

KOMBINASI MONOMER n-BA DAN A-NPG SEBAGAI BAHAN PEMEKA PADA VULKANISASI RADIASI LATEKS ALAM PTP XI PASIR WARINGIN

Sudradjat Iskandar

Pusat Aplikasi Isotop dan Radiasi - Badan Tenaga Atom Nasional

ABSTRAK

KOMBINASI MONOMER n-BA DAN A-NPG SEBAGAI BAHAN PEMEKA PADA VULKANISASI RADIASI LATEKS ALAM PTP XI PASIR WARINGIN. Dalam upaya mencari bahan pemeka alternatif untuk vulkanisasi radiasi lateks alam Indonesia yang tidak menimbulkan polusi dan tidak berbahaya bagi pekerja, studi penggunaan kombinasi monomer butil akrilat (n-BA) dan neopentilglikol diakrilat (A-NPG) sebagai bahan pemeka pada vulkanisasi radiasi lateks alam PTP XI Pasir Waringin telah dipelajari. Lateks pekat diencerkan dengan air suling hingga 50 % KP (kadar padatan), dicampur dengan kombinasi monomer n-BA dan A-NPG pada kadar tertentu, diiradiasi dengan sinar γ dari sumber ^{60}Co , dan selanjutnya sifat mekanik film vulkanisat, kestabilan viskositas lateks iradiasinya dievaluasi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa bahan pemeka kombinasi n-BA dan A-NPG dengan perbandingan 0,5 : 1 psk (perseratus bagian karet) diperoleh tegangan putus maksimum film vulkanisatnya sebesar 360 kg/cm^2 pada dosis iradiasi 20 kGy, viskositas lateks vulkanisatnya stabil, dan tidak menimbulkan polusi.

ABSTRACT

COMBINATION OF n-BA AND A-NPG MONOMERS AS SENSITIZER FOR RADIATION VULCANIZATION OF PTP XI PASIR WARINGIN NATURAL RUBBER LATEX. To obtain an alternative sensitizer for radiation vulcanization of Indonesian natural rubber latex which safety for environment and worker, study on the effect of combination of butyl acrylate (n-BA) and neopentylglycol diacrylate (A-NPG) monomers as a sensitizer for radiation vulkanization of PTP XI Pasir Waringin natural rubber latex have been done. Concentrated natural rubber latex was diluted with distilled water up to 50 % TS (total solid content), it was mixed with n-BA and A-NPG monomers in a certain composition, then it was irradiated by using γ rays from a ^{60}Co source, and then the mechanical properties of vulcanized film, and stability of irradiated latex were evaluated. The experimental results shows that, a maximum tensile strength of vulcanized latex film about 360 kg/cm^2 was achieved at irradiation dose of 20 kGy, the viscosity of vulcanized latex was stable, and there was no pollution effect when a combination of 0,5 phr (part per hundred part of rubber) n-BA and 1 phr A-NPG monomers was used as a sensitizer.

PENDAHULUAN

Pada penelitian terdahulu telah dipelajari pengaruh kombinasi monomer normal butil akrilat (n-BA) dan neopentilglikol diakrilat (A-NPG) sebagai bahan pemeka pada vulkanisasi radiasi lateks alam dari Malaysia yang hasilnya sangat memuaskan, tidak saja dapat menurunkan kadar monomer n-BA dari 5 psk (perseratus bagian karet) menjadi 1 psk, tetapi juga meningkatkan tegangan putus film lateks vulkanisatnya. Hal ini disebabkan monomer A-NPG adalah monomer polifungsional yang paling reaktif untuk membentuk ikatan silang antara molekul-molekul karet [1]. Pemakaian monomer n-BA sebanyak 5 psk dapat menimbulkan polusi dan mengganggu kestabilan lateks iradiasi [2]. Dari hasil-hasil penelitian terdahulu ternyata

sifat-sifat lateks alam Indonesia tidak sama dengan lateks alam Malaysia, dan selama ini di Indonesia masih menggunakan kombinasi monomer n-BA dan CCL_4 sebagai bahan pemeka. Diketahui bahwa CCL_4 dapat membahayakan pekerja karena uap CCL_4 mencemari lingkungan [3]. Usaha-usaha untuk mencari bahan pemeka alternatif yang tidak menimbulkan polusi dan tidak berbahaya bagi pekerja perlu dilakukan. Dalam makalah ini disajikan hasil-hasil percobaan yang mempelajari pengaruh kombinasi monomer n-BA dan A-NPG sebagai bahan pemeka untuk vulkanisasi radiasi lateks alam Indonesia. Pengaruh konsentrasi monomer n-BA, dan monomer A-NPG dalam campuran, dan

pengaruh dosis iradiasi terhadap tegangan putus, modulus 600, perpanjangan putus, dan persen pengembangan diamati secara seksama.

