

## Adunan Getah Asli/Polistirena (NR/PS) Bersama HVA-2 sebagai Agen Taut Silangan

Nor Hayati Muhammad & Ibrahim Abdullah

*Pusat Pengajian Sains Kimia dan Teknologi Makanan*

*Universiti Kebangsaan Malaysia*

*43600 UKM Bangi, Selangor, Malaysia*

Diterima: 6 Februari 2001

### ABSTRAK

Adunan getah asli (NR) dan polistirena (PS) telah disediakan dengan kaedah leburan menggunakan mesin plasticorder pada komposisi yang berlainan. Adunan telah dilakukan pada kadar rpm, suhu 120°C dalam masa 15 minit. Penambahan *m*-fenilenebismaleimida (HVA-2) dan getah asli cecair (LNR) ke dalam adunan pada komposisi NR/PS 60/40 dan 70/30, didapati meningkatkan sifat-sifat mekanik adunan. HVA-2 dipercayai berkeupayaan menyeragamkan pembentukan taut silangan terutamanya dalam fasa getah. Komposisi optimum HVA-2 dan LNR bagi adunan NR/PS 60/40 adalah masing-masing 1.2 – 1.3 phr dan 5% LNR. Bagi adunan 70/30, kepekatan optimum adalah 1.6 – 1.7 phr dan 10% LNR.

### ABSTRACT

Polystyrene (PS) and Natural Rubber (NR) were prepared by melt blending of the materials in a plasticorder mixer for two compositions. The processing conditions were a mixing rate of 50rpm, a duration of 15 min and a temperature of 120°C. The mechanical properties of the blend had improved significantly with the addition of HVA-2 and LNR into the blends. The effect of *m*-phenylenebismaleimide (HVA-2) and Liquid Natural Rubber (LNR) on the curing properties of NR/PS 60/40 and 70/30 blends were evaluated. Formation of cross links within the phase was observed to increase on addition of HVA-2. The crosslinking reactions seemed to focus predominantly in the NR phase as these reagents were more soluble in it. The most efficient composition of HVA-2 were of 1.2 – 1.3 phr for blends of NR/PS 60/40 with 5% LNR. At a composition of NR/PS 70/30 with 10% LNR, the optimum amount of HVA-2 as 1.6 – 1.7 phr.

**Kata kunci:** Polistirena, getah asli, HVA-2, getah asli cecair

### PENDAHULUAN

Pengadunan dua atau lebih polimer yang berlainan boleh meningkatkan sebahagian daripada sifat-sifat fizikal dan mekanikal. Secara umum getah asli termoplastik (TPNR) boleh dibahagi kepada dua kategori iaitu TPNR bergred lembut dan TPNR bergred separa tegar (Tinker 1987: Gelling dan Tinker 1988). Umumnya jika komposisi termoplastik melebihi NR, TPNR adalah sebagai separa tegar yang mempunyai kekuatan hentaman yang tinggi terutama pada suhu rendah (Gelling dan Tinker 1988). Bagi TPNR bergred lembut pula,

kandungan NR adalah tinggi dan boleh dikelaskan sebagai elastomer termoplastik.

Penambahan HVA-2 ke dalam adunan NR/PP boleh menambah kekuatan tegangan dan kekuatan rintangan koyakan adunan (Elliott dan Tinker 1985). Penambahan HVA-2 ke dalam adunan getah/termoplastik didapati boleh menyempurnakan lagi beberapa sifat adunan. Ini telah ditunjukkan oleh beberapa penyelidik terhadap adunan NR/PP (Tinker 1984; Campbell 1978; Methew dan Tinker 1986). Menurut Tinker (1984) sifat hentaman meningkat dengan penambahan sedikit HVA-2 yang bertindak sebagai agen taut silang dalam fasa getah. Dijangkakan HVA-2 dapat bertindak sebagai agen pematangan kepada adunan NR/PS. Artikel ini akan membincangkan penyediaan TPNR, adunan NR/PS dengan *m*-fenilenabismaleimida (HVA-2) sebagai agen pematangan. Secara ringkas mekanisme pemvulkanan menggunakan HVA-2 ditunjukkan seperti berikut (Kovacic dan Hein 1959):

POOP	→	2PO•
PO• + RH	→	POH + R•
R• + MM	→	RMM•
RMM• +RH	→	RMHM +R•
R• + RMHM	→	RMHMR•
RMHMR•+RH	→	RMHMHR + R•
R• + R•	→	R - H
R• + RMM •	→	RRMM
R• + RMHMR•	→	RMHMRR
RMM•1 + RMM•	→	RMMMMR
RMHRM• + RMM•	→	RMHRMMMMR
RMHRM• + RMHRM•	→	RMHRMMRHMR

Iaitu POOP ialah organik peroksida dan MM ialah bismaleimida.

