat pada Tabel 1.

Bahan kimia untuk pembuatan sarung tangan dari lateks vulkanisasi belerang antara lain belerang, *ZDBC (Zinc Dibutyl Dithiocarbamate)*, *BHT (2,6-Di-tert.butyl-4-methyl-phenol)*, *Ca(NO₃)₂* (kalsium nitrat), dan KOH (kalium hidroksida).

Alat

Gilingan peluru (*ball mill*) diperlukan untuk mendispersikan zat-zat ramuan lateks yang berupa serbuk dan tidak larut dalam air. Alat pengaduk untuk pembuatan kompon lateks. Cetakan sarung tangan yang terbuat dari porselin dan *tensile tester* Strograph-R1 buatan Toyoseiki Jepang untuk uji sifat fisik dan mekanik *film* karet sarung tangan.

Metode

1. Pembuatan kompon lateks alam vulkanisasi belerang

Bahan kimia yang dipakai untuk membuat kompon lateks belerang terdiri dari belerang

(vulkanizat), ZnO (penggiat), ZDBC (pencepat), BHT (anti oksidan), KOH (pemantap), pewarna, dan larutan Darvan. Bahan-bahan kimia tersebut dicampur dengan menggunakan gilingan peluru dan diputar selama 24 jam. Setelah digiling, campuran serbuk ramuan lateks dan air akan menjadi dispersi. Dispersi selanjutnya ditambahkan ke dalam lateks pekat, diaduk dengan kecepatan 25 rpm selama 1 jam dan dibiarkan (diperam) selama 4 hari pada suhu 40°C, sehingga menghasilkan kompon lateks vulkanisasi belerang untuk pembuatan sarung tangan.

Tabel 1. Spesifikasi teknis lateks pekat (LP) dan lateks pekat pra-vulkanisasi radiasi (LPVR)

No	Sifat lateks	LP	LPVR
1	Kadar amonia, %	0,70	0,83
2	Kadar karet kering (KKK), %	60,0	60,59
3	Kadar jumlah padatan (KJP), %	61,5	61,82
4	KJP-KKK	1,5	1,23
5	Bilangan VFA	0,0226	0,0223
6	Bilangan KOH	0,06	0,63
7	pH	10,00	10,12
8	Kadar Mg, %	0,15	0,12
9	Kekentalan, cp.	90	90

2. Pembuatan kompon lateks alam iradiasi

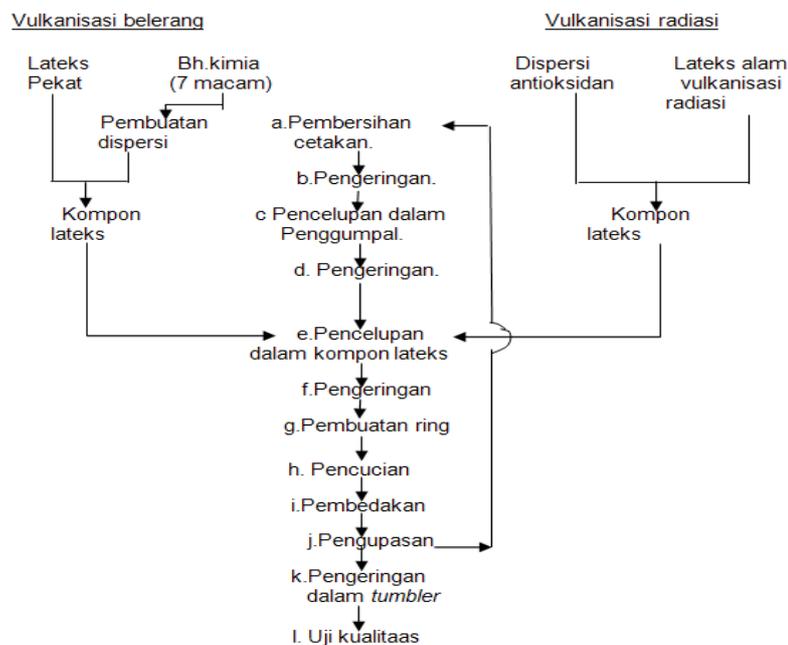
Lateks alam iradiasi dicampur dengan dispersi antioksidan BHT dan diaduk sampai homogen, selanjutnya kompon lateks ini siap dipakai untuk pembuatan sarung tangan dengan proses pencelupan.