BAHAN DAN TATAKERJA

Bahan

Lateks pekat yang diperoleh dari Perseoran Terbatas Perkebunan (PTP) XI Pasir Waringin, Jawa-Barat dipakai dalam percobaan ini. Lateks pekat tersebut diencerkan dengan air suling hingga kadar padatan (KP) menjadi 50 %. KOH 0,2 psk dipakai sebagai penstabil lateks. Monomer n-BA dan A-NPG yang dipakai pada percobaan ini terlebih dahulu dimurnikan dengan melewati monomer dalam pipa kaca pisah yang berisikan serbuk alumina. Toluena teknis dipakai untuk mengevaluasi persen pengembangan berat film vulkanisat.

Tata kerja

Penyiapan cuplikan dan iradiasi

Lateks alam sebanyak 200 cc dicampur dengan bahan pemeka dengan pemutar magnetik dalam gelas piala selama 1 jam pada suhu kamar. Selanjutnya campuran tersebut diiradiasi pada berbagai dosis iradiasi pada suhu kamar dan laju dosis 10 kGy per jam dengan menggunakan sinar γ dari sumber ^{60}Co .

Penyiapan film

Film karet diperoleh dengan menuangkan lateks ke atas pelat kaca, kemudian dikeringkan dengan membiarkannya pada suhu kamar selama 2 hari. Film kering selanjutnya direndam dalam air keran selama 1 hari pada suhu kamar, kemudian dikeringkan lagi pada suhu kamar selama 2 hari, setelah kering dipanaskan dalam oven selama 30 menit pada suhu 80°C.

Persen pengembangan dalam toluen

Film karet kering ditimbang (W_1) dan direndam dalam toluen selama 1 hari kemudian ditimbang (W_2). Persen pengembangan berat dihitung dengan persamaan berikut :

$$Sw = (W_2 - W_1)/W_1 \times 100 \%$$

Sifat fisika

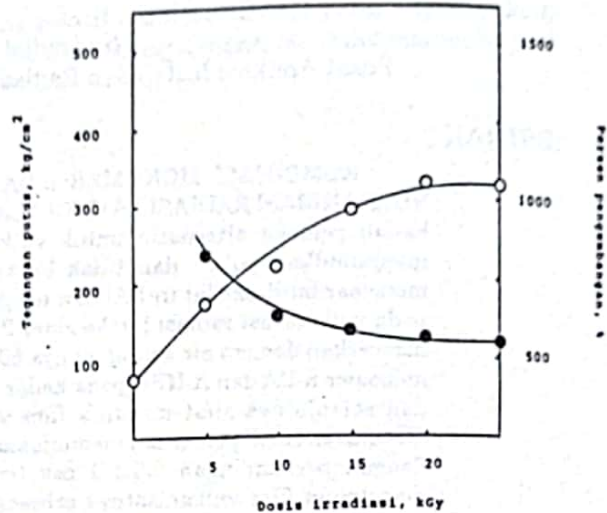
Tegangan putus, modulus 600, dan perpanjangan putus diukur dengan alat instron tipe 1122, berdasarkan standar ASTM D 412.

HASIL DAN PEMBAHASAN

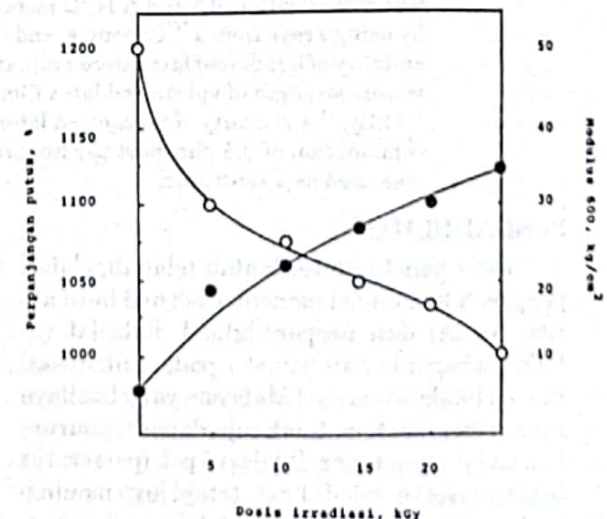
Pengaruh dosis iradiasi

Hubungan pengaruh dosis iradiasi terhadap tegangan putus, persen pengembangan da-

