

# PENGARUH PENAMBAHAN PHENOL FORMALDEHID TERMODIFIKASI NATRIUM SILIKAT TERHADAP LEM SEPATU BERBASIS KARET

M.W. Syabani<sup>1)</sup>, Indri Hermiyati<sup>1)</sup>, R.L.M.S. Ari Wibowo<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup>Staf Pengajar Program Studi Teknologi Pengolahan Kulit Akademi Teknologi Kulit Yogyakarta  
Jl. Ring Road Selatan, Glugo, Panggunharjo, Sewon, Bantul, Yogyakarta, 55188  
Telepon: (0274) 383728, Fax: (0274) 383727  
[www.atk.ac.id](http://www.atk.ac.id) E-mail: info@atk.ac.id  
e-mail: mwsyabani@gmail.com

## ABSTRACT

This research aim are to studying adhesion characteristic of shoes adhesive, ie viscosity, tack and peel strenght. Shoes adhesive made from natural rubber and synthetic rubber (SBR) with toluene as the solven. SRB composition in the mix are 0, 20, 40, 60, 80 and 100% weight. Three variation of phenol formadehyde composition are 40, 80 and 120 per hundred parts of rubber (phr). The results show us that the viscosity lower as the % SBR added is higher, and the loop tack has the highest value at 20% SBR added. The peel tack has highest value at 60% SBR added for three peel test model, except on the control sample. For every same % SBR composition, adhesive sample that has 40 phr phenol formaldehyde composition, gives higher loop tack and peel strenght value. We can conclude from this results that adhesive with 40% phenol formaldehyde composition will give optimum wettability from adhesive to substrat.

**Keywords:** Shoes adhesive, rubber, phenol formaldehyde

## INTISARI

Penelitian bertujuan untuk mempelajari sifat karakteristik perekatan; seperti viskositas, tack dan peel strength dari lem sepatu. Lem sepatu yang digunakan dalam penelitian berbasis karet dengan bahan dasar campuran karet alam dan karet sintetis SBR, sedangkan toluen digunakan sebagai pelarut dalam keseluruhan penelitian. Komposisi SBR dalam campuran adalah 0, 20, 40, 60, 80 dan 100% berat. Tiga variasi penambahan resin phenol formaldehid pada formula pembuatan lem yang digunakan adalah 40, 80 dan 120 *per hundred parts of rubber* (phr). Hasil yang diperoleh memperlihatkan bahwa viskositas lem turun dengan semakin naiknya % SBR, sedangkan *loop tack* memiliki nilai maksimum pada 20% SBR untuk keseluruhan variasi penambahan resin. Nilai *peel strength* menunjukkan hasil maksimum pada 60% SBR untuk ketiga model *peel test*, kecuali pada sampel kontrol (tanpa penambahan resin). Untuk nilai % SBR yang sama, sampel lem yang mengandung resin phenol formaldehid 40 phr selalu menghasilkan nilai *loop tack* dan *peel strength* paling tinggi, sehingga bisa disimpulkan bahwa komposisi ini akan memberikan nilai *wettability* dari lem ke substrat yang optimum juga.

**Kata Kunci:** lem sepatu, karet, phenol formaldehid

## **PENGANTAR**

Kementerian Perindustrian Republik Indonesia telah melakukan berbagai langkah penguatan dan pengembangan 10 klaster industri inti, diantaranya adalah industri alas kaki. Cabang industri tekstil, barang kulit dan alas kaki termasuk dari industri pengolahan non migas yang memberikan kontribusi terbesar terhadap PDB yaitu sebesar 9,19% pada tahun 2009. Cabang industri ini juga termasuk dalam 12 industri non migas penyumbang nilai ekspor terbesar RI sebesar US\$ 1.888,08 juta. Cabang industri ini memiliki peranan penting dalam penyerapan jumlah tenaga kerja Indonesia sebesar 2.404.431, yang merupakan nomer dua setelah industri makanan, minuman dan tembakau (Kementerian Perindustrian RI, 2010).

Mengingat pentingnya cabang industri tekstil, barang kulit dan alas kaki ini, diperlukan upaya untuk mendorong secara terus menerus penguatan dan pengembangan yang telah dilakukan. Langkah pengembangan ini salah satunya dilakukan dengan meningkatkan kemampuan teknologi berupa penerapan hasil-hasil riset unggulan. Hal ini sesuai dengan Sasaran Strategis IV Pembangunan Industri yaitu tingginya kemampuan inovasi dan penguasaan teknologi Industri. Di bidang produk kulit dan alas kaki, inovasi dapat dilakukan pada proses maupun materialnya. Salah satu proses yang penting adalah perekatan, baik untuk material kulit ke kulit (*genuine* maupun *imitation*), ataupun dari kulit ke karet (sol sepatu) dan ke plastik. Perekatan yang baik membutuhkan bahan lem yang sesuai dengan peruntukannya, baik secara kualitas maupun biayanya.

