



## ANALISIS SIFAT MEKANIK NANOKOMPOSIT TERMOPLASTIK ELASTOMER (TPE)

Eveb Adonai Hutagalung dan Nurdin Bukit\*

Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Medan, Indonesia  
*evebadonai28@gmail.com*

*Diterima Desember 2017; Disetujui Januari 2018; Dipublikasikan Februari 2018*

### ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk membuat nanokomposit Termoplastik Elastomer (TPE) serta mengetahui sifat mekanik dari nanokomposit TPE. Metode yang dilakukan adalah dengan cara nanopartikel abu boiler kelapa sawit (ABKS) dicampur dengan HDPE dan kompon karet dengan variasi komposisi ABKS (0,2,4,6,8) %wt menggunakan alat internal mixer Laboplastomil dengan laju 60 rpm selama 10 menit pada suhu 1300C. Kemudian dilakukan penekan panas (hot press) dan penekan dingin (cold press) untuk pemotongan dengan dumbbel pemotong standar JIS K 6781 dan kemudian dilakukan uji mekanik dengan alat Universal Testing Machine (UTM). Dari hasil analisis diperoleh sifat mekanik pada kekuatan tarik mengalami penurunan dengan bertambahnya nanopartikel ABKS. Dan terjadi peningkatan modulus elastisitas dengan bertambahnya nanopartikel ABKS, demikian juga pada perpanjangan putus.

**Kata Kunci :** ABKS, Termoplastik elastomer, sifat mekanik

### PENDAHULUAN

Pesatnya teknologi nanopartikel dalam bidang material menjadi kajian yang sangat menarik, karena material dengan skala nano memiliki sifat yang lebih unggul dari material yang berukuran besar (bulk). Sifat unggul tersebut dapat dilakukan melalui pengontrolan ukuran material, pengaturan komposisi kimiawi, modifikasi permukaan dan pengontrolan interaksi antar partikel. Sifat suatu bahan pengisi akan kompatibel dengan matriks polimer, dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain, ukuran partikel suatu bahan pengisi, dimana ukuran partikel suatu bahan pengisi yang kecil dapat meningkatkan derajat penguatan polimer dibandingkan dengan ukuran yang lebih besar. Demikian juga semakin

kecil ukuran partikel semakin tinggi ikatan antara bahan pengisi dengan matriks polimer. Jumlah luas permukaan dapat ditingkatkan dengan adanya permukaan yang berpori pada permukaan bahan pengisi demikian juga halnya dengan penambahan nano filler dapat meningkatkan sifat mekanik dan termal komposit (Bukit, 2012).

Malaysia, Indonesia dan Thailand adalah negara utama produksi kelapa sawit, yang mempunyai ciri khas tanaman pertanian terkemuka di negara tropis. Propinsi Sumatera Utara dikenal sebagai salah satu simpul utama untuk investasi di Indonesia dengan sumber daya alamnya yang banyak, antara lain karet alam, kelapa sawit, minyak bumi, mineral, dan bahan tambang. Salah satu limbah kelapa sawit

adalah abu boiler kelapa sawit (ABKS). ABKS merupakan limbah padat yang telah mengalami proses penggilingan pada proses pembakaran cangkang dan serat buah pada suhu 500 – 700 oC pada dapur tungku boiler (Ginting, 2015) ABKS merupakan biomass dengan kandungan silika (SiO<sub>2</sub>) yang potensial dimanfaatkan, dimana ABKS mengandung unsur kimia Silika (SiO<sub>2</sub>) sebanyak 31,45 % dan unsur kapur (CaO) sebanyak 15,2 % (Ginting, et al.,2014).

Selain sawit, Indonesia juga merupakan negara produsen karet alam kedua terbesar di Asia setelah Thailand pada tahun 2014. Karet alam banyak dimanfaatkan sebagai bahan baku pembuatan produk-produk kesehatan, seperti sarung tangan, alat kontrasepsi, silikon gigi pembuka mulut, kateter, selang infus, dan lain-lain (Darmawan, dkk., 2013). Standar mutu karet bongkah Indonesia tercantum dalam SIR (Standar Indonesian Rubber). Karet jenis SIR-20 merupakan karet alam yang banyak diserap pasar internasional, sehingga peneliti menggunakan karet alam SIR-20 dalam penelitian ini. Agar dihasilkan barang jadi karet yang layak digunakan terlebih dulu karet mentah dicampur dengan bahan kimia karet lain, lalu divulkanisasi. Campuran antara karet dengan bahan-bahan tersebut dikenal dengan nama kompon karet (Nuyah, 2013)

