

Submitted : 28 May

Revised : 5 June

Accepted : 7 June

PENGARUH PELARUT MEK/TOLUENA TERHADAP PEEL/SHEAR STRENGTH PEREKAT HASIL GRAFTING NEOPRENA DAN MMA

Tri Partuti^{1*}, Yanyan Dwiyantri¹, M. Fitrullah¹, Aditya Trenggono¹

¹Jurusan Teknik Metalurgi, Fakultas Teknik, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa,
Jl. Jend. Sudirman Km. 03 Cilegon

*Email: partuti33@gmail.com

Abstrak

Grafting neoprena dan Metilmetakrilat (MMA) dengan menggunakan variasi konsentrasi pelarut Metil Etil Keton (MEK)/toluena telah dilakukan untuk mengetahui kekuatan *peel/shear* pada aplikasi bahan kulit sepatu. Variasi konsentrasi MEK/toluena yang digunakan adalah 100/0, 80/20, 50/50 dan 20/80. Proses polimerisasi dilakukan di dalam reaktor dengan mencampurkan neoprena ADG dan MEK/toluena selama 1 jam, ditambahkan MMA, BPO sebagai inisiator dan direaksikan selama 4 jam. Hasil pengujian kekuatan *peel/shear* menunjukkan bahwa pelarut MEK/toluena dengan perbandingan 50/50 memberikan hasil yang optimum, dengan nilai *peel strength* 1,515 N/mm dan *shear strength* sebesar 0,2689 N/mm². Bahan perekat dipanaskan pada temperatur antara -60 °C hingga 140 °C dengan kecepatan 10 °C/menit untuk pengujian DSC. Analisa menggunakan instrumen DSC, TGA dan FTIR dilakukan untuk mengetahui telah terjadi *grafting* antara neoprena dan MMA. Kurva DSC menunjukkan nilai Tg neoprena pada temperatur -42,09 °C dan nilai Tg MMA pada temperatur 93,80 °C. Hasil analisa TGA menunjukkan pada temperatur 282 °C hingga 411 °C terjadi pengurangan berat sebesar 45,6265% atau setara dengan 8,1018 mg karena terjadi dekomposisi struktur MMA akibat putusannya ikatan hidrogen dari gugus metil. Analisa dengan FTIR menunjukkan munculnya puncak pada daerah 1431,1 cm⁻¹ yang diindikasikan sebagai puncak untuk neoprena yang telah ter-*grafting* oleh MMA.

Kata Kunci: Grafting, MEK/toluena, MMA, Neoprena, Peel/Shear Strength

Abstract

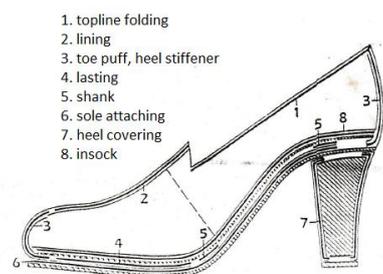
Grafting between neoprene and Methylmetacrylate (MMA) by solvent variation Methyl Ethyl Keton (MEK)/toluena has been done for application of leather shoes, which the solvent variation : 100/0, 80/20, 50/50 dan 20/80. In a reactor, polymerization process was carried out by mixing neoprene ADG and MEK / toluene for 1 hour, MMA and BPO as initiator was added and reacted for 4 hours. Testing of peel/ shear strength show that the solvent MEK /toluene 50/50 gives optimum results, which the peel strength is of 1.515 N / mm and shear strength is 0.2689 N / mm². The adhesive material is heated at a temperature between -60 °C to 140 °C with a speed of 10 °C / min for DSC testing. Analysis using instruments DSC, TGA and FTIR conducted to determine that grafting has occurred between the neoprene and MMA. DSC curve shows the Tg for neoprene is -42.09 °C and Tg for MMA is 93.80 °C. TGA analysis results indicate the temperature 282 °C to 411 °C, reducing mass until 45.6265%, equivalent to 8.1018 mg due to the decomposition of the structure of MMA which the rupture of hydrogen bonds of a methyl group. Analysis by FTIR showed the peak at 1431.1 cm⁻¹ region which is indicate as the peak for neoprene has grafted by MMA.