## EKSPERIMEN

### *Bahan-bahan*

Bahan-bahan yang digunakan ialah getah asli (NR) jenis SMR-L yang dibekalkan oleh Guhrie (M) Sdn Bhd., Polistirena (PS) diperolehi dari Petrochemical (M) Sdn Bhd., Toluena yang berjenama Merck dari Germandan agen penaut silang *m*-feilenabismaleimida (HVA-2) didapati dari Trade TCI Mark, Tokyo.

### *Penyediaan Sampel*

Getah asli cecair (LNR) dihasilkan melalui tindak balas pengoksidaan fotokimia getah asli (Ibrahim 1996). Adunan NR/PS disediakan dalam 2 komposisi iaitu 70/30 dan 60/40 menggunakan HVA-2 sebagai agen penaut silang bersama LNR sebagai pengserasi. Pengadunan dilakukan selama 15 minit pada kadar putaran rotor 50 rpm dan suhu 120°C. Mesin pengadunan yang digunakan

adalah Brabender PL 2000 berkawalan komputer dengan pencampur W50E/2 yang berisi padu 55 cm<sup>3</sup>.

NR dimasukkan ke dalam mesin pengadun dan diikuti satu minit kemudian oleh LNR. PS dimasukkan pada minit ke-3 dan agen penaut silang pada minit ke-5, bahan diadunkan selama 15 minit. Adunan yang masih panas dikeluarkan dan ditekan di dalam penekan panas hidrolik. Tekanan sebanyak 7 tan metrik dikenakan selama 10 minit pada suhu 170°C. Kepingan setebal 1 mm dan 3 mm yang terhasil kemudian dikeluarkan dan dibiarkan matang selama 3 hari sebelum pengujian fizikal dilakukan.

Kandungan HVA-2 yang digunakan pada tahap 0.0, 0.1, 0.9, 1.7, 2.5 phr. Adunan dilakukan mengikut formulasi seperti di dalam Jadual 1.

JADUAL 1  
Formulasi adunan

	Komposisi 60:40			Komposisi 70:30		
	I	II	III	I	II	III
NR (%)	60	55	53	70	65	60
PS (%)	40	40	40	30	30	30
LNR(%)	0	5	7	0	5	10
HVA-2 (phr)	x	x	x	x	x	x

*Petunjuk* : x adalah kuantiti HVA-2 yang berubah

### PENCIRIAN SIFAT MEKANIK

#### (a) *Ujian Regangan*

Mesin ujian Universal Instron Model 4301 dengan sel muatan sebesar 1 kN digunakan. Kepingan sampel setebal 1 mm dipotong kepada bentuk “dumbel”, untuk ujian tegangan. Kelajuan tarikan ialah 50 mm/minit mengikut standard ASTM D 638. Suhu dan kelembapan makmal semasa ujian dijalankan adalah T = 25°C dan RH = 65%. Ujian dijalankan ke atas 7 sampel dan nilai purata diambil dari 5 bacaan terbaik.

#### (b) *Ujian Kekerasan*

Kekerasan diukur dengan menggunakan Durometer Shore A dari jenis Zwick Model 3100 berasaskan ASTM D-2240-. Tebal sampel yang diperlukan tidak kurang dari 3 mm dan ukuran dibuat berdasarkan kepada kedalaman penembusan indenter tersebut.

#### (c) *Ujian Hentaman*

Ujian ini dijalankan mengikut kaedah Izod menggunakan mesin Bandul Digital Universal Fractoscope (CEAST) 6546/000 berdasarkan kepada ASTM D 256-88. Sampel ujian dari kepingan 3 mm dipotong menggunakan alat Hollow Die

Puncher dan pemotong Notch Davenport digunakan untuk membentuk takuk 1 mm pada bahagian tengah.

#### *Darjah Taut Silang*

Ujian pembengkakan dijalankan mengikut piawaian ASTM D 3616. Tiga keping sampel ujian yang berukuran 1 cm x 1 cm ditimbang dan dimasukkan ke dalam tabung uji yang mengandungi pelarut toluena selama 24 jam. Kemudian sampel dikeluarkan dan dilapkan permukaannya dengan kertas turas lalu ditimbang dengan segera. Sampel tersebut dikeringkan di udara selama satu hari sebelum dikeringkan di dalam ketuhar vakum pada suhu 60°C sehingga mendapat berat malar.