lam pelarut, perpanjangan putus, dan modulus 600 film vulkanisat yang memakai bahan pemeka kombinasi monomer n-BA dan A-NPG sebanyak 0,5 dan 1 psk ditunjukkan oleh Gambar 1 dan 2.



Gambar 1. Hubungan pengaruh dosis iradiasi terhadap tegangan putus (O) dan persen pengembangan (O) film vulkanisat yang memakai bahan pemeka kombinasi monomer n-BA dan A-NPG sebanyak 0,5 dan 1,0 psk.

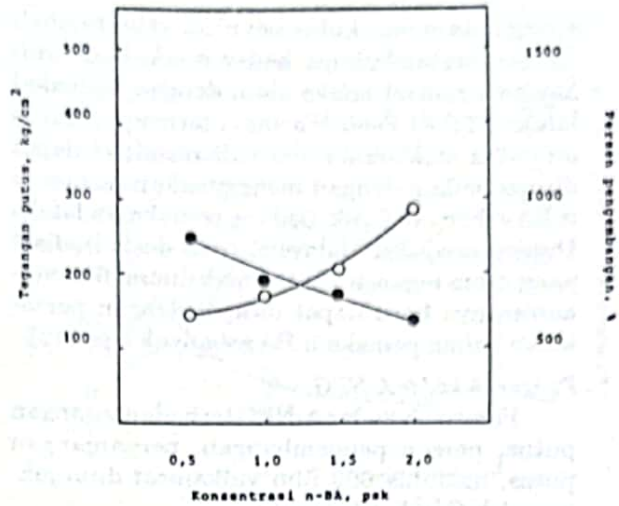


Gambar 2. Hubungan pengaruh dosis iradiasi terhadap sifat perpanjangan putus (O) dan modulus 600 (O) film vulkanisat yang memakai bahan pemeka kombinasi monomer n-BA dan A-NPG sebanyak 0,5 dan 1,0 psk.

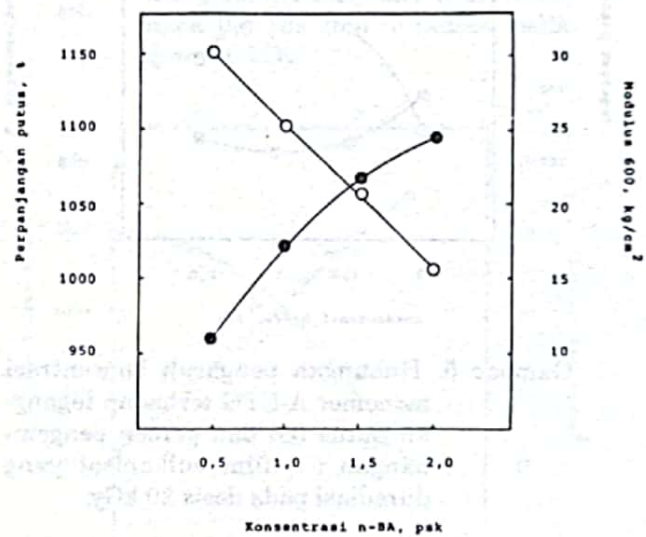
Dengan bertambahnya dosis iradiasi, tegangan putus dan modulus 600 film vulkanisatnya bertambah dan mencapai tegangan putus maksimum pada dosis 20 kGy, sedang persen pengembangan dan perpanjangan putus film vulkanisatnya menurun. Pertambahan tegangan putus dan modulus 600, dan penurunan persen pengembangan dan perpanjangan putus film vulkanisat tersebut disebabkan oleh timbulnya radikal radikal bebas dari molekul-molekul yang ada dalam campuran lateks seperti molekul-molekul karet, air maupun monomer saat radiasi berlangsung, radikal-radikal bebas ini timbul karena interaksi antara molekul-molekul tersebut dengan radiasi sinar γ . Dan radikal-radikal bebas tersebut selanjutnya bereaksi satu sama lain dan pada akhirnya membentuk ikatan-ikatan diantara molekul-molekul yang ada. Salah satunya adalah ikatan silang antara molekul-molekul karet itu sendiri. Ikatan-ikatan silang antara molekul karet yang terbentuk ini menyebabkan film karet menjadi lebih kuat. Dengan bertambahnya jumlah ikatan silang karet, kekuatan film karet akan semakin kuat. Menurut rumus FLORY dan REHNER [4], kerapatan silang antara molekul-molekul karet tersebut berhubungan erat dengan persen pengembangan dalam pelarut sehingga jumlah kerapatan ikatan silang molekul-molekul karet yang ada dapat ditentukan secara kualitatif maupun kuantitatif. Semakin besar persen pengembangan karet dalam pelarut, maka akan semakin sedikit jumlah ikatan silang molekul-molekul karetnya, dan sebaliknya. Maka dengan demikian kurva-kurva pertambahan tegangan putus dan modulus 600, dan penurunan perpanjangan putus dan persen pengembangan dalam pelarut yang tertera pada Gambar 1 dan 2 ini disebabkan oleh bertambahnya jumlah ikatan silang molekul-molekul karet yang terbentuk sehubungan dengan bertambahnya dosis iradiasi.