3. Proses pembuatan sarung tangan

Diagram alir pembuatan sarung tangan tertera pada Gambar 1. Cetakan sarung tangan sebelum dipakai dicuci lebih dahulu (a), dikeringkan (b), dicelupkan ke dalam penggumpal (c), dikeringkan (d), dicelupkan ke dalam kompon lateks (e), pengeringan (f), dibuat ring (g), pencucian (h), diberi bedak (i), dikupas (j), divulkanisasi dalam pemanas putar (*tumbler*) (k), dan yang terakhir uji kualitas (l).

Gambar 1. adalah diagram alir proses pencelupan pembuatan sarung tangan. Diagram ini menunjukkan bahwa untuk membuat sarung tangan dari kompon lateks baik dari kompon lateks yang divulkanisasi belerang maupun kompon lateks iradiasi ada 11 tahap yang harus dilalui, mulai dari pencucian cetakan sampai ke pengujian sarung tangan yang dihasilkan. Vulkanisasi radiasi lateks alam tidak membutuhkan penambahan bahan pencepat seperti yang digunakan pada proses vulkanisasi belerang. Lateks alam yang diradiasi akan terbentuk lateks karet alam yang berikatan silang.

Tabel 2. menunjukkan perbandingan komposisi kompon lateks alam vulkanisasi belerang dan lateks alam vulkanisasi radiasi. Selanjutnya, proses pembuatan sarung tangan dengan menggunakan lateks vulkanisasi belerang dan lateks vulkanisasi radiasi dari proses pencelupan relatif sama.



Gambar 1. Diagram alir pembuatan sarung tangan dengan cara vulkanisasi belerang dan vulkanisasi radiasi

Tabel 2. Komposisi Lateks Alam Vulkanisasi Belerang (LAVB) Dan Lakes Alam Vulkanisasi Radiasi (LAVR)

Bahan kimia, psk	LAVR			
	LAVB			
	Sb	Si	Sb	Si
1. Dispersi 50% Belerang	1,5	1,0	-	-
2. Dispersi 50% ZnO	0,5	0,4	-	-
3. Dispersi 50% ZDBC	1,5	1,0	-	-
4. Dispersi 30% BHT	1,0	1,0	1,0	1,5
5. Larutan 20% KOH	0,2	0,2	-	-
6. Larutan Darvan (pendispersi)	0,1	0,1	-	-
7. Pewarna	0,1	-	0,1	-

psk = per seratus berat karet;
Sb=sarung tangan bedah,
Si=Sarung tangan industri.

4. Uji sifat fisik dan mekanik Film karet sarung tangan

Pengujian sifat fisik dan mekanik film karet sarung tangan seperti modulus, perpanjangan putus, tegangan putus dilakukan pada kecepatan 10 mm/menit dengan alat *Tensile Tester Strogaph-R1*, buatan Toyoseiki, Jepang, sesuai dengan metode *ASTM*.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Proses Pembuatan Sarung Tangan

Sebelum dilakukan pencelupan cetakan sarung tangan ke dalam lateks, ada beberapa tahapan penting untuk persiapan bahan-bahan, yaitu:

1. Lateks pekat

Dua jenis lateks pekat yang digunakan yaitu lateks pekat pusingan berbahan pengawet amonia tinggi (*high ammonia latex*) dan lateks pekat pusingan berbahan pengawet amonia rendah (*low ammonia latex*) dicampur dengan bahan pengawet sekunder *TMTD (Tetramethyl Thiuram Disulfide)* atau *ZnO (Low Ammonia Latex LA-TZ)*. Dalam hal ini, pembuatan barang jadi karet sebaiknya menggunakan lateks pekat pusingan berbahan pengawet amonia tinggi, karena lebih dari 90% lateks pekat yang ada di pasaran menggunakan lateks pekat cara pemusingan. Disamping itu, dengan cara pemusingan, bahan kimia bukan karet lebih sedikit dari pada cara yang lain.