Keywords: Grafting, MEK/toluena, MMA, Neoprene, Peel/Shear Strength

1. PENDAHULUAN

Sepatu yang banyak dipakai oleh berbagai kalangan dari anak-anak hingga orang dewasa merupakan salah satu perlengkapan yang digunakan pada kaki untuk melindungi dari panas serta untuk menambah keindahan penampilan. Bagi beberapa wanita, penggunaan jenis sepatu juga dapat menunjukkan status sosial pemakainya, seperti pemakaian sepatu *high heel* (gambar 1). Penggunaan perekat pada beberapa bagian sepatu dapat membuat sepatu menjadi lebih awet dan tidak mudah rusak. Pada bagian hak sepatu dibungkus oleh bahan yang terbuat dari kulit dimana pada saat pembungkusan tidak boleh sampai mengkerut. Untuk menghindari kerutan tersebut maka dibutuhkan perekat yang sesuai untuk merekatkan kulit dengan hak sepatu secara sempurna. Beberapa faktor yang mempengaruhi proses perekatan adalah sifat kekerasan dari solid surface, kekuatan mekanik, pemanasan dan penekanan serta surface treatment untuk menghasilkan daya rekat yang lebih baik (Herminiwati, dkk., 2008). Beberapa jenis perekat yang biasa digunakan pada pembuatan sepatu tercantum pada Tabel 1 (Alexandrescu, 2012).

Menurut Ebnesajjad (2008), adhesive (perekat) adalah suatu senyawa yang mampu mengikat material satu dengan yang lain secara bersama-sama pada permukaannya. Perekat dapat diklasifikasikan berdasarkan sumbernya (alam dan sintetis), komposisi kimianya (termoset, termoplastik, elastomer dan alloy), fungsinya (struktural dan non-struktural), bentuk fisiknya (cair, pasta, *tape and film* serta serbuk), dan berdasarkan teknik manufaktur (reaktif terhadap bahan kimia, evaporasi atau difusi, *hot-melt*, *delayed-tack* dan *pressure-sensitive*).



Gambar 1. Bagian-bagian sepatu

Perekat alam seperti tepung kanji memiliki kekuatan perekat yang rendah serta mudah larut dalam air, tidak sesuai digunakan untuk perekat bahan kulit. Tepung kanji jika dicampur dengan polivinil asetat akan memiliki kemampuan rekat yang lebih baik, waktu pengeringan lebih lambat, tahan terhadap organisme biologi dan memiliki ketahanan yang lebih lama (*better aging*) seperti yang diungkapkan oleh Raphael (2003). Sifat polimer dapat dimodifikasi tergantung aplikasi yang diinginkan (misalnya sebagai perekat) dapat dilakukan dengan cara *blending*, *grafting* dan *hardening*. *Grafting* (pencangkakan) adalah reaksi polimerisasi suatu monomer melalui proses pembentukan percabangan pada polimer yang akan di-*grafting*/dicangkok (Suka dan Simanjuntak,

2007). Teknik *grafting* dapat dilakukan secara kimia, radiasi, fotokimia, enzimatik dan plasma. Proses *grafting* dikendalikan oleh faktor-faktor seperti sifat polimer, monomer, pelarut (jika dilakukan dalam larutan), sifat inisiator, aditif yang digunakan dan temperatur (Alexandrescu, 2012).

Tabel 1. Perekat yang digunakan untuk sepatu

Bagian Sepatu	Perekat	Tipe Perekat	Peel-strength (N/mm)
Topline Folding	Poliamida	Hot-melt	-
Lining	Karet Alam	Latex Hot-melt	0,2 - 0,5
Toe Puff, Heel Stiffener	EVA	Hot-melt coating	0,5 - 1
Lasting	Poliamida, Poliester	Hot-melt	0,5 - 1
Shank	Poliamida, EVA	Hot-melt	-
Sole Attaching	Poliuretan, Polikloroprena	Solvent-based	3,7
Heel Covering	Polikloroprena	Solvent-based	0,5 - 1
Insock	Karet Alam, akrilat	Latex	0,2 - 0,5

Neoprena atau polikloroprena adalah salah satu elastomer sintetis pertama yang digunakan oleh industri perekat, dihasilkan dari monomer kloropena, 2-kloro 1,3-butadiena pada suatu proses emulsi. Neoprena ada beberapa jenis, yaitu neoprena AC, AD, AF, AG, FB dan ADG. Neoprena ADG merupakan variasi dari neoprena AD yang mempunyai derajat kristalinitas yang tinggi (Morton, 1999). Memiliki sifat mengkristal pada suhu kamar membuat neoprena ADG bekerja membentuk daya rekat yang tinggi. Neoprena ADG dapat dimodifikasi dengan cara *grafting* menggunakan metil metakrilat (MMA) untuk mendapatkan sifat perekat yang baik untuk sepatu.