Lem adalah material yang digunakan untuk merekatkan dua permukaan bersama. Setiap lem harus dapat membasahi permukaan substrat, merekatkan, memiliki kekuatan rekat setelah diaplikasikan dan tetap stabil pada rantang waktu tertentu (Brett, 1990). Perekatan dapat dibagi menjadi dua pengertian dasar, yaitu proses *wetting* dan *adhering* (Wiriyodiningrat, 2008). *Wetting* (penempelan) merupakan tahap awal dari proses perekatan, dimana penempelan lem harus dalam keadaan cair. Semua lem dibuat berbentuk cairan dengan alasan memiliki

daya tembus tinggi sehingga dapat masuk ke semua lekuk dan pori bahan yang hendak direkatkan. *Adhering* (perekatan) adalah perubahan bahan perekat dari bentuk cair menjadi padatan sehingga memberikan kekuatan perekatan yang dibutuhkan. Terdapat beberapa teori perekatan yang saat ini disepakati, diantaranya perekatan oleh ikatan kimia (kovalen, ionic dan hydrogen), adsorpsi fisis, Teori Elektrostatik, *Mechanical Interlocking*, *Interdiffusion*, *Weak Boundary Layers*, dan *Pressure Sensitive Adhesion* (Cognard, 2006).

Pada jaman dahulu, pembuat produk kulit (khususnya sepatu) membuat lem sendiri yang berasal dari bahan alami, seperti tepung, kacang-kacangan atau kentang (Vass, 2006). Seiring dengan perkembangan teknologi lem, semakin banyak produk yang digunakan untuk aplikasi alas kaki, antara lain polyurethane (PU), natural rubber (NR), akril, dan lain sebagainya. Pada saat ini, sebagian besar lem untuk aplikasi alas kaki menggunakan basis karet. Lem berbasis karet ini memberikan keuntungan utama pada daya tahan perekatan saat substrat yang direkatkan harus mengalami berbagai gerakan menekuk maupun vibrasi saat digunakan (Pilato, 2010). Pada proses pembuatan lem berbasis karet, salah satu aditif yang dapat digunakan adalah resin phenol formaldehid (PF). Resin PF dapat ditambahkan pada formula lem untuk memperbaiki performa lem tersebut. Baik tipe resol maupun novolak dari resin PF dapat digunakan pada tipe lem ini, walaupun pada umumnya tipe resin resol lebih disukai karena sifat reaktifnya. Resin PF tipe resol biasanya digunakan untuk memperbaiki kekuatan maupun ketahanan panas dari lem. Sedangkan tipe novolak digunakan untuk meningkatkan sifat *tacky* dari lem.

Resin phenol formaldehid memiliki banyak kegunaan karena karakteristiknya yang memiliki ketahanan tinggi terhadap bahan kimia, *electrical insulation*, *high bonding strength* dan tahan terhadap air. Aplikasinya antara lain sebagai material molding, laminasi dan lem pada pembuatan plywood dan produk kulit serta karet. Disamping kelebihan ini, juga terdapat kelemahan yang menghambat penggunaan resin PF lebih luas lagi, seperti suhu *curing* yang tinggi, kecepatan *curing* yang relatif rendah, *brittleness*, toksisitas, memberi kesan warna dan hambatan kelembaban.

Upaya untuk memperbaiki karakteristik resin PF sudah banyak dilakukan, diantaranya melalui penggunaan berbagai jenis katalis yang berbeda, penambahan aditif, serta formula resin yang dimodifikasi. Daisy and Leeper (1988) memodifikasi langkah penambahan natrium hidroksida dengan penggantian 50% berat potasium hidroksida. Selanjutnya ditemukan bahwa penggunaan resin PF dengan modifikasi potassium pada pembuatan *strandboard* dan *plywood* memberikan hasil yang lebih baik dibandingkan formula resin secara konvensional. Duval mempelajari berbagai katalis serta aditif seperti asam klorida, amoniak, natrium, lithium, barium dan zirconium hidroksida, untuk mengetahui pengaruhnya terhadap karakteristik PF, sedangkan Steiner membandingkan keefektifan  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  dengan NaOH sebagai katalis (Sun et. al, 2012).

### **Tujuan**

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a. Mempelajari pengaruh penambahan resin phenol formaldehid termodifikasi natrium silikat terhadap lem alas kaki berbasis karet.
- b. Mencari komposisi penambahan resin phenol formaldehid termodifikasi natrium silikat yang optimal dan memberikan hasil pengujian lem yang terbaik.

## **MATERI DAN METODE PENELITIAN**

### **Materi Penelitian**

Materi yang dipergunakan dalam penelitian adalah lem yang terbuat dari karet dan phenol formaldehid dengan pelarut toluena. Sedangkan bahan kimia yang dipergunakan adalah natrium silikat, phenol, formaldehid, toluena serta bahan-bahan pembantu lainnya.

Alat yang dipergunakan antara lain: compounder, *Rotary Viscotester* merek HAAKE Model PK 100, *Universal Testing Machine* (UTM) dengan *Adhesion Tester* dan berbagai peralatan pembantu lainnya.