Pengaruh kadar n-BA

Di atas telah dijelaskan bahwa tegangan putus maksimum dicapai pada dosis iradiasi 20 kGy, maka pada percobaan selanjutnya hanya dipakai pada dosis tersebut. Pada Gambar 3 dan 4 ditunjukkan pengaruh kadar monomer n-BA terhadap tegangan putus, persen pengembangan dalam pelarut, perpanjangan putus, dan modulus 600 film vulkanisat. Dapat dilihat pada Gambar 3 dan 4 tegangan putus dan modulus film vulkanisatnya bertambah, sedang persen



Gambar 3. Hubungan pengaruh konsentrasi monomer n-BA terhadap tegangan putus (O) dan persen pengembangan (O) film vulkanisat yang diiradiasi pada dosis 20 kGy.



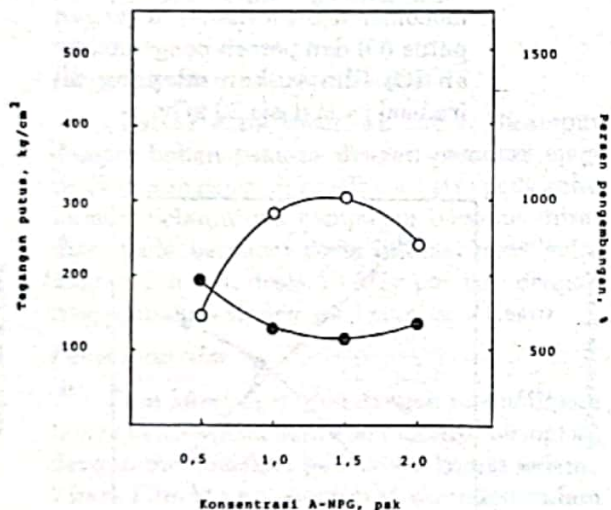
Gambar 4. Hubungan pengaruh konsentrasi monomer n-BA terhadap modulus 600 (O) dan perpanjangan putus (O) film vulkanisat yang diiradiasi pada dosis 20 kGy.

pengembangan dan perpanjangan putusnya menurun dengan bertambahnya kadar n-BA. Berdasar pada rumus FLORY dan REHNER yang sama maka pertambahan tegangan putus dan modulus, dan penurunan persen pengembangan dalam pelarut dan perpanjangan putus dapat diartikan bahwa jumlah fraksi ikatan

silang antara molekul-molekul karet bertambah dengan bertambahnya kadar n-BA. Pada vulkanisasi radiasi lateks alam dengan memakai lateks PTP XI Pasir Waringin ternyata tegangan putus maksimum film vulkanisatnya dapat dicapai cukup dengan menggunakan monomer n-BA sebanyak 2 psk. Sedang pemakaian lateks Dunlop produksi Malaysia, pada dosis iradiasi yang sama tegangan putus maksimum film vulkanisatnya baru dapat dicapai dengan pemakaian bahan pemeka n-BA sebanyak 5 psk [2].