Termoplastik Elastomer (TPE) merupakan material yang mulai dikembangkan dan dibuat dari campuran termoplastik dan karet. Termoplastik elastomer mempunyai sifat-sifat dan fungsi yang mirip dengan karet vulkanisasi dan dapat dilelehkan seperti termoplastik pada suhu tinggi. Karakteristik yang unik dari TPE sangat berguna sebagai bahan alternatif, serta pemanfaatan dalam berbagai aplikasi seperti industri automotive. Termoplastik elastomer adalah mempunyai sifat termoplastis dan elastis. Bahan ini mudah dicetak menjadi barang-barang jadi dan didaur ulang, sehingga untuk jangka panjang tidak merusak lingkungan. Telah banyak penelitian tentang campuran termoplastik dan elastomer (karet alam). Diantaranya yaitu karet alam/TPE (Sugik, 2010), karet alam/SIR-20/PP (Bahruddin, dkk., 2010), (Kong, et al., 2010), (Bahruddin, et al., 2012), (Frida, 2012), (Bukit, 2013), (Bahruddin, 2015), karet alam SIR-

20/termoplastik HDPE (Pardede, 2017), karet alam/Polystirena (Sukatik, 2012), (Halimatuddahlia, 2008), karet alam/HDPE (Sae-Oui, P, et al., 2010).

Banyak kombinasi ataupun campuran termoplastik yang sudah komersial. Akhir-akhir ini para peneliti sedang mengembangkan penelitian mengenai kemungkinan mengganti karet sintetik lainnya dengan karet alam. Disamping itu, diyakini campuran PE dan karet alam lebih ekonomis, namun masih belum mampu menyaingi spesifikasi material berbahan karet sintesis. Salah satu metode yang sedang dikembangkan adalah penambahan komponen filler dalam campuran polimer tersebut. Jenis filler yang sudah dikembangkan adalah silika dan carbon black. Hal ini didasarkan pada analogi bahwa kedua jenis filler tersebut sudah terbukti dapat meningkatkan sifat mekanik karet tervulkanisasi (Bahruddin, 2010).

Dalam penelitian ini akan di kaji sifat mekanik dari campuran Termoplastik Elastomer dengan variasi nanopartikel abu boiler kelapa sawit (ABKS). Dari hasil nanokomposit ini diharapkan memperoleh hasil mekanik yang baik dan dapat digunakan sebagai material komponen automotive.

## METODE PENELITIAN

### Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini Internal mixer Laboplastomil model 30R150, Hidraulic Hot press dan Cold Press 37 ton Genno Japan, pemotong Dumbbell, dan Testing Machine (UTM).

Bahan yang digunakan HDPE (Produksi China) dengan titik leleh dengan titik leleh 130oC, PE-g-MA (Produksi Singapura), Nanopartikel ABKS ukuran 56,31 nm, dan kompon karet SIR-20.

### Pembuatan dan Nanokomposit TPE

Pembuatan Termoplastik Elastomer dilakukan dalam suatu alat internal mixer laboplastomil Model 30 R150 dengan volume 60 cc (maksimum total komposisi bahan sekitar 50 gr), dengan campuran kompon karet SIR-20 ditambah high density polyethylene (HDPE), kompatibiliser (PE.g-MA), dan nanopartikel abu boiler kelapa sawit sebagai bahan pengisi

dengan variasi komposisi penyusun ditunjukkan pada Tabel 1.

**Tabel 1.** Variasi komposisi nanokomposit TPE(phr)

Bahan	S1	S2	S3	S4	S5
HDPE	94	92	90	88	86
PE-g-MA	1	1	1	1	1
Nanopartikel ABKS	0	2	4	6	8
Kompon karet SIR-20	5	5	5	5	5

Proses Pembuatan nanokomposit termoplastik elastomer dilakukan dengan beberapa tahap:

1. Tahap pertama termoplastik HDPE dan nanopartikel abu boiler kelapa sawit ditimbang dengan variasi komposisi pada Tabel 1.
2. Kemudian dicampur secara merata (homogen) menggunakan internal mixer selama 10 menit dengan suhu 1300 C dengan urutan waktu proses pemasukan bahan kedalam internal mixer dapat dilihat pada Tabel 2 Urutan waktu pencampuran bahan kedalam internal mixer.