## Metode Penelitian

### Persiapan Bahan Baku

Penyiapan bahan baku dilakukan dengan melakukan penakaran jumlah reaktan sesuai dengan molar rasio yang diinginkan serta pembersihan permukaan substrat yang akan uji. Karet alam (NR) dan Styrene Butadiene Rubber (SBR) dipilih sebagai basis lem, spesifikasi teknisnya diberikan pada tabel 1 dibawah ini:

Tabel 1. Spesifikasi Teknis Karet Alam

Kandungan pengotor (maks, %berat)	0,03
Kandungan abu (maks, %berat)	0,05
Nitrogen (maks, %berat)	0,60
Kandungan zat volatil (maks, %berat)	0,80
Plasticity retention index (min, %)	30
Mooney viscosity, $M_{L,1+4}$ (100 °C)	78

Gambar 1. Struktur Karet Alam

Struktur molekul karet alam diberikan pada gambar 1 di atas. Struktur tersebut merupakan pengulangan unit monomer isoprene untuk membentuk cis-1,4 poliisoprena. Resin PF tipe resol dibuat dengan mereaksikan phenol dan formaldehid dengan modifier natrium silikat. Toluena digunakan sebagai pelarut pada keseluruhan penelitian untuk menyiapkan lem berbasis karet.

### Polimerisasi Phenol Formaldehide

Phenol formaldehid dibuat dengan mereaksikan phenol dan formaldehid dengan perbandingan 1:2 dalam labu leher tiga. Selanjutnya, natrium silikat sebanyak 10% berat phenol ditambahkan dan kemudian dilakukan pemanasan sampai larutan berubah menjadi putih susu. Ambil lapisan bawah, kemudian teruskan pemanasan sampai warna berubah menjadi coklat kemerahan.

### Pembuatan Lem

Karet di campur dalam compounder selama 10 menit. Berbagai rasio pencampuran SBR/NR dipilih 0, 20, 40, 60, 80 dan 100% SBR disiapkan. Untuk

setiap formula lem, 5 gram campuran karet digunakan. Campuran karet kemudian dilarutkan dalam 30 ml toluene. Larutan karet selanjutnya disimpan di ruang penyimpanan selama 24 jam sebelum penambahan resin phenol formaldehid.

Untuk mempelajari efek konsentrasi resin PF pada karakteristik lem, tiga perbandingan berat digunakan, yaitu 2, 4 dan 6 gram resin ditambahkan ke dalam larutan karet (setara dengan 40, 80 dan 120 phr). Setelah penambahan resin, pengadukan secara konstan dilakukan dengan stirrer supaya diperoleh larutan yang homogen. Lem dibiarkan sedikitnya 3 jam sebelum bisa digunakan untuk pengujian.

## **Prosedur Pengujian**

### **Viskositas**

Viskositas lem diukur dengan alat Rotary Viscotester merek HAAKE Model PK 100. Platform viskotester yang tercelup dalam sampel dibersihkan dengan isopropil alkohol untuk menghindari kontaminasi terhadap lem yang akan diuji. Kemudian, lem sedikit demi sedikit dimasukkan dalam platform sampai batas ukur, kelebihan lem dibersihkan dengan tisu sampai bersih. Pengujian dilakukan selama satu menit kemudian dicatat hasil pembacaannya. Sedikitnya lima kali pembacaan dilakukan supaya viskositas rerata dapat dihitung.

### **Uji Tack**

Pengujian *loop tack* merupakan *peel test* yang melibatkan tekanan kontak rendah dan waktu aplikasi yang pendek (Gierenz, 2001). Film PET dengan ukuran 4 cm x 25 cm dicoating pada bagian tengah film (4 cm x 4 cm) dengan ketebalan coating 50 mikrom menggunakan *Hand Coater*. Permukaan yang sudah dilapisi kemudian ditutup dengan *release paper* dan dikondisikan pada suhu kamar selama 30 menit sebelum diujikan. Permukaan sampel di clamp pada Adhesion Tester. Sampel selanjutnya ditarik dengan kecepatan 30 cm/menit sampai perikatan dengan panel terlepas. Peak tertinggi yang terbaca pada grafik diambil untuk menghitung rerata tenaga perekatan. Nilai *loop track* dihitung sebagai tenaga perekatan per luas area kontak ( $N/m^2$ ).