Pelarut yang biasa digunakan untuk melarutkan neoprena adalah toluena, selain pelarut organik seperti etil asetat, naphtha dan metil etil keton (MEK) seperti yang diungkapkan oleh Morton (1999). *Grafting* neoprena ADG dengan MMA menggunakan campuran pelarut MEK/toluena/petroleum spirit, MEK/toluena dan etil asetat/ toluena/petroleum spirit pernah dilakukan oleh Silva et. al. (2001) untuk mengetahui pengaruh pelarut terhadap kekuatan perekat (*peel strength*) terhadap material kulit. Menurut Silvia et. al. (2001), campuran pelarut MEK/toluena memiliki kekuatan ikat perekat yang lebih baik daripada MEK/toluena/petroleum spirit dan etil asetat/ toluena/petroleum spirit.

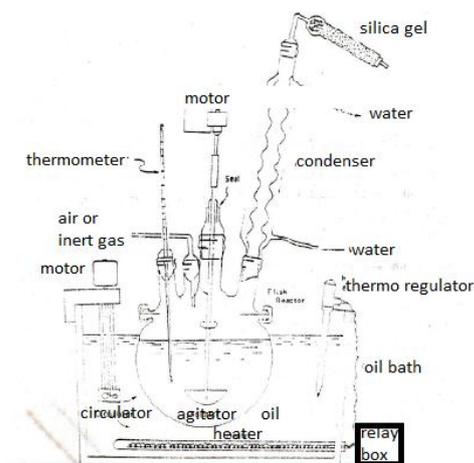
Pada penelitian ini dilakukan sintesis perekat neoprena ADG dalam campuran pelarut MEK/toluena secara *grafting* dengan MMA untuk mendapatkan mutu perekat yang lebih baik. Perbandingan pelarut MEK/toluena yang digunakan adalah 100% toluena,

80/20, 50/50 dan 20/80 menggunakan inisiator benzoil peroksida (BPO).

2. METODE PENELITIAN

Alat yang digunakan untuk penelitian ini adalah reaktor untuk proses grafting (Gambar 2), heater, termometer, peralatan gelas, instrumen *Differential Scanning Calorimetry* (DSC) Mettler Toledo Star System, *Thermal Gravimetry Analysis* (TGA) Mettler Toledo Star System, *Fourier Transform Infra Red* (FTIR) dan *Universal Testing Machine* (UTM).

Bahan yang digunakan adalah neoprena ADG, MMA, BPO, hidrokuinon, gas nitrogen, toluena dan MEK.



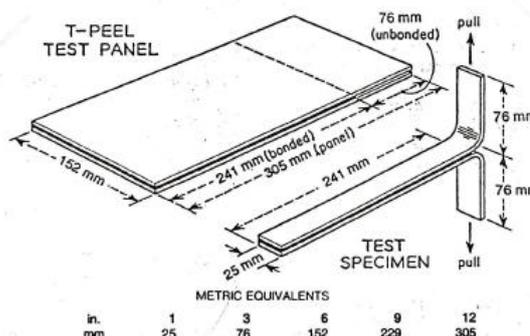
Gambar 2. Reaktor untuk grafting neoprena/MMA

Sebanyak 50 gram neoprena ADG dicampur dengan perbandingan MEK/toluena dimasukkan dalam reaktor, diaduk selama 1 jam. Saat temperatur sudah mencapai 80 °C ditambahkan 50 ml MMA, kemudian ditambahkan 0,125 gram BPO sebagai inisiator dan direaksikan selama 4 jam. Pada proses sintesis ini menggunakan reaktor yang dialiri gas N₂ untuk mengatasi keberadaan O₂ yang dapat mengganggu proses reaksi polimerisasi sehingga polimerisasinya tidak terputus. Hidrokuinon sebanyak 0,5 gram ditambahkan untuk menghambat laju reaksi polimerisasi, pencampuran dilakukan selama 5 menit. Perbandingan volume antara MEK/toluena adalah 100% toluena, 20/80, 50/50 dan 80/20. Produk perekat yang dihasilkan selanjutnya diuji menggunakan instrumen DSC, TGA, FTIR dan uji mekanik *peel-strength* dan *shear-strength* menggunakan UTM. Bahan perekat dipanaskan pada temperatur antara -60 °C hingga 140 °C dengan kecepatan 10 °C/menit untuk pengujian dengan DSC.