**Tabel 2.** Urutan waktu pencampuran bahan kedalam internal mixer

Waktu (menit)	Vulkanisasi dinamik
3	Proses pelelehan HDPE
6	Kompon SIR-20
8	Nanopartikel ABKS
9	PE-g-MA
10	Selesai

3. Bahan yang telah dicampur dimasukkan kedalam cetakan yang berbentuk persegi dengan ketebalan 0,1 cm, panjang 11 cm, dan lebar 11 cm. Sebelum sampel dicetak, bahan ditimbang terlebih dahulu dengan neraca (sesuai volume plat cetakan 12,1 cm<sup>3</sup>).
4. Kemudian dilakukan pencetakan dengan cetak tekan panas yang dilakukan selama 15 menit yang terdiri dari waktu pemanasan cetakan 5 menit, waktu pemanasan bahan 5 menit dan waktu tekan 5 menit dengan tekanan 37 ton

dengan suhu pencetakan 15000 C, kemudian dilanjutkan dengan tekanan dingin selama 5 menit dengan tekanan yang sama sebesar 37 ton lalu sampel dalam bentuk lembaran dikeluarkan dari cetakan.

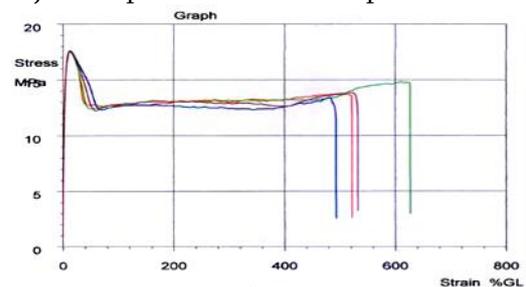
5. Hasil cetakan dalam bentuk lembaran, kemudian dibuat sampel uji dengan menggunakan mesin potong sampel dumbbell, untuk sampel uji tarik dibuat dengan standar JIS K 6781.
6. Tahap selanjutnya adalah karakterisasi nanokomposit termoplastik HDPE, yang terdiri dari analisis sifat mekanik menggunakan UTM (Pengujian dilakukan 4 kali terhadap sampel yang sama).

### HASIL DAN PEMBAHASAN

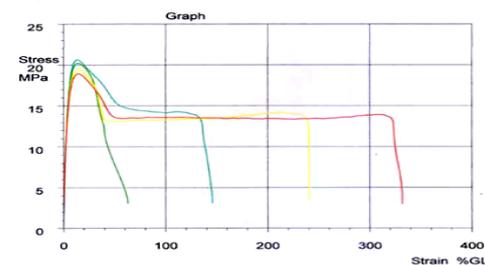
Hasil pengujian sifat mekanis nanokomposit termoplastik elastomer menggunakan Universal Testing Machine (UTM) meliputi hasil kekuatan tarik, perpanjangan putus dan modulus Young's.

#### Kekuatan Tarik

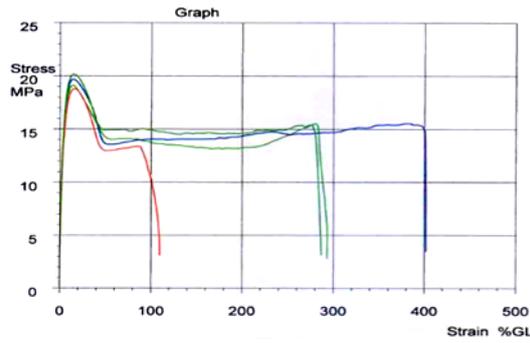
Grafik hasil kekuatan tarik terhadap regangan nanokomposit termoplastik elastomer dengan bahan pengisi nanopartikel abu boiler kelapa sawit variasi komposisi (0,2,4,6,8) %wt ditunjukkan pada Gambar 1 sampai 5.