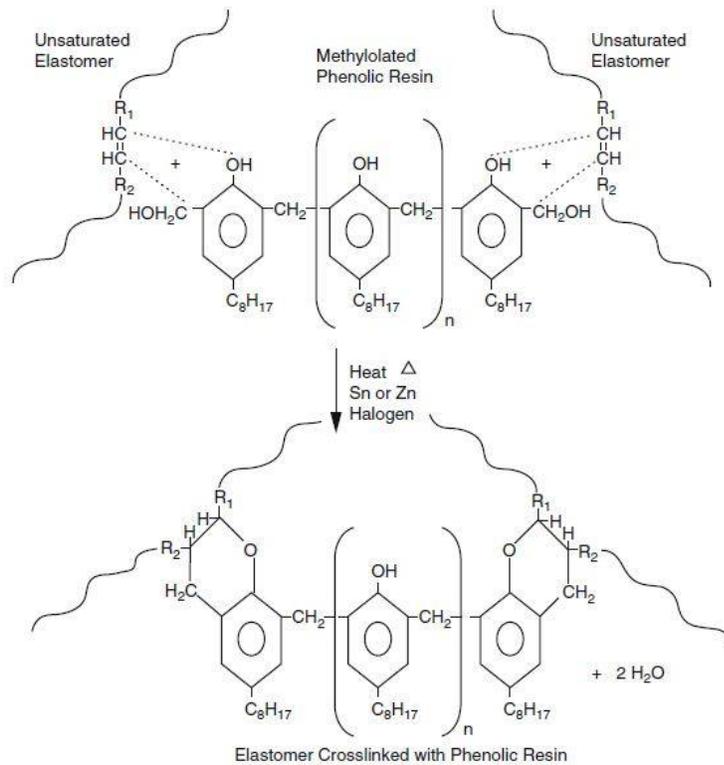
### **Uji Peel Strength**

Substrat yang digunakan untuk pengujian peel adalah PET film dan *release paper*. Tiga mode pengujian; T-peel, 90° dan 180° *peel test* digunakan untuk menentukan nilai peel strength dari lem. Dimensi dari substrat untuk T- dan 90° peel adalah 20 cm x 4 cm. Sedangkan untuk 180° peel test, digunakan dimensi substrat 25 cm x 4 cm untuk film PET dan 12 cm x 6 cm untuk *release paper*. *Hand coater* digunakan untuk melapisi substrat dengan lem pada ketebalan 60 mikrom dengan area coating 10 cm x 4 cm. Film PET yang sudah dilapisi lem kemudian ditutupi dengan *release paper*. Sampel pengujian dikondisikan pada suhu kamar selama 24 jam sebelum dilakukan pengujian dengan *Adhesion Tester* yang beroperasi pada kecepatan 30 cm/menit.

Sebagaimana pada penentuan nilai *tack*, tiga nilai *peak* tertinggi diambil untuk menghitung rerata tenaga *peeling*. *Peel strength* didefinisikan sebagai rerata load tiap lebar bondline yang dibutuhkan untuk memisahkan bagian fleksibel dari bagian yang rigid atau bagian fleksibel lainnya (ASTM D 907).

### **HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN**

Penambahan resin phenol formaldehid ke dalam karet menyebabkan terjadinya *crosslinked* pada rantainya, hal ini dapat dilihat pada gambar 2 di bawah ini. *Crosslinked* tersebut berpotensi merubah sifat-sifat bawaan dari karet, dan diharapkan diperoleh karet yang memiliki sifat lebih baik dari sifat asalnya.

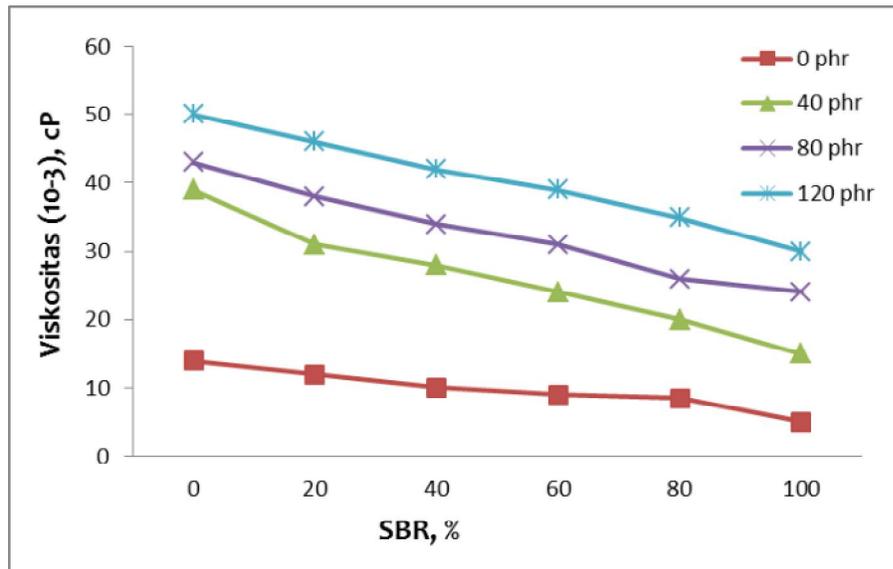


Gambar 2. Reaksi Resin Phenol dengan Elastomer

Efek dari rasio pencampuran dan penambahan phenol formaldehid pada viskositas, uji tack dan peel strength dari lem sepatu berbasis karet didiskusikan di bawah ini.

### Viskositas dari Lem

Gambar 3 menunjukkan keterkaitan antara viskositas lem dengan jumlah SBR dalam campuran karet untuk berbagai jumlah penambahan resin phenol formaldehid.