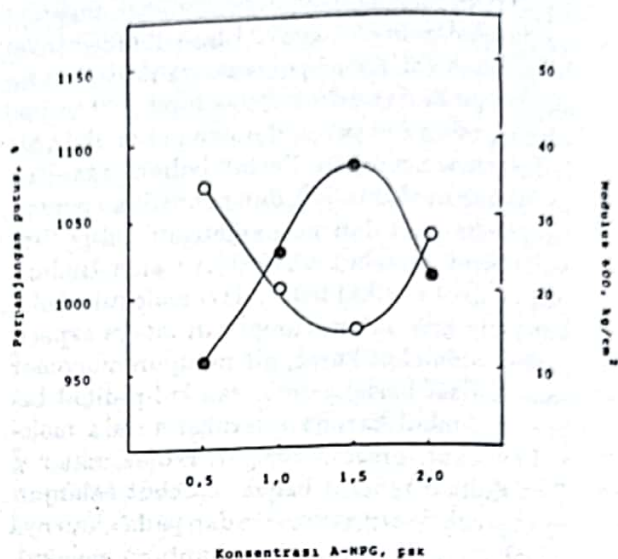
Pengaruh kadar A-NPG

Pengaruh kadar A-NPG terhadap tegangan putus, persen pengembangan, perpanjangan putus, modulus 600 film vulkanisat ditunjukkan oleh Gambar 5 dan 6.



Gambar 5. Hubungan pengaruh konsentrasi monomer A-NPG terhadap tegangan putus (O) dan persen pengembangan (O) film vulkanisat yang diiradiasi pada dosis 20 kGy.

Tegangan putus dan modulus film vulkanisatnya bertambah hingga mencapai maksimum kemudian menurun, sedang persen pengembangan dalam pelarut dan perpanjangan putusnya berkurang hingga mencapai minimum kemudian bertambah dengan bertambahnya kadar A-NPG, berarti penurunan tegangan putus maupun modulus, dan bertambahnya persen pengembangan dalam pelarut dan perpanjangan putus film vulkanisat disebabkan berkurangnya fraksi ikatan silang dalam film vulkanisat. Kelebihan poli(A-NPG) dalam partikel karet diasumsikan sebagai penyebab ber-

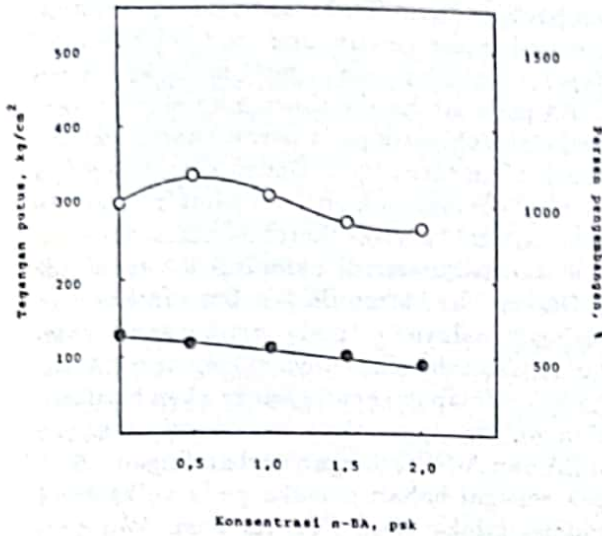


Gambar 6. Hubungan pengaruh konsentrasi monomer A-NPG terhadap modulus 600 (O) dan perpanjangan putus (O) film vulkanisat yang diiradiasi pada dosis 20 kGy.