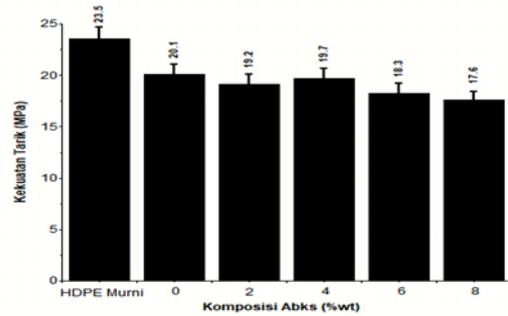
**Gambar 1.** Hubungan Kekuatan tarik terhadap regangan pada TPE / ABKS 0%.



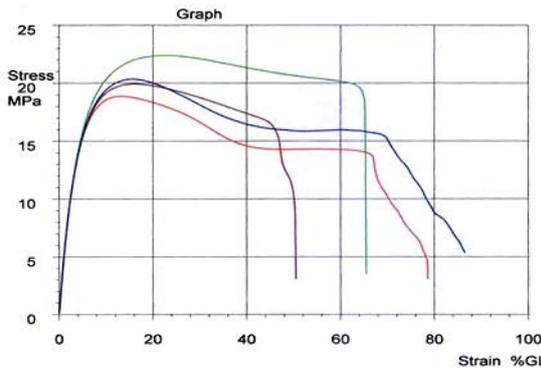
**Gambar 2.** Hubungan Kekuatan tarik terhadap regangan pada TPE / ABKS 2%.



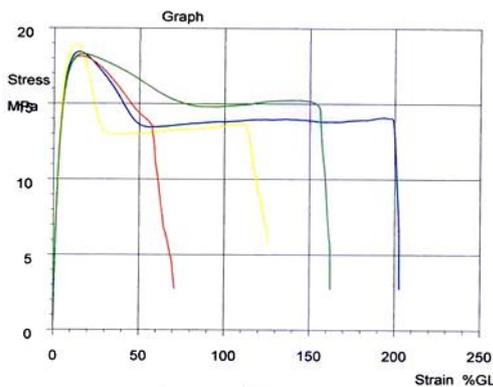
**Gambar 3.** Hubungan Kekuatan tarik terhadap regangan pada TPE /ABKS 4%.



**Gambar 6.** Hubungan kekuatan tarik terhadap nanopartikel ABKS



**Gambar 4.** Hubungan Kekuatan tarik terhadap regangan pada TPE /ABKS 6%.



**Gambar 5.** Hubungan Kekuatan tarik terhadap regangan pada TPE /ABKS 8%.

Datadan grafik hasil pengujian kekuatan tarik nanokomposit termoplastik Elastomer ditunjukkan pada Tabel 3 dan pada Gambar 6.

**Tabel 3.** Hasil pengujian Kekuatan tarik TPE

Komposisi	KekuatanTarik (Mpa)
HDPE+Kompon SIR-20	20,1
HDPE+Kompon SIR-20+abks 2%	19,2
HDPE+Kompon SIR-20+abks 4%	19,7
HDPE+Kompon SIR-20+abks 6%	18,3
HDPE+Kompon SIR-20+abks 8%	17,6

Pada gambar 6 dapat dilihat bahwa nilai kekuatan tarik tertinggi adalah pada HDPE murni dan TPE dengan bahan pengisi abks 0% wt dengan kekuatan tarik sebesar 23,5 Mpa dan 20,1 Mpa. Pada penelitian Bahruddin,(2010) sifat tensile terbaik untuk rasio massa campuran NR70/PP30 adalah pada kadar abu sawit 30 phr, dimana kuat tarik dari campuran tersebut dapat mencapai sebesar 9,6 Mpa dan elongation at break 209%. Pada penelitian Sae-Oui, (2010) diperoleh sifat mekanis NRP/HDPE dengan kuat tarik 2 Mpa dan elongation break 478%. Sedangkan pada penelitian ini sifat kuat tarik terbaik adalah pada rasio masa campuran HDPE tanpa filler abks dengan nilai kekuatan tarik sebesar 20,1 Mpa dan elongation break sebesar 321 %. Dalam hal ini terlihat bahwa penggunaan filler abks menghasilkan sifat kekuatan tarik yang lebih rendah dibandingkan dengan tanpa filler abks. Penurunan sifat mekanik, terutama kekuatan tarik, pada kadar filler yang lebih tinggi, diperkirakan disebabkan oleh beberapa kemungkinan. Kemungkinan pertama adalah terjadinya proses aglomerasi filler yang memang cenderung terjadi jika kadarnya terlalu tinggi. Kemungkinan kedua adalah sulit untuk mencapai campuran homogeny pada proses pencampuran yang menggunakan internal mixer untuk kadar filler yang tinggi (Bahruddin,2010). Secara umum bahan ini lebih bagus modulus Young's nya dan perpanjangan putusnya daripada kekuatan tarik. Sesuai dengan hukum Hooke menyatakan bahwa modulus elastisitas sebanding dengan tegangan dan berbanding terbalik dengan regangan.