### KEPUTUSAN DAN PERBINCANGAN

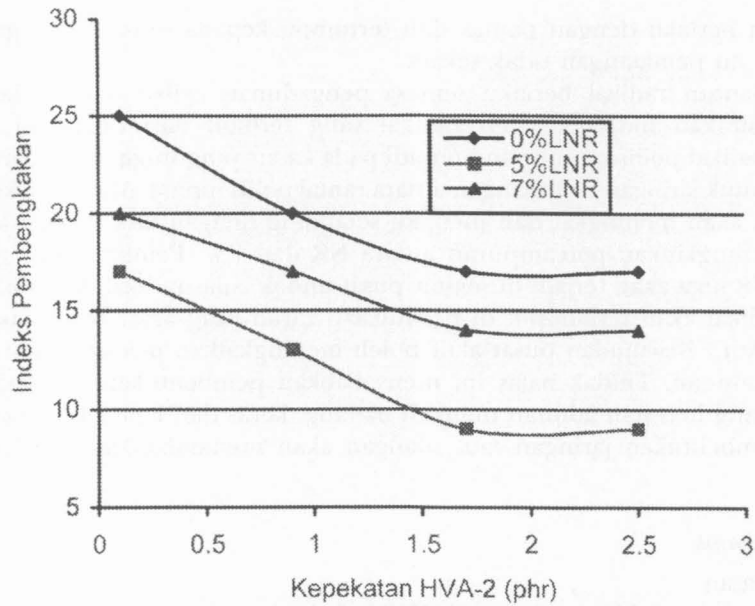
#### *Indeks Pembengkakan*

*Rajah 1(a)* dan *Rajah 1(b)* masing-masing menunjukkan pengaruh HVA-2 terhadap pembentukan taut silangan bagi adunan 60/40 dan adunan 70/30. HVA-2 berkesan dalam mewujudkan interaksi di antara fasa dalam adunan. Perubahan dalam indeks pembengkakan dengan komposisi HVA-2 menunjukkan wujudnya rangkaian taut silangan dalam matriks apabila reagen ini dicampur ke dalam adunan.

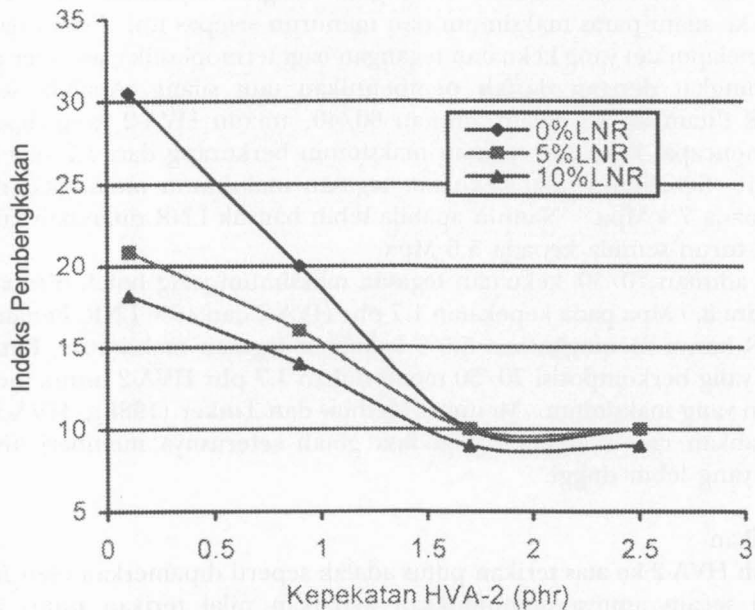
*Rajah 1(a)* menunjukkan bahawa darjah taut silangan bagi adunan 0%, 5% dan 7% LNR meningkat dengan penambahan HVA-2 dalam adunan sehingga 1.7 phr dan seterusnya menjadi malar. Bagi adunan 7% LNR, darjah taut silangan rendah apabila dibandingkan dengan adunan 5% LNR tetapi lebih tinggi daripada adunan 0% LNR. HVA-2 telahpun dilaporkan dapat bertindak sebagai agen taut silang dalam fasa getah (Methew dan Rinker 1986). Kehadiran LNR sebanyak 5% dalam adunan boleh mengurangkan indeks pembengkakan sebanyak 47% manakala apabila lebih banyak LNR ditambah iaitu 7%, indeks pembengkakan hanya berkurang sebanyak 18% pada kepekatan 1.7 phr HVA-2. Nilai indeks pembengkakan berkurang dari 25 kepada 17 apabila adunan ditambah 5% LNR pada kepekatan 0.1 phr HVA-2. LNR sebagai pengserasi dalam adunan TPNR telahpun dilaporkan (Sahrim dan Ibrahim 1992; Sahrim *et al.* 1994). *Rajah 1(b)* menunjukkan bahawa pada kepekatan 1.7 phr HVA-2 nilai indeks pembengkakan bagi ketiga-tiga adunan adalah hampir sama dan seterusnya menjadi malar. Pada kepekatan 0.1 phr HVA-2 nilai indeks berkurang masing-masing dari 30.5 kepada 18.2 dan 20.9 apabila adunan ditambah 10% dan 5% LNR.

Ini akan menghasilkan adunan berkekuatan tinggi dan akan terjadi apabila kuantiti penjana radikal dan tahap ricihan dapat diimbangkan.

Degradasi bahan berlaku semasa proses percampuran adunan. Daya ricihan dapat memutuskan jaringan taut silangan dan meruntuhkan morfologi yang dibina. Pemprosesan berlebihan akan menghasilkan adunan yang lembut dengan kekuatan regangan yang rendah. Keadaan ini terjadi apabila pembentukan taut



(a) Adunan 60/40



(b) Adunan 70/30

Rajah 1: Pengaruh HVA-2 terhadap indeks pembengkakan adunan NR/PS

silangan berlaku dengan pantas dan tertumpu kepada sesuatu bahagian dan dengan itu pematangan tidak sekata.