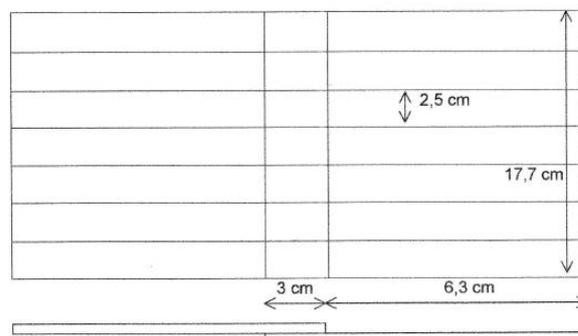
Untuk pengujian perekat menggunakan DSC, TGA dan FTIR menggunakan sampel perekat dengan perbandingan MEK/toluena 50/50 yang memberikan hasil uji mekanik yang optimum.

Untuk pengujian *peel* dan *shear strength*, spesimen dari kulit yang telah diberi perekat didiamkan selama 1 minggu untuk mengoptimasi penempelan perekat ke bahan kulit. Bentuk spesimen pengujian *peel-strength* dibuat seperti pada Gambar 3 dengan ukuran 152 mm

x 305 mm dan yang direkatkan hanya 241 mm dari panjangnya. Bentuk dan ukuran spesimen uji *shear strength* terlihat pada Gambar 4.



Gambar 3. Ukuran spesimen uji *peel strength*

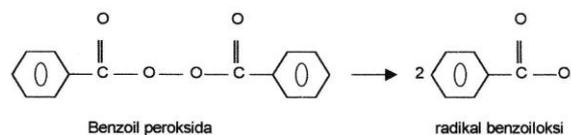


Gambar 4. Ukuran spesimen uji *shear strength*

3. HASIL PENELITIAN

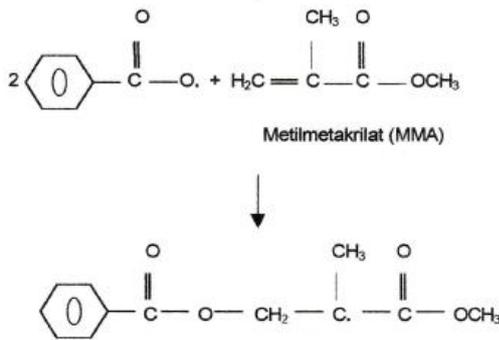
3.1. Sintesis grafting neoprena/MMA

Mekanisme reaksi yang terjadi pada proses sintesis *grafting* neoprena dengan MMA adalah inisiasi, propagasi dan terminasi. Menurut Hendrana (2006), pada tahap inisiasi, radikal bebas dihasilkan dari inisiator BPO (Gambar 5). Selanjutnya bereaksi dengan monomer yang mempunyai rantai rangkap -C=C- yang dimiliki oleh MMA (Gambar 6). Tahapan ini akan terus berlanjut meskipun tahapan propagasi sedang berjalan.



Gambar 5. Reaksi pembentukan radikal benzoiloksi (Odian, 2004)

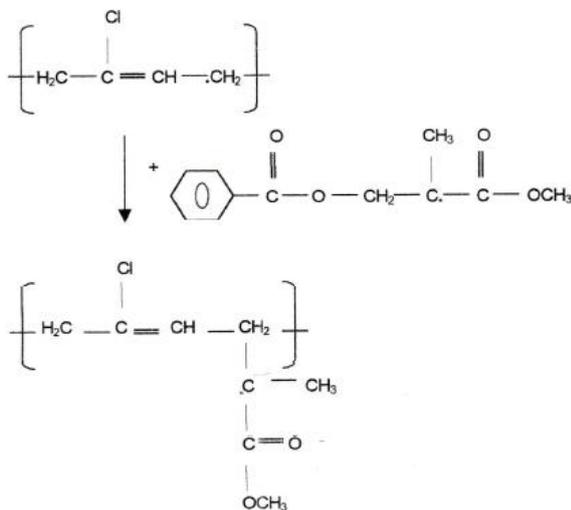
Pada tahap propagasi, terjadi pertumbuhan molekul raksasa polimer. Pada fasa *steady state* perubahan berat molekul tidak terjadi, namun yang terjadi adalah konsentrasi polimer yang lebih besar karena konversi monomer menjadi polimer seperti tampak pada Gambar 7. Reaksi *grafting* antara neoprena dengan MMA tampak pada Gambar 8 dimana neoprena berfungsi sebagai *backbone* (tulang punggung) dengan MMA sebagai rantai cabangnya.