2. Bahan kimia vulkanisasi

Pada umumnya, bahan kimia yang dibutuhkan untuk proses vulkanisasi belerang (Gambar 1. dan Tabel 2.) ada 7 macam, yaitu bahan vulkanisasi (belerang), pencepat, penggiat, antioksidan, pendispersi, penstabil, dan pewarna (kalau diperlukan), yang menurut

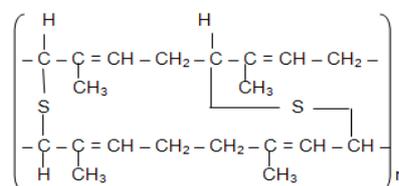
James (2000) tidak saja dapat menimbulkan karsinogen tetapi juga berpotensi menimbulkan alergi tipe IV pada kulit manusia. Pada proses pembuatan sarung tangan dengan lateks vulkanisasi radiasi hanya ada penambahan bahan antioksidan yang diyakini tidak menimbulkan karsinogen dan alergi tipe II. Hal ini mencirikan bahwa lateks pekat pra-vulkanisasi radiasi di samping aman, juga lebih hemat bahan kimia.

3. Pembuatan kompon lateks

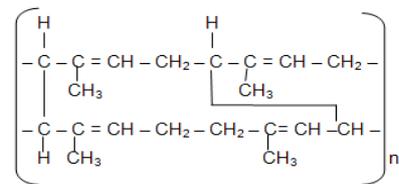
Kompon lateks adalah campuran lateks pekat atau lateks iradiasi dengan bahan kimia. Tujuh bahan kimia yang telah dibuat dispersi dicampurkan dengan lateks dan diaduk hingga homogen. Tabel 2. adalah contoh formulasi pembuatan kompon lateks baik dari lateks pekat maupun dari lateks iradiasi. Tabel tersebut menunjukkan bahwa ada 7 macam bahan kimia yang dibutuhkan untuk membuat kompon lateks belerang, sedangkan kompon lateks iradiasi hanya memerlukan 2 macam. Hal yang sangat penting pada penyusunan formulasi untuk pembuatan kompon lateks adalah pembuatan dispersi bahan kimia sebelum dicampur dengan lateks. Pembuatan kompon lateks pekat pra-vulkanisasi radiasi caranya lebih sederhana, yaitu lateks pekat pra-vulkanisasi radiasi setelah ditambah dengan bahan antioksidan berupa dispersi dibiarkan selama 1 malam dan langsung dapat digunakan untuk pembuatan sarung tangan.

Ikatan silang yang dihasilkan dengan vulkanisasi radiasi terjadi jauh lebih kuat daripada yang dihasilkan dengan vulkanisasi belerang, karena pada vulkanisasi radiasi pengikatan silang terjadi langsung antara atom karbon tanpa melalui atom belerang (energi ikat C-C = 58,6 kkal/mol dan C-S = 27,5 kkal/mol) (Gambar 2.) (Sundardi, et al. 1987).

Ikatan silang hasil vulkanisasi belerang



Ikatan silang hasil vulkanisasi radiasi



Gambar 2. Ikatan silang hasil vulkanisasi belerang dan vulkanisasi radiasi

Pencucian lapisan lateks / film karet sarung tangan

Lapisan lateks/film karet yang dihasilkan sangat berpengaruh terhadap sifat fisik film karet tersebut. Pencucian dapat dilakukan sebelum atau sesudah pembuatan cincin, bahkan setelah pencelupan ke lateks pun juga dapat dilakukan, misalnya pada pembuatan sarung tangan bedah, pencucian dilakukan setelah pencelupan ke kompon lateks. Pada pembuatan sarung tangan secara manual, pencucian dilakukan setelah pengeringan dan pembuatan cincin. Sifat fisik dan mekanik film karet sarung tangan yang dihasilkan dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. ini menunjukkan bahwa waktu perendaman di dalam air panas 100°C selama 30 menit meningkatkan tegangan putus dan modulus 600%, yaitu untuk film karet vulkanisasi belerang masing-masing dari 291,03 kg/cm² menjadi 315,61 kg/cm² dan dari 24,52 kg/cm² menjadi 25,43 kg/cm², sedangkan untuk film karet vulkanisasi radiasi masing-masing dari 199,88 kg/cm² menjadi 263,42 kg/cm² dan dari 16,56 kg/cm² menjadi 21,69 kg/cm². Tujuan pencucian adalah mengurangi kotoran dan bahan kimia, bukan karet yang berada dalam lapisan lateks atau film karet. Pencucian dengan air panas disamping film karetnya lebih

transparan, juga tegangan putusnya lebih tinggi dibandingkan tanpa perlakuan pencucian. Hal ini karena adanya vulkanisasi tambahan setelah perendaman dalam air panas.