Penjanaan radikal berlaku semasa pengadunan akibat dari tindak balas pengabstrakan hidrogen oleh radikal yang terhasil dari degradasi HVA-2. Makroradikal poliisoprenil yang terjadi pada kadar yang tinggi akan bercantum membentuk jaringan taut silangan antara rantai poliisoprena. Akibatnya kelikatan fasa NR akan meningkat dan menjadi setanding dengan fasa PS dan keadaan ini memungkinkan percampuran antara NR dan PS. Pembentukan gugusan zarah NR juga akan terjadi di sekitar pusat tindak balas radikal dan sebahagian dari radikal akan terkumpul di permukaan zarah yang akan bertindak sebagai pusat aktif. Kewujudan pusat aktif boleh meningkatkan pelekatan antara fasa dalam adunan. Tindak balas ini menyebabkan pembentukan rangkaian taut silang yang luas dan adunan menjadi matang, keras dan kuat. Lagi pesat dan luas pembentukan jaringan taut silangan akan menambahkan lagi kekuatan bahan.

### *Sifat Mekanik*

#### (a) Tegasan

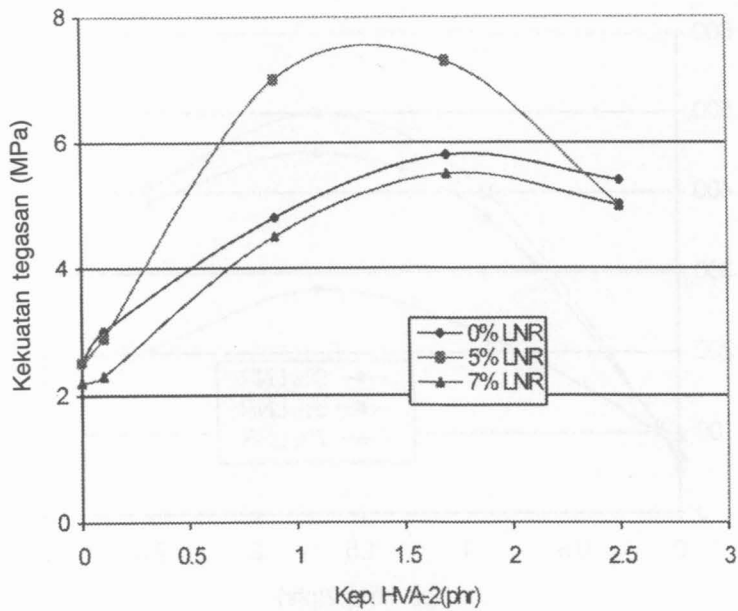
*Rajah 2* menunjukkan pengaruh HVA-2 terhadap kekuatan tegasan. Secara amnya nilai kekuatan tegasan meningkat dengan kepekatan HVA-2 dalam adunan ke suatu paras maksimum dan menurun selepas itu. Coran dan Patel (1980) melaporkan yang kekuatan tegangan bagi termoplastik elastomer EPDM/PP meningkat dengan darjah pembentukan taut silang. Apabila sebanyak 5% LNR ditambah ke dalam adunan 60/40, amaun HVA-2 yang diperlukan untuk mencapai kekuatan tegasan maksimum berkurang dari 1.7 phr kepada 1.25 phr. Sebaliknya nilai kekuatan tegasan maksimum meningkat dari 5.8 Mpa kepada 7.4 Mpa. Namun apabila lebih banyak LNR ditambah iaitu 7%, nilai ini turun semula kepada 5.6 Mpa.

Bagi adunan 70/30, kekuatan tegasan maksimum yang boleh dicapai lebih tinggi iaitu 8.5 Mpa pada kepekatan 1.7 phr HVA-2 dan 10% LNR. Penambahan 5% LNR hanya meningkatkan 5.5% kekuatan tegasan maksimum. Ketiga-tiga adunan yang berkomposisi 70/30 memerlukan 1.7 phr HVA-2 untuk mencapai kekuatan yang maksimum. Menurut Methew dan Tinker (1986), HVA-2 boleh menyebabkan taut silangan dalam fasa getah seterusnya memberi kekuatan tegasan yang lebih tinggi.