$$E = \sigma/e \dots \dots \dots (1)$$

dengan,

E= Modulus elastisitas (Mpa)

E= Regangan

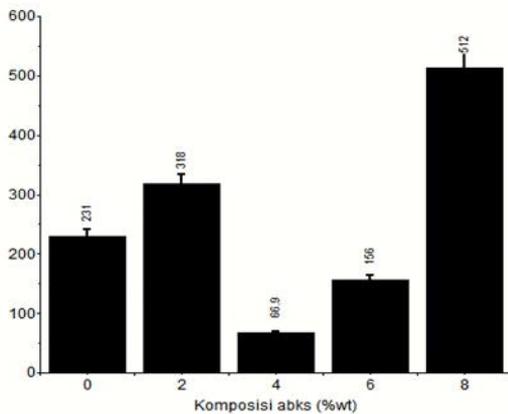
$\sigma$ = Tegangan (Mpa)

**Perpanjangan Putus**

Datadan grafik hasil pengujian kekuatan tarik nanokomposit termoplastik Elastomer ditunjukkan pada Tabel 4 dan pada Gambar 7.

**Tabel 4.** Hasil pengujian Kekuatan tarik TPE

Komposisi	Perpanjangan Putus (%GL)
HDPE+Kompon SIR-20	231
HDPE+Kompon SIR-20+abks 2%	318
HDPE+Kompon SIR-20+abks 4%	67
HDPE+Kompon SIR-20+abks 6%	156
HDPE+Kompon SIR-20+abks 8%	512



**Gambar 7.** Hubungan perpanjangan putus terhadap nanopartikel ABKS

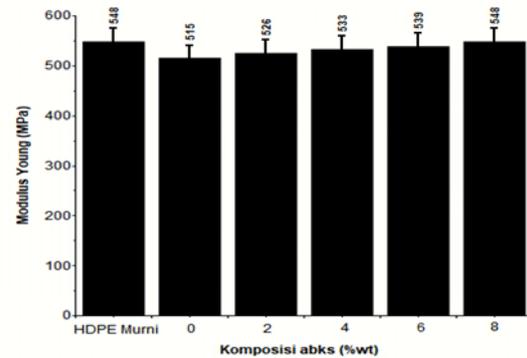
Pada gambar 7 yaitu menunjukkan nilai regangan putus tertinggi adalah pada TPE dengan komposisi abks 8%wt yaitu nilai kuat putusnya sebesar 512 Mpa, dan yang paling rendah pada TPE dengan komposisi abks 4%wt senilai 66,9 Mpa. Namun pada TPE dengan komposisi 2%wt nilai kuat putusnya lebih tinggi dibanding 4%wt yaitu 318 Mpa. Penurunan sifat mekanik pada kadar filler yang lebih tinggi diperkirakan disebabkan oleh beberapa kemungkinan (Bahrudin,2010)

**Modulus Young's**

Datadan grafik hasil pengujian kekuatan tarik nanokomposit termoplastik Elastomer ditunjukkan pada Tabel 5 dan pada Gambar 8.

**Tabel 5.** Hasil pengujian Kekuatan tarik TPE

Komposisi	Modulus Young's (Mpa)
HDPE+Kompon SIR-20	515
HDPE+Kompon SIR-20+abks 2%	526
HDPE+Kompon SIR-20+abks 4%	533
HDPE+Kompon SIR-20+abks 6%	539
HDPE+Kompon SIR-20+abks 8%	548