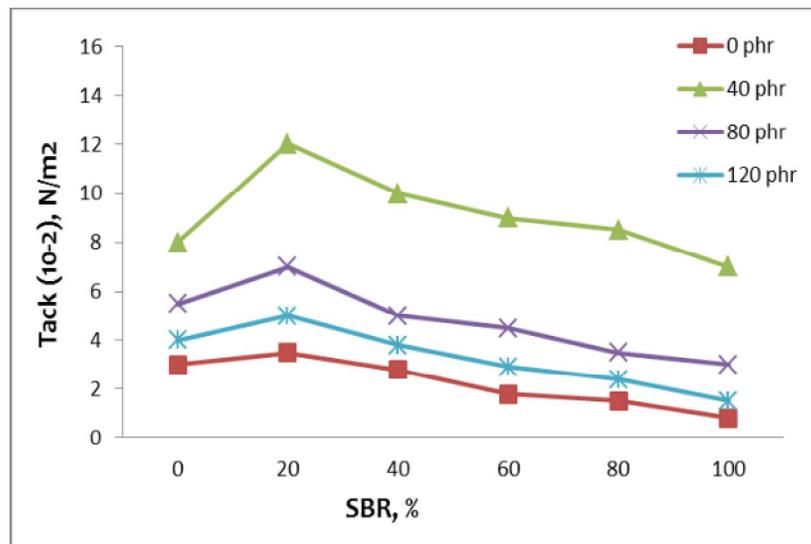


Gambar 3. Pengaruh Jumlah SBR terhadap Viskositas Lem pada Berbagai Penambahan Resin Phenol Formaldehid

Terlihat pada gambar 3 di atas, bahwa pada semua penambahan resin (termasuk pada sampel kontrol/blangko), viskositas dari lem akan menurun seiring dengan penambahan jumlah SBR yang semakin banyak. Hasil ini dikarenakan adanya perbedaan nilai viskositas dari masing-masing jenis karet (SBR = 50, NR = 78). Gambar di atas juga memperlihatkan bahwa viskositas lem akan naik seiring dengan naiknya jumlah resin yang ditambahkan. Efek konsentrasi dari resin ini yang mempengaruhi naiknya nilai viskositas. Terlihat juga bahwa ada kenaikan viskositas secara signifikan pada penambahan resin antara 0-40 phr, terutama untuk komposisi SBR dibawah 60%. Kenaikan tiba-tiba ini bisa jadi diakibatkan onset pada *chain entanglement* (Poh, 1984) antara NR dan resin PF. Penambahan resin lebih lanjut akan diikuti dengan kenaikan viskositas secara steady, sebagaimana terlihat pada penambahan resin 80 dan 120 phr. Secara khusus, hal tersebut terjadi bila komposisi SBR naik diatas 60%. Pada kasus ini, *chain entanglement* tidak lagi menentukan kenaikan viskositas saat penambahan resin, atau dengan kata lain, rantai SBR tidak *entangled* dengan molekul resin. Oleh karena itu, dapat diambil kesimpulan bahwa terjadinya perbedaan viskositas merupakan hasil dari perbedaan konsentrasi dari masing-masing lem yang digunakan.

### Uji Loop Tack

Pengaruh besarnya %SBR terhadap *loop tack* untuk berbagai penambahan resin disajikan pada gambar 4. Pada semua tingkat penambahan resin, *loop tack* meningkat seiring dengan jumlah % SBR sampai nilai maksimum pada komposisi SBR sebesar 20%, kemudian menurun seiring dengan penambahan jumlah % SBR. Nilai *tack* maksimum pada 20% berpengaruh pada *wettability* lem maksimum pada substrat. Pada kondisi ini, lem dapat membasahi dan mengikuti kondisi permukaan substrat yang tidak beraturan, hal ini akan teramati pada kondisi energy permukaan yang rendah (Satas, 1982).



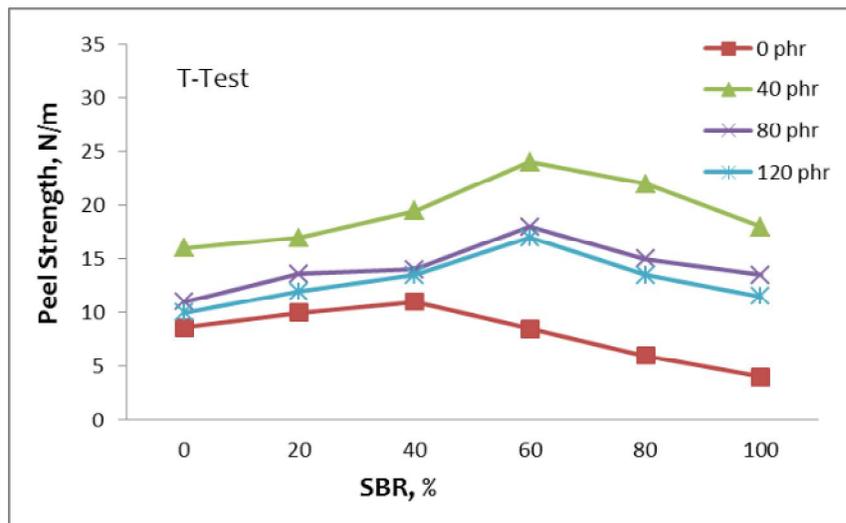
Gambar 4. Pengaruh % SBR terhadap *Loop Tack* untuk Berbagai Jumlah Resin Phenol Formaldehid