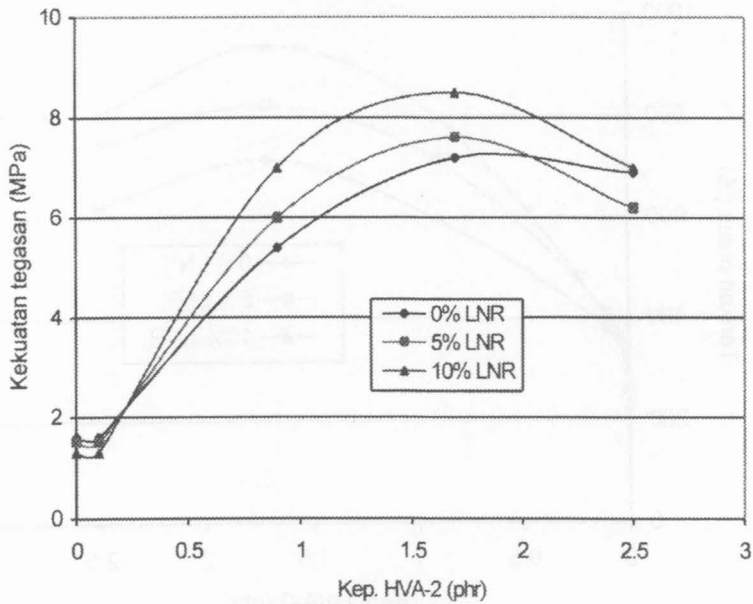
#### (b) Terikan

Pengaruh HVA-2 ke atas terikan putus adalah seperti dipamerkan oleh *Rajah 3*. Graf ini secara amnya menunjukkan kenaikan nilai terikan putus apabila kepekatan HVA-2 dalam adunan bertambah. Nilai terikan putus bagi adunan 60/40 yang dapat dicapai adalah 500% pada kepekatan 1.65 phr HVA-2 dan 5% LNR. Penambahan sebanyak 7% LNR adunan 60/40 menyebabkan terikan putus berkurang kepada 450%. Bagi adunan tanpa LNR, terikan putus yang dicapai meningkat dari 50% kepada 280% apabila ditambah 1.7 phr HVA-2 ke dalam adunan.