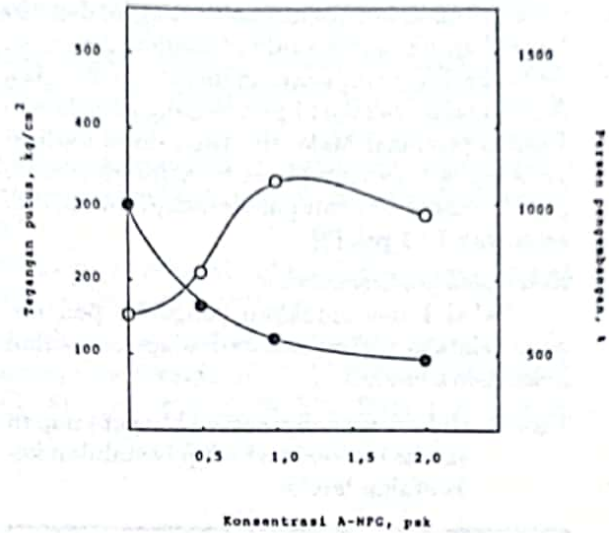
kurangnya fraksi ikatan silang molekul-molekul karet tersebut. Tegangan putus maksimum dicapai pada konsentrasi A-NPG 1,5 psk.

Pengaruh kadar monomer campuran

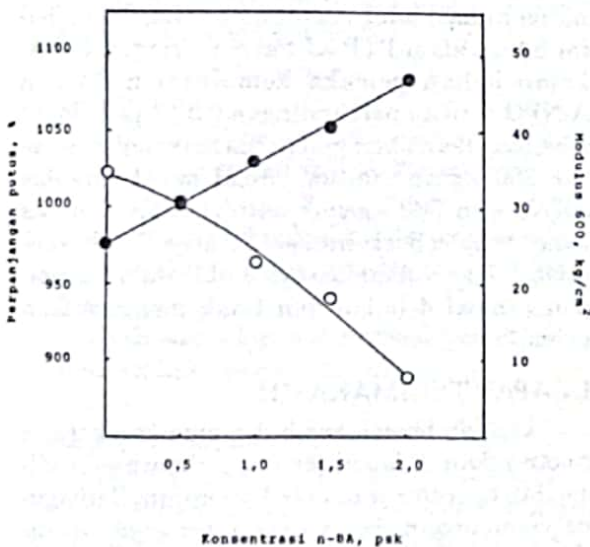
Pengaruh kadar monomer n-BA terhadap tegangan putus, persen pengembangan, modulus 600, dan perpanjangan putus film vulkanisat yang mengandung 1 psk A-NPG ditunjukkan oleh Gambar 7 dan 8. Persen pengembangan dalam pelarut dan perpanjangan putus berkurang, dan modulus 600 bertambah dengan bertambahnya kadar monomer n-BA, sedang tegangan putusnya bertambah sampai mencapai maksimum kemudian berkurang. Berkurangnya tegangan putus film vulkanisat dapat disebabkan oleh bertambahnya kadar poli(n-BA) pada partikel karet yang mengganggu kristalisasi molekul karet pada saat ditarik. Tegangan putus maksimum diperoleh pada kadar campuran monomer n-BA dan A-NPG sebanyak 0,5 : 1 psk. Hubungan pengaruh kadar monomer A-NPG terhadap tegangan putus, modulus 600, perpanjangan putus, dan persen pengembangan dalam pelarut film vulkanisat yang mengandung monomer n-BA sebanyak 0,5 psk ditunjukkan oleh Gambar 9 dan 10. Persen pengembangan dalam pelarut dan perpanjangan putus berkurang, dan modulus 600 bertambah dengan bertambahnya kadar A-NPG, sedangkan tegangan putusnya



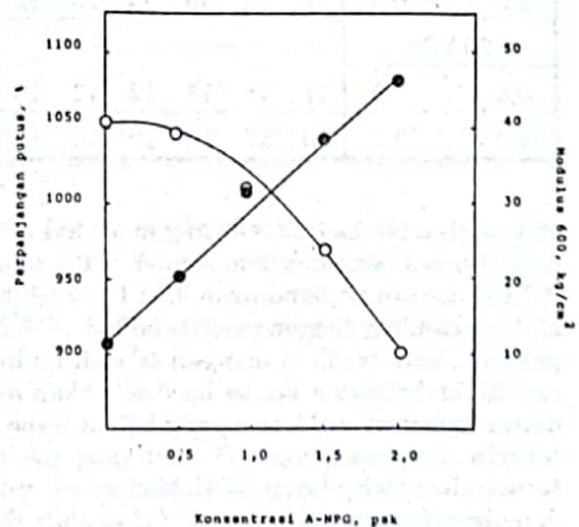
Gambar 7. Hubungan pengaruh konsentrasi monomer n-BA terhadap tegangan putus (O) dan persen pengembangan (O) film vulkanisat yang mengandung monomer A-NPG sebanyak 1 psk dan diiradiasi pada dosis 20 kGy.