Energi permukaan dari lem tergantung pada komposisi sebagaimana terlihat pada variasi nilai tack yang tergantung pada kandungan %SBR dan resin PF. Pada saat kandungan %SBR naik, maka nilai tack akan turun. Hal ini terjadi karena nilai fleksibilitas SBR yang lebih rendah akibat rendahnya nilai  $T_g$  ( $-53\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) (Barlow, 1988) dibandingkan dengan NR ( $T_g = -72\text{ }^{\circ}\text{C}$ ). Gambar 4 juga menunjukkan bahwa untuk nilai %SBR yang tetap maka nilai *tack* maksimum secara konsisten terlihat pada komposisi penambahan resin sebesar 40 phr. Pada jumlah penambahan 40 phr ini, komposisi optimum dari lem tercapai yang terlihat dengan hasil *wettability* optimum pada lem. Penambahan resin berada di atas 40

phr menunjukkan penurunan nilai tack akan terjadi. Hal ini dikarenakan penurunan *wettability* dari lem akibat semakin dominannya komponen resin pada formula lem. Nilai tack terendah terlihat pada sistem kontrol/blangko, dimana tidak ada resin yang ditambahkan. Hal ini menunjukkan bahwa karakteristik perekatan terlihat rendah apabila tidak ada resin yang ditambahkan sebagai hardener maupun tackifier.

### Uji Peel Strength

Nilai *peel strength* antara kertas/film PET menggunakan model pengujian T-peel dapat dilihat pada gambar 10. Tidak ada level plateau yang dicapai saat terjadi *crack propagation* akibat permukaan yang memang tidak halus sempurna. Ketidakberaturan permukaan substrat (PET dan release paper) menjelaskan mengapa terdapat nilai peak pada pengujian peel. *Debonding* diamati antara lem dengan *release paper*. Posisi puncak terlihat berubah tergantung pada komposisi lem yang digunakan. Kecuali pada sampel kontrol, *peel strength* maksimum teramati pada 60% SBR untuk berbagai penambahan resin. Akibat adanya perbedaan pada sistem substrat, peak maksimum untuk studi *loop tack* (gambar 4) dan *peel strength* (gambar 5) terjadi pada posisi yang berbeda.

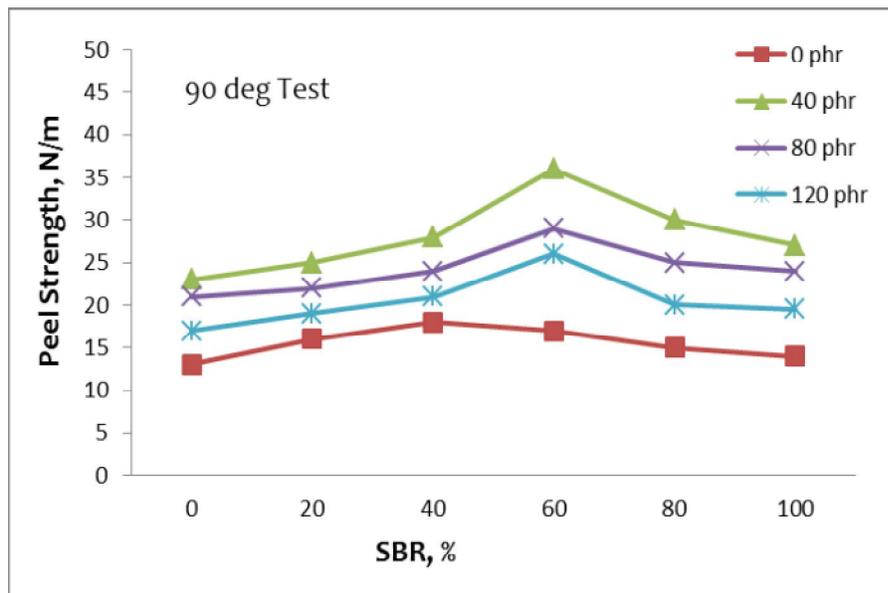


Gambar 5. Pengaruh %SBR terhadap nilai peel strength (T-test) pada berbagai penambahan resin

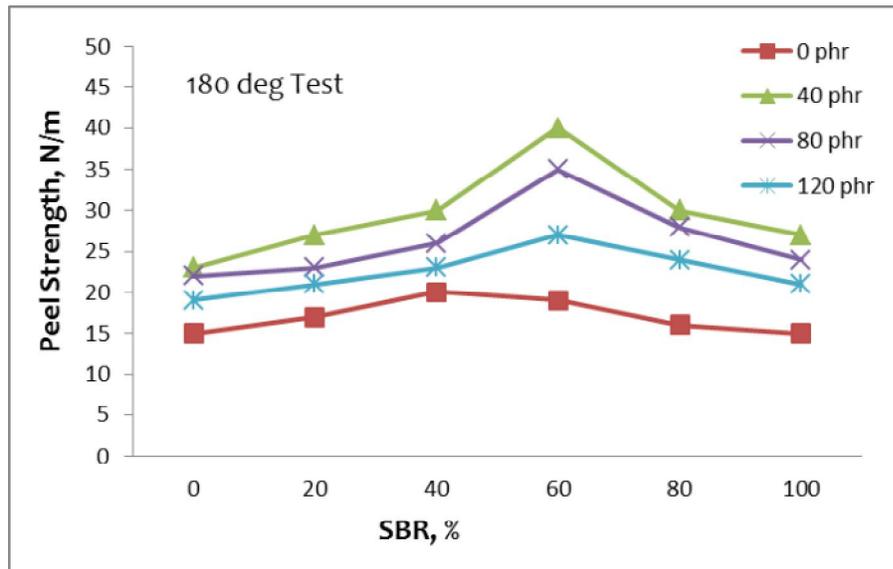
Pengamatan ini terjadi akibat perbedaan kompatibilitas antara lem dengan substrat. Bagaimanapun juga, untuk sampel kontrol dimana tidak ada resin phenol