Adunan Getah Asli/Polistirena (NR/PS) Bersama HVA-2 sebagai Agen Taut Silangan

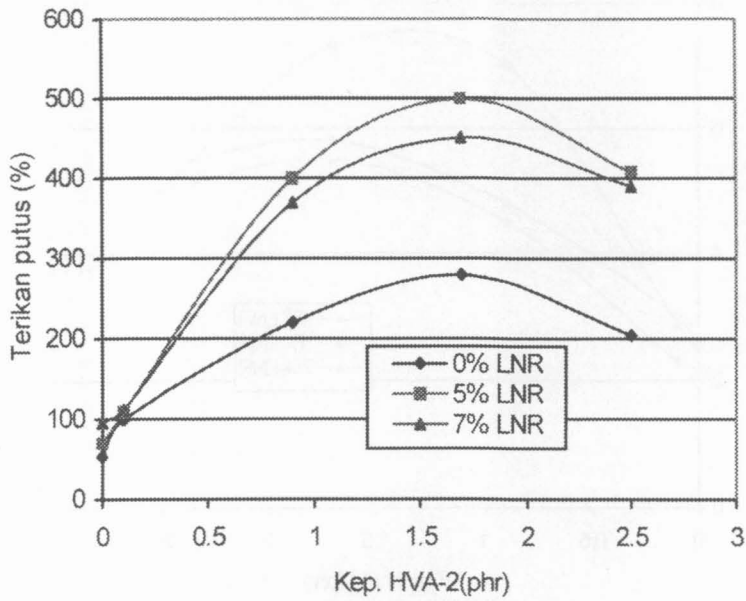


(a) Adunan 60/40

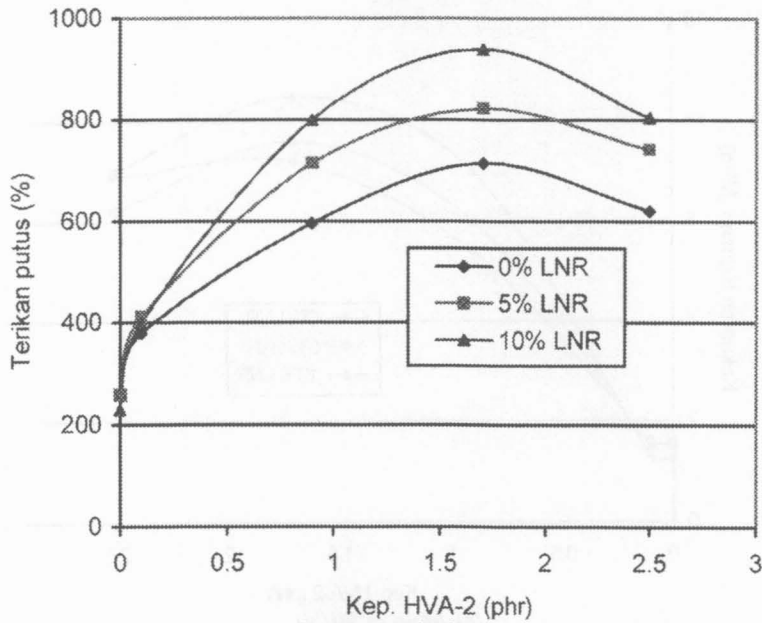


(b) Adunan 70/30

Rajah 2: Pengaruh HVA-2 terhadap kekuatan tegasan adunan NR/PS



(a) Adunan 60/40



(b) Adunan 70/30

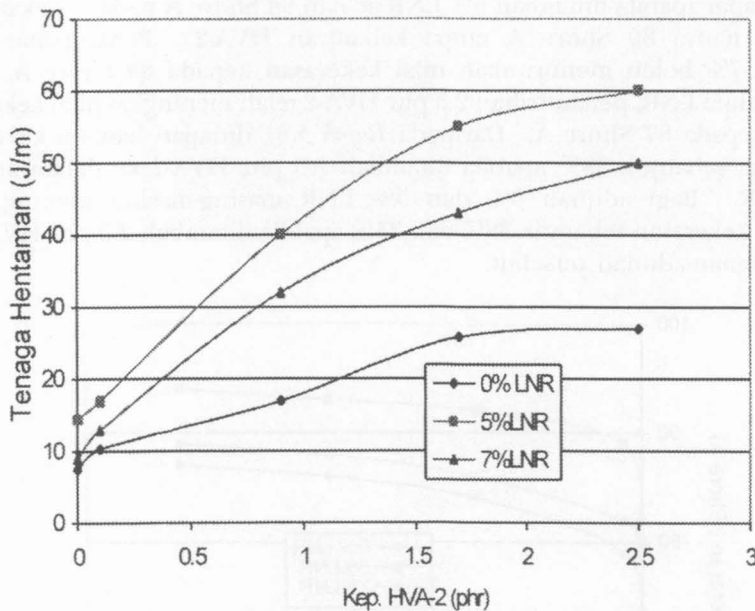
Rajah 3: Pengaruh HVA-2 terhadap terikan putus adunan NR/PS



Bagi adunan 70/30 dengan 10% LNR, nilai terikan putus yang dapat dicapai jauh lebih tinggi iaitu 950% pada 1.7 phr HVA-2 dan hanya 220% tanpa kehadiran HVA-2. Adunan tanpa LNR memberi terikan putus yang rendah iaitu pada 720% pada kepekatan 1.7 phr HVA-2. *Rajah 3* menunjukkan HVA-2 boleh meningkatkan nilai terikan putus adunan. Nilai terikan putus yang meningkat menggambarkan wujudnya perekatan yang lebih baik di antara fasa getah asli dengan fasa polistirena. Dengan itu wajar disarankan HVA-2 menyebabkan peningkatan interaksi antara pelbagai fasa dalam adunan.

(c) Tenaga hentaman

Hentaman merujuk kepada rintangan sesuatu bahan yang kaku terhadap daya yang dikenakan ke atasnya secara mengejut. Tenaga hentaman sesuatu polimer atau adunan ialah keupayaan menahan dari patah apabila dikenakan tegasan (stress) pada kelajuan yang tinggi. Kesan penambahan HVA-2 terhadap tenaga hentaman ditunjukkan dalam *Rajah 4*. Penambahan 2.5 phr HVA-2 pada adunan 5% LNR menunjukkan kenaikan dalam tenaga hentaman dari 14.4 kepada 60 J/m.



*Rajah 4: Pengaruh HVA-2 terhadap tenaga hentaman bagi adunan NR/PS 60/40*

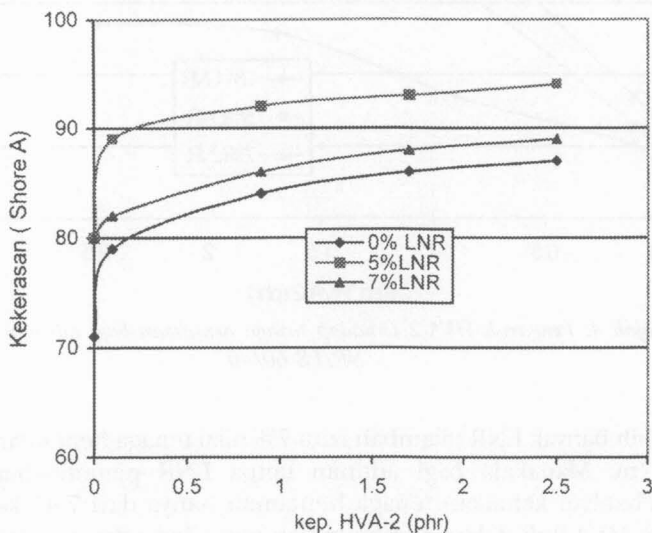
Apabila lebih banyak LNR ditambah iaitu 7% nilai tenaga hentaman menurun kepada 50 J/m. Manakala bagi adunan tanpa LNR penambahan 1.7 phr HVA-2 menyebabkan kenaikan tenaga hentaman hanya dari 7.45 kepada 25.8 J/m. Peranan HVA-2 di dalam pembentukan taut silang dan perekatan antara fasa juga dapat dilihat daripada perubahan nilai tenaga hentaman. Perekatan

antara fasa yang dihasil melalui pencangkukan dan penyebaran domain-domain yang menyeluruh di dalam adunan telah meningkatkan nilai tenaga hentaman.