Gambar 9. Hubungan pengaruh konsentrasi monomer A-NPG terhadap tegangan putus (O) dan persen pengembangan (O) film vulkanisat yang mengandung monomer n-BA sebanyak 0,5 psk dan diiradiasi pada dosis 20 kGy.



Gambar 8. Hubungan pengaruh konsentrasi monomer n-BA terhadap tegangan putus (O) dan modulus 600 (O) film vulkanisat yang mengandung monomer A-NPG sebanyak 1 psk dan diiradiasi pada dosis 20 kGy.



Gambar 10. Hubungan pengaruh konsentrasi monomer A-NPG terhadap modulus 600 (O) dan perpanjangan putus (O) film vulkanisat yang mengandung monomer n-BA sebanyak 0,5 psk dan diiradiasi pada dosis 20 kGy.

bertambah sampai maksimum kemudian menurun. Penyebab menurunnya tegangan putus film vulkanisatnya sama seperti diuraikan di

atas yaitu adanya gangguan pada kristalisasi molekul karet saat ditarik karena banyaknya molekul poli (A-NPG) dalam partikel karet.

Tegangan putus maksimum sebesar 330 kg/cm² untuk pemakaian lateks kualitas ASTM dan 360 kg/cm² untuk lateks kualitas kondom diperoleh pada kadar campuran monomer n-BA dan A-NPG sebanyak 0,5 : 1 psk. Sedang pada lateks Dunlop produksi Malaysia, pada dosis iradiasi yang sama tegangan putus maksimum dicapai pada konsentrasi campuran n-BA dan A-NPG sebanyak 1 : 1 psk [2].

Kekentalan lateks vulkanisat

Tabel 1 menunjukkan pengaruh penyimpanan lateks vulkanisat terhadap kestabilan kekentalan lateks.

Tabel 1. Hubungan pengaruh waktu penyimpanan lateks iradiasi terhadap kestabilan kekentalan lateks.

Komposisi bahan pemeka, psk n-BA : A-NPG	Waktu penyimpanan lateks (hari)					
	1	3	5	7	10	14
0 kGy						
0,5 : 1,0	11	16	13	12	12	10
2,0 : 0,0	10	42	40	33	23	15
20 kGy						
0,5 : 1,0	11	11	12	12	12	10
2,0 : 0,0	10	17	15	13	10	12

Kekentalan lateks iradiasi yang memakai bahan pemeka kombinasi monomer n-BA dan A-NPG dengan perbandingan 0,5 : 1 psk lebih stabil dibanding dengan yang memakai n-BA 2 psk saja, baik sebelum maupun setelah iradiasi. Ketidakstabilan lateks ini disebabkan adanya monomer n-BA sisa yang belum terpolimerisasi secara sempurna atau yang tidak ternetralisir oleh adanya KOH. Monomer n-BA yang bersifat asam dengan pH 6,2 apabila di campurkan ke dalam lateks alam akan terjadi

reaksi dengan protein pada lapisan permukaan partikel karet (6), karena protein berfungsi sebagai lapisan pelindung partikel karet dalam lateks berupa ion negatif, maka kehadiran n-BA pada lateks alam mengakibatkan potensial elektrokinetik pada permukaan karet tersebut akan terganggu. Dengan terganggunya potensial elektrokinetik tersebut menyebabkan partikel-partikel karet dalam lateks menjadi terkoagulasi, di samping itu monomer n-BA bersifat hidropilik [7]. Dengan keadaan terkoagulasinya partikel-partikel karet tersebut dan kehidropilikannya monomer n-BA maka kekentalan dari pada lateks akan berubah. Dengan menggunakan kombinasi monomer n-BA dan A-NPG dengan perbandingan 0,5 : 1 psk sebagai bahan pemeka pada vulkanisasi radiasi lateks alam PTP XI Pasir Waringin ternyata walau disimpan sampai 4 bulan kekentalan lateksnya tetap stabil dan tidak menimbulkan polusi.