Gambar 6. Reaksi radikal benzoiloksi dengan MMA



Gambar 7. Reaksi polimerisasi neoprena



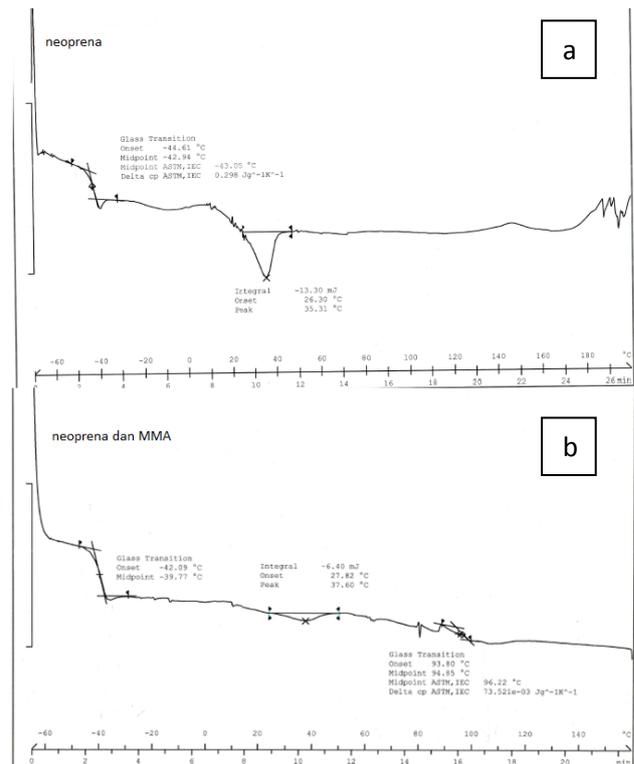
Gambar 8. Reaksi grafting neoprena dengan MMA

3.2. Analisa DSC

Hasil analisa dengan DSC pada Gambar 9.a menunjukkan bahwa perekat dipanaskan pada suhu antara -60 °C sampai dengan 140 °C dengan kecepatan 10 °C/menit. Perekat yang mengandung neoprena dan MMA dipanaskan sehingga energi kinetik molekul-molekulnya bertambah.

Temperatur dinaikkan lagi dan perekat akan melepaskan sifat-sifat gelasnya dan mengambil sifat yang condong kepada karet. Pada keadaan ini muncul temperatur Tg pada -42,09 °C, yang merupakan Tg dari neoprena, seperti disebutkan oleh Carraher (2014) bahwa nilai Tg untuk trans 1,4-polikloroprena adalah -49 °C sedangkan cis 1,4 polikloroprena memiliki nilai Tg sekitar -20 °C. Pada Gambar 9.b, terdapat Tg pada 93,80 °C, peningkatan nilai Tg ini terjadi karena adanya kehadiran MMA yang membuat penurunan laju reaksi serta menunjukkan semakin banyak MMA yang membentuk ikatan bercabang dengan neoprena. Penurunan nilai Tg monomer MMA (105 °C) dapat dipengaruhi juga oleh pelarut yang

digunakan, yaitu MEK/toluena (Pizzi dan Mittal, 2003).



Gambar 9. Hasil analisa DSC antara a. neoprena dan b. neoprena grafting MMA menggunakan pelarut MEK/toluena 50/50

3.3 Analisa TGA

Dari kurva TGA terlihat bahwa neoprena (Gambar 10.a) maupun bahan perekat yang mengandung neoprena dan MMA (Gambar 10.b) stabil terhadap panas dibawah temperatur 153 °C yang ditunjukkan dengan tidak terjadinya perubahan *baseline* aliran panas TGA. Pada temperatur 153 °C hingga 411 °C (Gambar 10.a) terjadi perubahan aliran panas yang menunjukkan terjadinya reaksi peruraian bahan polimer neoprena yang menyebabkan pengurangan berat sebesar 49,7335% atau setara dengan 5,2867 mg. Terjadinya pengurangan berat pada temperatur ini disebabkan oleh hilangnya gugus hidrogen klorida dari neoprena (Budrueac dan Segal, 2005). Pada pemanasan lebih lanjut, 411 °C hingga 600 °C masih terjadi perubahan aliran panas yang menunjukkan reaksi penguraian tahap kedua yang menyebabkan pengurangan berat sebesar 32,3910% atau setara dengan 3,4432 mg. Pegurangan berat pada temperatur ini disebabkan karena lepasnya hidrogen.