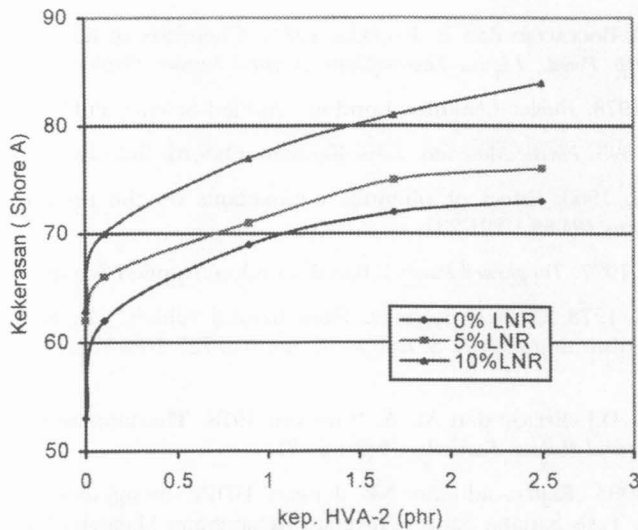
Dalam adunan NR/PP, HVA-2 telah dilaporkan memberi kesan peningkatan kekuatan hentaman adunan (Methew dan Tinker 1986). HVA-2 berkeupayaan untuk menggabungkan PP dan radikal getah semasa proses ricihan untuk memberikan perekatan antara muka yang lebih baik di antara fasa PP dan fasa getah. Pembentukan taut silangan dalam fasa getah juga dipengaruhi oleh HVA-2. Jadi kedua-dua keadaan ini boleh menyebabkan tenaga hentaman adunan NR/PP meningkat. Menurut Bucknal (1977) kekuatan hentaman sesuatu adunan dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti perekatan antara fasa, morfologi fasa serta kekuatan kohesif fasa getah.

(d) Kekerasan

Rajah 5 menunjukkan pengaruh HVA-2 terhadap sifat kekerasan bagi adunan NR/PS dan penambahan HVA-2 telah meningkatkan nilai kekerasan Shore A adunan. Bagi adunan 60/40 dan 70/30, nilai kekerasan terus meningkat walaupun pada kepekatan 2.5 phr HVA-2. Nilai kekerasan bagi adunan 60/40 yang dicapai apabila ditambah 5% LNR adalah 94 Shore A pada kepekatan 2.5 phr dan hanya 80 Shore A tanpa kehadiran HVA-2. Penambahan LNR sebanyak 7% boleh menurunkan nilai kekerasan kepada 89 Shore A. Bagi adunan tanpa LNR, penambahan 2.5 phr HVA-2 telah meningkat nilai kekerasan dari 71 kepada 87 Shore A. Daripada Rajah 5(b), didapati bahawa kekerasan meningkat sebanyak 33% apabila ditambah 2.5 phr HVA-2 ke dalam adunan 10% LNR. Bagi adunan 0% dan 5% LNR masing-masing menunjukkan kenaikan kekerasan sebanyak 38% dan 23% apabila ditambah 2.5 phr HVA-2 ke dalam adunan-adunan tersebut.



(a) Adunan 60/40



(b) Adunan 70/30

Rajah 5: Pengaruh HVA-2 terhadap kekerasan adunan NR/PS

### KESIMPULAN

Perubahan dalam indeks pembengkakan dan kekuatan regangan dengan komposisi HVA -2 menunjukkan wujudnya rangkaian taut silangan dalam matriks apabila reagen ini dicampur ke dalam adunan. HVA-2 adalah penjana radikal organik yang umum diketahui dan digunakan dalam pemvulkanan getah asli. Bagi adunan NR/PS 60/40 amaun optimum HVA-2 yang diperlukan adalah 1.3 – 1.3 phr dan 5% LNR bagi mencapai sifat mekanik yang optimum. Bagi adunan 70/30 amaun optimum HVA-2 yang diperlu adalah 1.6 – 1.7 phr dan 10% LNR.

### PENGHARGAAN

Penulis mengucapkan terima kasih kepada UKM dan Kerajaan Malaysia melalui mekanisme IRPA 03-02-02-0007 kerana bantuan kewangan bagi menjayakan penyelidikan ini.

### RUJUKAN

- AL-MALAIKA, S. dan E. J. AMIR. 1986. Thermoplastic elastomers I. Effects of processing variables on tensile of natural rubber/polyrpylene blends. *J. Nat Rubber Res.* **1(2)**: 104-121.
- BONNER, J. G. dan P. S. HOPE. 1995. Compatibilization and reactive blending. Dalam *Polymer Blends & Alloys*, disunting oleh M. J. Folkes and P. S. Hope, ms. 46 – 74. London: Blackie Academic & Professional.
- BORHAN BAKAR. 1996. Kajian kesan pengisi gentian kaca ke atas adunan NR/LLDPE. Tesis Sarjana Sains. Universiti Kebangsaan Malaysia, Bangi.