Sarung tangan yang diproduksi dari lateks vulkanisasi radiasi, disamping memiliki sifat mekanik yang cukup memenuhi standar pemakaian, juga kekerasannya rendah yaitu sekitar 35 Shore A sebelum perendaman dan 38 Shore A sesudah perendaman dalam air panas. Selain itu, sarung tangan yang dihasilkan dapat dipakai lebih nyaman karena lebih lunak. Sarung tangan baik yang dibuat dari lateks vulkanisasi radiasi maupun vulkanisasi belerang mempunyai tegangan putus yang memenuhi standar karena nilainya lebih tinggi dibandingkan yang terdapat pada SNI 16-2622-2002 dan SNI 16-2623-2002 (Tabel 4).

Pengeringan di dalam tumbler

Pengeringan yang dilakukan di dalam tumbler tujuannya adalah untuk menyempurnakan vulkanisasi dan mengurangi bedak yang masih banyak dalam sarung tangan. Suhu operasional tumbler sekitar 80°C sampai dengan 100°C, dengan waktu 10 menit sampai dengan 30 menit tergantung jenis kompon lateks yang digunakan.

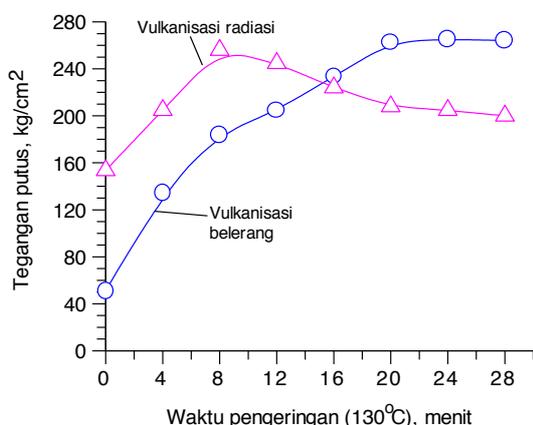
Tabel 3. Sifat fisik dan mekanik film karet sarung tangan dari lateks vulkanisasi belerang dan radiasi, sebelum dan sesudah perendaman dalam air panas 100°C selama 30 menit.

Jenis pengujian	Vulkanisasi belerang		Vulkanisasi radiasi	
	Sebelum perendaman	Sesudah perendaman	Sebelum perendaman	Sesudah perendaman
Modulus 300%, kg/cm ²	8,83	8,11	5,93	7,02
Modulus 600%, kg/cm ²	24,52	25,43	16,56	21,69
Tegangan putus, kg/cm ²	291,03	315,61	199,88	263,42
Perpanjangan putus, %	1000	1000	973	997
Permanen set, %	6,67	6,67	6,67	6,67
Kekerasan, Shore A	37	40	35	38

Tabel 4. Kualitas sarung tangan menurut SNI 16-2622-2002 dan SNI 16-2623-2002

Sifat	SNI 16-2622-2002				SNI 16-2623-2002	
	Sebelum pengusangan		Pengusangan (70 ±2°C), 7 hari		Sebelum Pengusangan	Pengusangan (70 ±2°C), 7 hari
	Tipe1	Tipe 2	Tipe1	Tipe 2		
Tegangan putus, Mpa (kg/cm ²)	23/(230)	17/(170)	17/(170)	12/(120)	21/(210)	16/(160)
Perpanjangan putus, %	700	550	560	490	700	500

Untuk mendapatkan tegangan maksimum *film* karet sarung tangan dengan menggunakan kompon lateks vulkanisasi belerang memerlukan waktu sekitar 20 menit pada suhu 130°C, sementara itu dengan menggunakan kompon lateks vulkanisasi radiasi hanya 8 menit pada suhu 130°C (Gambar 3). Hal ini karena kompon lateks pra-vulkanisasi radiasi merupakan lateks yang sudah divulkanisasi awal lebih sempurna daripada kompon lateks vulkanisasi belerang. Dengan demikian dapat dikatakan bahwa proses pembuatan sarung tangan menggunakan kompon lateks pra-vulkanisasi radiasi lebih hemat energi panas.