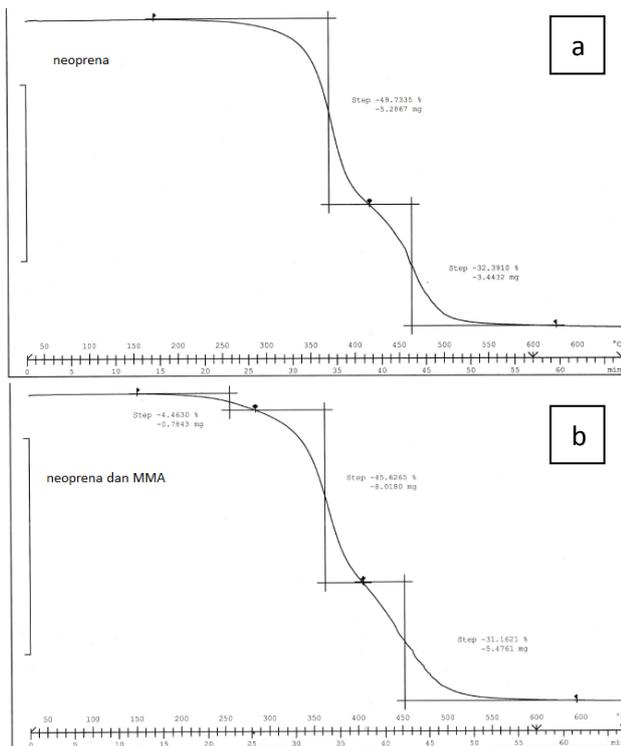
Pada Gambar 10.b, pada temperatur 153 °C hingga 282 °C terjadi pengurangan berat sebesar 4,4630% atau setara dengan 0,7843 mg dapat dikarenakan adanya penguraian molekul kecil atau monomer (El-Zaher, et.al., 2014) dan juga penggunaan pelarut (Sircar, 1991).

Dekomposisi MMA terjadi pada temperatur 282 °C hingga 411 °C terjadi pengurangan berat sebesar 45,6265% atau setara dengan 8,1018 mg. Kehilangan berat pada temperatur ini disebabkan oleh karena

terdekomposisinya MMA seperti yang dijelaskan oleh El-Zaher et. al (2014) bahwa mulai terjadi dekomposisi struktur MMA pada temperatur sekitar 271,86 °C hingga 325 °C akibat putusannya ikatan hidrogen dari gugus metil dan terjadi perubahan fasa solid menjadi liquid.

Pada temperatur 411 °C hingga 600 °C terjadi pengurangan berat sebesar 31,1621% atau setara dengan 5,4761 mg yang merupakan penguraian dari senyawa neoprena.

Kehilangan berat sekitar 17,8755% (Gambar 10.a) dan 18,7484 (Gambar 10.b) menunjukkan kehilangan residu yang mengandung karbon setelah terjadi degradasi termal (Sircar, 1991).



Gambar 10. Hasil analisa TGA antara a. neoprena dan b. neoprena *grafting* MMA menggunakan pelarut MEK/toluena 50/50

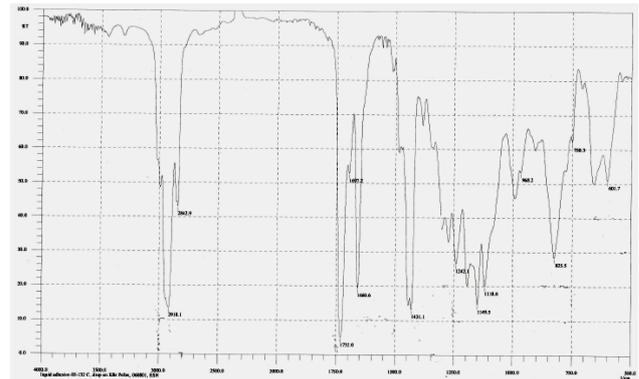
3.4 Analisa FTIR

Dari data FTIR (Gambar 11) terlihat bahwa puncak antara neoprene *grafting* MMA mempunyai pola puncak yang berbeda dengan puncak pirolisat neoprena. Untuk pirolisat neoprena terlihat muncul puncak disekitar 1732,0 cm^{-1} yang karakteristik untuk vibrasi C=O yang mengindikasikan adanya senyawa MMA.