**Gambar 8.** Hubungan Modulus Young's terhadap nanopartikel ABKS

**KESIMPULAN DAN SARAN**

Dari hasil pengolahan, analisis dan interpretasi data pada penelitian dapat disimpulkan bahwa sifat mekanik hasil campuran TPE terbaik adalah pada komposisi TPE menggunakan bahan pengisi ABKS 8%wt dengan hasil Modulus Young's sebesar 548 Mpa dan perpanjangan putus sebesar 512%Gl. Hal ini menunjukkan bahwa semakin banyak komposisi ABKS yang di campur pada TPE maka semakin baik sifat mekaniknya

**DAFTAR PUSTAKA**

Bahrudin., (2015), Development Of Natural Rubber-Based Thermoplastic Vulcanizate Material, Prosiding Seminar Nasional Kulit, Karet, dan Plastik, (4) : 11-24

Bahrudin., Ahmad, A., Prayitno, A., Satoto, R., (2012), Morphology and Mechanical Properties of Palm Based Fly Ash Reinforced Dynamically Vulcanized Natural Rubber/Polypropylene Blends, Elsevier : Procedia Chemistry, 4 : 146–153

Bahrudin., Zahrina, I., Zulfansyah., Prayitno,A., Ahmad, A., (2010), Sifat dan Morfologi Komposit Karet Alam –

- Polipropilen yang Diperkuat dengan Sabut Buah Sawit dan Abu Sawit, Prosiding: Seminar Nasional Sains & Teknologi-III, 105-116
- Bukit, N., (2012), Mechanical And Thermal Properties Of Polypropylene Reinforced By Calcined And Uncalcined Zeolite, Makara, Teknologi, 16 (2) : 121-128
- Darmawan, N., Fitrianti, F., Dewi, I, R., (2017), Lateks Karet Alam Bebas Protein Menggunakan Natrium Hidroksida, Prosiding Seminar Nasional Kulit, Karet dan Plastik, 6 : 200-222
- Frida, E., (2012), The Effect Of Size And Crumb Rubber Composition As A Filler With Compatibilizer PP-g-MA In Polypropylene Blends And SIR-20 Compound On Mechanical And Thermal Properties, Makara, Teknologi, 16 (2) : 171-179
- Ginting, E, M., (2015), Analisis Termal Dan Struktur Nano Komposit Dengan Bahan Pengisi Nano Partikel Abu Sekam Padi, Spektra: Jurnal Fisika dan Aplikasinya, 16 (2) : 65-70
- Ginting, E,M., Wirjosentono,B., Bukit, N., Agusnar, H., (2014), Preparation and Characterization of Rice Husk Ash as Filler Material in to Nanoparticles on Hdpe Thermoplastic Composites, Chemistry and Materials Research, 6(7): 14-24
- Halimatuddahlia., Surya, I., Maulida., (2008), Modifikasi Bahan Elastomer Termoplastik Polipropilena/Karet Alam (PP/NR) Dengan Proses Pemvulkanisasian Dinamik, Jurnal Penelitian Rekayasa, 1 (2) : 37-42
- Kong, I., Ahmad, A, H., Abdullah, M, H., Hui, D., (2010), Magnetic And Microwave Absorbsing Properties of Magnetite-thermoplastic Natural Rubber Nanokomposit, Journal of Magnetism and Magnetic Materials, 322 : 3401-3409
- Nuyah., dan Rahmaniar., (2013), Pembuatan Kompon Karet dengan Bahan Pengisi Arang Cangkang Sawit, Jurnal Dinamika Penelitian Industri, 24 (2) : 114-121
- Pardede, I,S., (2017), Pengolahan Abu Boiler Kelapa Sawit Sebagai Filler Termoplastik Elastomer, Skripsi UNIMED, Medan
- S, Sugik., Sudirman., K, A,A., Deswita., Y, S., (2010), Pengaruh Penambahan Karet Alam Cair Terhadap Sifat Termal Polyblend Elastomer Termoplastik, Jurnal Kimia dan Kemasan, 32 (1) : 1-5
- Sae-Oui, P., Sirisinha, C., Sanguanthamarong, P., Thaptong, P., (2010), Properties and recyclability of thermoplastic elastomer prepared from natural rubber powder (NRP) and high density polyethylene (HDPE), Elsevier: Polimer Testing, 9: 346-351
- Sukatik., (2012), Karakteristik Termoplastik Elastomer dari Polystyrena dan Lateks Pekat Karet Alam yang Dibuat Secara Emulsi, Poli Rekayasa, 8 (1) : 63-70