yang ditambahkan, *wettability* maksimum terjadi pada %SBR yang lebih rendah, yaitu pada 40% SBR. Pada semua pengujian, nilai peel strength akan turun setelah nilai maksimum tercapai sebagai akibat adanya penurunan *wettability* seiring dengan naiknya jumlah %SBR. Untuk nilai %SBR yang tetap, terlihat bahwa setelah penambahan 40% resin PF, terjadi penurunan nilai *peel strength*. Pengamatan ini menyarankan bahwa fase inversi kemungkinan terjadi pada penambahan resin antara 40-80 phr. Penurunan nilai *peel strength* seiring dengan penambahan resin lebih lanjut diakibatkan oleh efek dilution, yang menyebabkan turunnya nilai modulus.

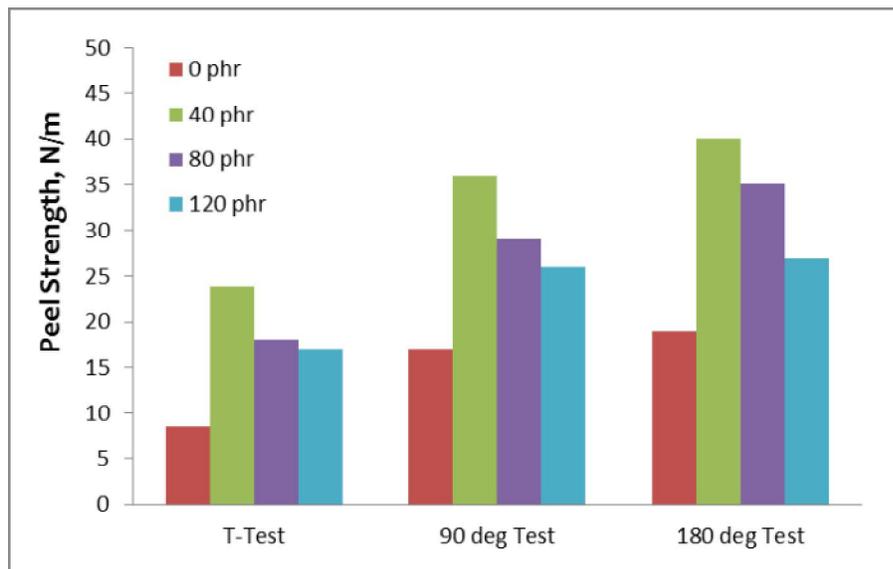
Nilai *peel strength* untuk perlakuan 90° dan 180° *peel test* diperlihatkan oleh gambar 6 dan 7 secara berurutan. Selain pada sampel kontrol, gambar tersebut juga mengindikasikan bahwa nilai *peel strength* maksimum terjadi pada 60% SBR untuk semua penambahan resin yang dilakukan. Semua pengamatan ini, dapat dijelaskan dari adanya variasi derajat kompatibilitas lem dengan substrat sebagaimana juga terjadi akibat adanya perbedaan pada formula lem. Gambar 8 menunjukkan perbandingan antara *peel strength* yang diperoleh dari ketiga model pengujian *peel test* untuk 60% SBR.



Gambar 6. Pengaruh %SBR terhadap nilai peel strength (model 90°) pada berbagai penambahan resin phenol formaldehid



Gambar 7. Pengaruh %SBR terhadap nilai peel strenght (model 180°) pada berbagai penambahan resin phenol formaldehid



Gambar 8. Perbandingan Nilai Peel Strength Pada Berbagai Penambahan Resin Phenol Untuk 60% SBR

Hasil yang diperoleh juga memperlihatkan bahwa model pengujian 180° peel test secara konsisten memperlihatkan hasil *peel strength* tertinggi untuk semua variasi jumlah resin PF, termasuk pada sampel kontrol. Perbedaan hasil ini disebabkan oleh perbedaan sudut dalam pengujian, dimana *peel force* yang lebih

tinggi dibutuhkan untuk 180° *peel test*. Rantai karet mengalami tegangan akibat kristalisasi yang lebih besar (Poh, 2001) pada 180° *peel test* dibandingkan T-test maupun 90° test. Dengan kata lain, lem akan mengeras pada level tegangan yang tinggi sehingga berubah menjadi padatan yang keras dan lapisan lem sendiri akan lebih sukar untuk rusak (Skeist, 1990). Oleh karena itu, *peel strength* yang lebih tinggi dibutuhkan pada 180° *peel test*. Gambar 8 juga menunjukkan bahwa *peel strength* tertinggi ditunjukkan dengan 40 phr penambahan resin untuk ketiga model *peel test* yang dilakukan pada pengujian ini. Deformasi lem pada tahapan perekatan harus cukup viskos supaya dapat mengikuti permukaan substrat yang tidak beraturan. Modulus yang tinggi saat lepasnya rekatan akan meningkatkan *tack* dan *peel strength* dari lem. Pada penelitian ini, terlihat bahwa viskositas optimum terjadi pada  $2,2 \times 10^4$  cP dimana *peel strength* maksimum teramati pada 60% SBR dan 40 phr kandungan resin PF. Pada komposisi ini, *wettability* dan kompatibilitas maksimum terjadi sehingga menyebabkan terjadinya *mechanical interlocking* dan masuknya lem di pori dan ketidakberaturan di permukaan substrat (Gierenz, 2001), oleh karena itu nilai *peel strength* maksimum teramati.