Gambar 3. Pengaruh waktu pengeringan terhadap tegangan putus film karet sarung tangan yang divulkanisasi belerang dan radiasi.

KESIMPULAN

Pada pembuatan sarung tangan dari kompon lateks iradiasi, pemakaian bahan kimia dan energi panas lebih sedikit bila dibandingkan dengan kompon lateks vulkanisasi belerang, serta pelaksanaan pengolahan lebih sederhana dan mudah dikontrol. Untuk mendapatkan tegangan maksimum *film* karet sarung tangan dengan menggunakan kompon lateks vulkanisasi belerang memerlukan waktu sekitar 20 menit pada suhu 130°C, sementara itu dengan menggunakan kompon lateks vulkanisasi radiasi hanya 8 menit pada suhu 130°C. Perendaman di dalam air panas 100°C selama 30 menit, meningkatkan tegangan putus dan modulus 600%, baik *film* karet vulkanisasi belerang maupun *film* karet vulkanisasi radiasi.

DAFTAR PUSTAKA

ASTM D. 412. Test for rubber properties in tension.
 BSN (Badan Standardisasi Nasional). 2002. *Sarung tangan karet, sekali pakai*

untuk keperluan pemeriksaan kesehatan, SNI. 16-2623-2002.

BSN (Badan Standardisasi Nasional). 2002. *Sarung tangan karet steril, sekali pakai untuk keperluan pemeriksaan bedah*. SNI. 16-2622-2002).

Cangialosi, D., P. Fuochi, M. Lavalle, P.T. Mcgrail, G. Emmerson, and Spadaro. 2002. Electron beam induced polymerization of MMA in the presence of rubber a novel process to produce tough materials. *Radiation Physics and Chemistry* 63: 63-68.

Direktorat Jenderal Perkebunan. 2012. Statistik perkebunan karet Indonesia 2007-2012.

GAPKINDO. 2013. Ekspor karet : Gapkindo proyeksikan ekspor karet tahun ini naik 5,3%. [Http://www.bumn.go.id](http://www.bumn.go.id). (Diakses 26 Pebruari 2013)

Gordon, B. 1995. Blue Book. Akron: Lipocont & Peto Inc.

Hasan, M. 1997. Identifikasi protein alergen pada lateks dan sarung tangan asal lateks dengan teknik Elisa dan Immunoblotting. Skripsi. Jurusan Kimia F. MIPA, IPB. Bogor.

James, S., M.D. Taylor, and Y.H. Leong. 2000. Cutaneous reaction to rubber. *Rubber Chemistry and Technology* 73(3): 428-479.

Makuuchi, K. 2003. *An introduction to radiation vulcanization of natural rubber latex*. Bangkok: T.R.I Global Co., Ltd.

Parra, D.F., C.F.P. Martin, H.D.C Collantes, and A.B. Lugao. 2005. Extractable proteins from field radiation vulcanized natural rubber latex. *Nucl. Inst. Meth. Phys. Res.* 236: 508-512.

Sugianto. 1983. *Pembuatan barang-barang karet dari lateks*. Balai Penelitian Perkebunan Bogor. Tidak dipublikasi.

Sundardi, F., M. Utama, M. Sumarti, dan S.U. Sholikhati. 1987. Test production of condom from irradiated latex natural rubber. Third expert advisory group meeting on radiation vulcanization of natural rubber latex. Jakarta.

Utama, M. 1995. Teknologi polimerisasi radiasi siap pakai untuk industri yang berwawasan lingkungan. Kampanye Teknologi, Kantor Menristek: 13-23. Jakarta.

Utama, M., Herwinarni, M. Sumarti, dan Siswanto. 2003. *Trial production of gloves from INRL*. Jakarta: P3TIR-BATAN.