KESIMPULAN

Dari hasil percobaan dapat disimpulkan bahwa kombinasi monomer n-BA dan A-NPG dapat diterapkan sebagai bahan pemeka alternatif pengganti CCL₄ dan n-BA untuk vulkanisasi radiasi lateks alam Indonesia, dalam hal ini lateks alam PTP XI Pasir Waringin. Pemakaian bahan pemeka kombinasi n-BA dan A-NPG dengan perbandingan 0,5 : 1 psk, dapat menghasilkan tegangan putus maksimum sebesar 330 kg/cm² untuk lateks pekat kualitas ASTM dan 360 kg/cm² untuk lateks kualitas kondom pada dosis iradiasi 20 kGy. Dan kekentalan lateks vulkanisatnya stabil walau disimpan sampai 4 bulan dan tidak menimbulkan polusi.

UCAPAN TERIMAKASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada rekan-rekan di laboratorium polimerisasi radiasi dan operator iradiator Panoramik Serbaguna sehubungan dengan terlaksananya penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

1. Makuuchi, K., Hagiwara, M. and Serizawa, T., Radiation vulcanization of natural rubber latex with polyfunctional II, Radiation Physics and Chemistry XXIV 2 (1984) 203-207.
2. Sudradjat Iskandar, Makuuchi, K., Yoshii, F., and Ishigaki, I., Combination of n-butyl acrylate and neopentylglycol diacrylate as Sensitizer for Radiation vulcanization of natural rubber latex, Risalah pertemuan ilmiah Aplikasi Isotop dan Radiasi dalam Bidang Industri dan Hidrologi, Jakarta (3-4 Desember 1991).

3. Makuuchi, K., and Hagiwara, M., Radiation vulcanization of natural rubber latex with polyfunctional monomer, *Journal Applied Polymer Science* 29 (1984) 965 - 976.
4. Minoura, Y. and Asao, M., Studies on gamma rays irradiation of natural rubber latex. The effect of organic halogen compoundson crosslinking by gamma irradiation, *Journal Applied Polymer Science*, 5, 401 (1961).
5. Chen Zhonghai and Makuuchi K., n-Butyl acrylate as a sensitizer for radiation vulcanization of natural rubber latex, *Proceedings of The International Symposium on Radiation Vulcanization of Natural Rubber Latex*, JAERI-M(1990).326.
6. Makuuchi, K, Introduction to radiation vulcanization of natural rubber latex, Presented at National Executive Management seminar on RVNRL, Jakarta (1990).
7. Sabarinah dan Sundardi, F., Bahan pemeka untuk vulkanisasi radiasi lateks alam I, kombinasi monomer akrilat monofungsional - karbontetrachlorida (CCL₄), *Pertemuan Ilmiah Proses Radiasi Dalam Industri, Sterilisasi, dan Aplikasi Teknik Nuklir Dalam Hidrologi*, Jakarta (1988).

DISKUSI

Ign. Djoko S. :

1. Apakah sudah dipertimbangkan segi ekonomisnya dari pemakaian fasilitas iradiasi yang Bapak pakai?
2. Untuk orde besar apakah kapasita dari alat iradiasi cukup memadai?

Sudradjat Iskandar:

1. Segi ekonomis dari pemakaian fasilitas iradiasi yang dipakai sudah diteliti.
2. Fasilitas iradiasi yang ada di PAIR - BATAN baru memenuhi kebutuhan lateks iradiasi sebanyak 1,5 ton per hari.

Rd. Sukendar:

1. Aplikasi hasil penelitian dengan kombinasi monomer kepada industri-industri kecil berupa lateks yang sudah divulkanisasi radiasi, pertanyaannya; bagaimana cara memperolehnya dipasaran?
2. Kapan hasil teknologi ini dapat diperoleh/didapat pada alat/barang karet yang berkualitas untuk kebutuhan seperti kedokteran, laboratorium, pesawat terbang dan lain-lain, produksi lokal ?
3. Apakah mungkin vulkanisasi belerang aktif ³⁵S akan menjadi pesaing atau pembanding dengan hasil penelitian anda ?

Sudradjat Iskandar:

1. Karena penelitian ini baru untuk skala laboratorium, maka lateks vulkanisat yang menggunakan kombinasi monomer n-BA dan A-NPG belum ada di pasaran.
2. Hasil penelitian ini akan ada di pasaran bila studi skala besar telah dilakukan dan diterima di Industri.
3. Dari segi perbandingan antara vulkanisasi belerang dengan vulkanisasi radiasi yang diteliti perlu ada penelitian lanjut.