- BROSSE, J. C., G. BOCCACCIO dan R. PAUTRAT. 1981. Chemistry of liquid natural rubber. *UNIDO Symp. Powd., Liquid Thermoplastic Natural Rubber*. Phuke: UNIDO.
- BRYDSON, J. A. 1978. *Rubber Chemistry*. London: Applied Science Publishers Ltd.
- BRYDSON, J. A. 1995. *Plastic Materials*. Edisi Keenam. Oxford: Butterworth – Heinemann.
- BUCKNALL, C. B. 1963. Effect of phenolic antioxidants on the properties of PS-SBR blends. *Trans IRI* **39** : 221-231.
- BUCKNALL, C. B. 1977. *Toughened Plastics*. Bab 2. London: Applied Science Publishers Ltd.
- CAMPBELL, D. S. 1978. Graft copolymers from natural rubber. Dalam *Natural Rubber Technology*, disunting oleh A. S. Robberts, ms. 679-727. New York: Oxford University Press.
- CAMPBELL, D. S. D.J. ELLIOT dan M. A. WHELANS. 1978. Thermoplastic natural rubber blends. *Natural Rubber Technology* **9(2)**: 21-31.
- CHE SOM, S. 1993. Kajian adunan NR dengan HDPE menggunakan LNR sebagai pengserasi. Tesis Sarjana Sains. Universiti Kebangsaan Malaysia, Bangi.
- CORAL, A. Y. dan R. PATEL. 1980. Rubber-thermoplastic composition. Pt. 1. EPDM-PP thermoplastic vulcanisates. *Rubb. Chem Technol.* **53**: 141-150.
- ELLIOT, D. J. dan A. J. TINKER. 1985. Termoplastic natural rubber blends. Dalam *International Rubber Conference*, p. 1-6. Kuala Lumpur.
- ELLIOT, D. J. dan A. J. TINKER. 1988. Blends of natural rubber with thermoplastics. Dalam *Natural Rubber Science and Technology*, disunting oleh A.D. Roberts ms. 328-358. Oxford: Oxford University Press.
- FLORY, P. J. 1953. *Principles of Polymers Chemistry*. New York: Cornell University Press.
- GELLING, I. R. dan A. J. TINKER. 1988. Thermoplastic natural rubber, performance and applications. Dalam *Proceeding International Rubber Technology Conference*, ms. 212-218.
- HA, C. S. dan S. C. KIM. 1989. Tensile properties and morphology of the dynamically cured EPDM and PP/HDPE ternary blends. *J. Appl Polym Sci.* **37**: 317-344 .
- HAIJAN, M., C. SADRMOHAGHEGH dan G. SCOTT. 1984. Polymer blends – IV solid phase dispresants systehsised by a mechanochemical procedure. *European Polymer Journal* **20(2)**: 135-138.
- IBRAHIM, A., A. SAHRIM dan C.S. SULAIMAN. 1995. Blending of NR with LLDPE. *J. Appl. Polym Sci.* **58**: 1125-1133.
- IBRAHIM, A. 1996. Process for Manufacturing Liquid Rubber (LNR) Malaysia patent, MY-108852A.
- KISHORE, K. dan H. K. PANDEY. 1986. Spectral studies in plant rubbers. *Prog. Polym. Sci.* **12**: 155-178.
- KOVACIC, P. dan R . W. HEIN. 1959. Crosslinking of polymers with dimaleimides. *J. Amer. Chem. Soc.* **81**: 1187.
- KRESGE, E. N. 1978. Rubbery thermoplastic blends. Dalam *Polymer Blends*, disunting oleh D. R. Paul and S. Newman, **2**: 293-318. New York: Academic Press.

- METHEW, N. M. and A. J. TINKER. 1986. Impact – resistant polypropylene/natural rubber blends. *J. Nat. Rubber Res.* **1**(4): 240-246.
- SAHRIM, A. and A. IBRAHIM. 1992. Mechanical and thermal behaviour of liquid natural rubber compatibilised NR-PP blends. *Mater Forum* **16**: 277-280.
- SAHRIM, A., A. IBRAHIM & C. S. SOM, S. KOHJIYA, and H.R. YOON. 1994. Natural rubber high density polyethylene blends with liquid natural rubber as a compatibiliser; Thermal and mechanical properties. *J. Appl Polym Sci* **51**: 1357 – 1363.
- TINKER, A. J. 1984. Preparation of polypropylene/natural rubber blends having high impact strength at low temperature. *Polymer Commun.* **25**: 325 – 326.
- TINKER, A. J. 1987. Thermoplastic Natural Rubber Blends and Commercial Prospects. Dalam *Proc. UNIDO Workshop: Industrial Composites Based on Natural Rubber*, m.s. 58-67. Jakarta.
- ZURIDAH MANAS. 1996. Kesan dikumul peroksida dan getah asli cecair ke atas sifat adunan getah asli/polistirena. Tesis Sarjana Sains. Universiti Kebangsaan Malaysia, Bangi.