## **KESIMPULAN DAN SARAN**

### **Kesimpulan**

Pada penelitian ini, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Viskositas lem akan naik terus menerus seiring dengan naiknya jumlah SBR dalam komposisi, hal ini terjadi karena berat molekul SBR yang lebih rendah dibandingkan dengan NR.  
Pada komposisi SBR di bawah 60%, viskositas akan naik secara signifikan pada kandungan resin phenol formaldehid 0-40 phr, hal ini terjadi karena adanya modifikasi pada rantai NR oleh resin PF.
2. *Loop tack* naik dengan bertambahnya %SBR sampai nilai maksimum pada komposisi 20%SBR, kemudian akan turun dengan bertambahnya %SBR. Nilai *tack* maksimum teramati pada 20% SBR, hal ini terjadi karena *wettability* maksimum dari lem pada substrat.

Untuk nilai %SBR yang tetap, tack maksimum teramati pada penambahan resin phenol formaldehid 40 phr, kemudian nilai tack menurun seiring dengan penambahan resin dikarenakan adanya fase inversi.

3. Terkecuali pada sampel kontrol/blangko, *peel strength* maksimum teramati pada 60% SBR dan penambahan resin 40 phr untuk ketiga model pengujian, hal ini menunjukkan bahwa *wettability* dan kompatibilitas maksimum terjadi pada komposisi ini.

### **Saran**

Penelitian ini merupakan penelitian pendahuluan, supaya diperoleh hasil yang lebih komprehensif, penulis menyarankan:

1. Perlu dilakukan pengujian instrumentasi, untuk melihat bagaimana proses perikatan resin phenol formaldehid pada lem berbasis karet, termasuk untuk mengetahui respons lem yang dihasilkan terhadap suatu aksi (misalnya pengujian thermal dengan TG/DTA)
2. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut menggunakan formula lem yang semirip mungkin dengan lem yang dijual secara komersial supaya hasil perbandingan akibat pengaruh penambahan resin PF dapat lebih baik teramati.
3. Perlu dilakukan pengaplikasian lem pada substrat aplikatif, yaitu pada pengeleman sepatu.

### **DAFTAR PUSTAKA**

Barlow, F. W. 1988. Rubber Compounding: Principles, Materials, and Techniques. Marcel Dekker, New York.

Brett, O.. 1990. Introductory Lecture on Symposium on Adhesive Technology. Polymer Group of the NZIC, 1990

<http://nzic.org.nz/ChemProcesses/polymers/10H.pdf>

Cognard, P.. 2006. Adhesive and Sealant: General Knowledge, Application Technique, New Curing Technique. Handbook of Adhesive and Sealant vol. 2, Elsevier Ltd., Oxford.

Daisy N.K. and Leeper, D.L. 1988. Fast Curing Phenolic Resins and Bonding Methods Employing Same. US Patent No. 4.758.478, Jul. 19.

- Greenwood, N.N., Earnshaw, A. 1997. Chemistry of the Elements, 2<sup>nd</sup> ed., Butterworth-Heinemann, New York.
- Gierenz G., Karmann W. 2001. Adhesives and Adhesive Tapes, Wiley-VCH, New York.
- Iler, R.K. 1979. The Chemistry of Silika. John Wiley & Sons, Inc., New York.
- Kementerian Perindustrian RI. 2010. Rencana Strategis Kementerian Perindustrian Tahun 2010-2014. Kementerian Perindustrian Republik Indonesia. Jakarta.
- Pilato, L. 2010. Phenolic Resins: A Century of Progress. Springer Heidelberg Dordrecht, London.
- Poh B. T., Ong B. T. 1984. Dependence of viscosity of polystyrene solutions on molecular weight and concentration. *European Polymer Journal*, **20**, pp. 975-978.
- Poh B. T., Ismail H., Quah E. H. 2001. Fatigue, Resilience and Hardness Properties of Unfilled SMR L/ENR 2 and SMR L/SBR blends. *Polymer Testing*, **20**, 389-394.
- Satas, D. 1982. Handbook of Pressure-sensitive Adhesive Technology. Van Nostrand Reinhold, New York.
- Skeist I. E., "Handbook of Adhesives", Van Nostrand Reinhold, New York, 1990
- Sun J., Lin R.H., Wang X.B., Zhu X.F., Gao Z.Z. 2012. Sodium Silicate as Catalyst and Modifier for Phenolic-Formaldehyde Resin. *Applied Mechanics and Materials Vols. 184-185*, pp 1198-1206.
- Vass, L. dan Molnar, M. 2006. Handmade Shoes for Men. Konemann, Tandem Verlag GmbH., Cambridge.
- Wirjodiningrat, S. 2008. Pengetahuan Bahan Untuk Pembuatan Sepatu/Alas Kaki. Citra Media, Yogyakarta.