Pada daerah sekitar 1242,1 cm^{-1} muncul puncak yang karakteristik untuk vibrasi *stretching* O-CO-C. Adanya gugus ini juga menunjukkan adanya senyawa MMA. Selain itu pada kurva juga muncul puncak di 1660,6 cm^{-1} yang karakteristik untuk vibrasi CH=CH₂ dan menunjukkan adanya neoprena.

Pada daerah 825,5 cm^{-1} muncul puncak yang karakteristik untuk gugus $-(\text{CH}_2)_n-$. Adanya gugus ini juga menunjukkan adanya senyawa neoprena. Pada daerah sekitar 601,7 cm^{-1} juga muncul puncak yang karakteristik untuk CH=CH₂ dan gugus ini juga

menunjukkan adanya gugus neoprena. Karena itu adanya puncak pada daerah 1431,1 cm^{-1} diindikasikan sebagai puncak untuk neoprena yang telah *grafting* oleh MMA. Sedangkan peak untuk pelarut toluena yang karakteristik untuk cincin aromatic pada vibrasi 3000 cm^{-1} tidak terlihat. Pada kurva hanya terlihat puncak pada 2918,1 cm^{-1} dimana puncak ini karakteristik untuk vibrasi CH₃ dan CH₂. Sedangkan untuk pelarut MEK ternyata tidak terlihat pada kurva. Berarti pelarutnya baik toluene maupun MEK sudah menguap semua pada saat preparasi sampel dan hal ini tentunya memudahkan pengamatan pada puncak yang terbentuk.



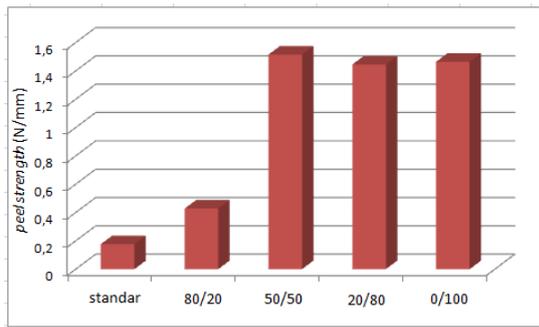
Gambar 11. Hasil analisa FTIR untuk neoprena *grafting* MMA menggunakan pelarut MEK/toluena 50/50

3.5 Pengujian Peel dan Shear Strength

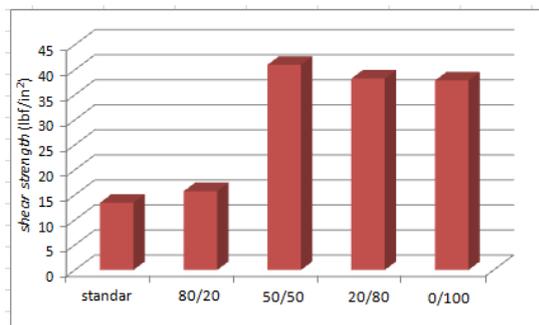
Pada pengujian mekanik ini, digunakan 5 sampel dengan 4 sampel variasi perbandingan pelarut MEK/toluena dan 1 standar (neoprena). Hasil pengujian *peel strength* terlihat pada Gambar 12, diketahui bahwa ke-4 sampel dengan variasi pelarut memiliki nilai *peel strength* yang lebih besar daripada standar, dan secara tidak langsung menunjukkan bahwa telah terjadi *grafting* antara neoprena dan MMA. Penggunaan pelarut MEK/toluena juga mempengaruhi nilai *peel strength*. Campuran MEK/toluena 50/50 memberikan hasil yang maksimal untuk merekatkan bahan kulit dengan nilai *peel strength* 1,515 N/mm. Hasil penelitian Silvia et. al. (2001) juga menunjukkan bahwa campuran pelarut MEK/toluena memiliki kekuatan ikat perekat yang lebih baik daripada MEK/toluena/petroleum spirit dan etil asetat/ toluena/petroleum spirit dengan nilai *peel strength* sebesar 2,4 N/mm baik untuk bahan karet/karet maupun kulit/kulit. Di dalam pelarut yang sesuai, polimer akan semakin terlarut dan rantai polimer dalam keadaan bebas bergerak, dan saat proses *conditioning* selama 1 minggu akan mengering membentuk jaringan polimer yang saling melekat satu sama lain.

Pada pengujian *shear strength*, bahan kulit sudah putus akibat tarikan oleh alat UTM sebelum ikatan antara perekat dengan material terputus (Gambar 13). Hal ini menunjukkan bahwa ikatan antara perekat dengan material sangat kuat. Hasil pengujian menunjukkan pada penggunaan MEK/toluena 50/50

memberikan hasil uji *shear strength* yang maksimum sebesar 39 lbf/inchi² atau 0,2689 N/mm².



Gambar 12. Uji *peel strength*



Gambar 13. Uji *shear strength*

4. KESIMPULAN

Perekat yang terbuat dari neoprena ADG yang di *grafting* dengan MMA dalam pelarut MEK/toluena 50/50 dapat digunakan sebagai perekat pada bahan kulit yang umumnya digunakan pada industri pembuatan sepatu.

Analisa termal dengan DSC, TGA dan FTIR menunjukkan terjadinya *grafting* antara neoprena dan MMA. Kurva DSC menunjukkan nilai Tg neoprena pada temperatur -42,09 °C dan nilai Tg MMA pada temperatur 93,80 °C. Hasil analisa TGA menunjukkan pada temperatur 282 °C hingga 411 °C terjadi pengurangan berat sebesar 45,6265% atau setara dengan 8,1018 mg karena terjadi dekomposisi struktur MMA akibat putusnya ikatan hidrogen dari gugus metil. Analisa dengan FTIR menunjukkan munculnya puncak pada daerah 1431,1 cm⁻¹ yang diindikasikan sebagai puncak untuk neoprena yang telah ter-*grafting* oleh MMA.

Uji mekanis *peel strength* dan *shear strength* pada berbagai variasi persentase pelarut MEK/toluena menunjukkan bahwa pelarut MEK/toluena 50/50 memberikan hasil yang optimum terhadap kekuatan perekat neoprena dengan MMA, dengan nilai *peel strength* 1,515 N/mm dan *shear strength* sebesar 0,2689 N/mm².

5. DAFTAR PUSTAKA

Budrugaec, P.; Segal, E., The Application of The Thermogravimetric Analysis (TGA) and of The Differential Thermal Analysis (DTA) for Rapid Thermal Endurance Testing of Electrical Insulating Materials, 2005, 241-246.

- Carraher, C., Polymer Chemistry 9th Edition, CRC Press, New York, 2014, hal. 190.
- Ebnesajjad, S., Adhesive Technology Handbook, William Andrew Inc, New York, 2008, hal. 1.
- El-Zaher, N. A.; Melegy, M. S.; Guirguis, O. W., Thermal and Structural Analysis of PMMA/TiO₂ Nanoparticles Composite, Natural Science Journal, 2014, 859-870.
- Herminiwati,; Yuniari, A.; Susila, R. J., Lem Kompon Karet Untuk Sepatu Kulit Yang Dibuat Dengan Proses Vulkanisasi, Majalah Kulit, Karet dan Plastik, (24) 1, Yogyakarta, 2008, hal. 14-18.
- Hendrana, S., Perkembangan Teknologi Polimerisasi Radikal Bebas Terkontrol dan Aplikasi pada Pembuatan Biodegradabel Polimer, Prosiding Simposium Nasional Polimer VI, 2006, hal. 1-7.
- Morton, M., Rubber Technology 3rd Edition, Springer-Science+Business Media, B.V., 1999, hal. 345.
- Odian, G., Principles of Polymerization 4th Edition, John Willey and Sons, Inc., New York, 2004, hal. 210.
- Pizzi, A.; Mittal, K. L., Handbook of Adhesive Technology 2nd Edition, Marcel Dekker Inc., New York, 2003, hal. 828.
- Raphael, T. Mixtures of Paste and Acrylic Adhesive, The Book and Paper Group Annual 22, Virginia, 2003, hal. 99.
- Sircar, A. K., Analysis of Elastomer Vulcanizate Composition by TG-DTG Techniques, American Chemical Society, Canada, 1991, hal. 4-12.
- Suka, I. G.; Simanjuntak, W., Fungsionalisasi Polietilen Film dengan Sifat Peka pH Melalui Grafting Asam Akrilat Yang Diinduksi Oleh Sinar Ultraviolet, Jurnal Ilmu Dasar, (8) 2, Lampung, Juli 2007, hal. 148-157.