

SIFAT KUAT TARIK DAN MORFOLOGI TERMOPLASTIK ELASTOMER DARI KOMPOSIT POLYPROPYLENE & NATURAL RUBBER

Indah Agus Setiorini¹

¹Program Studi Teknik Pengolahan Migas, Jurusan Teknik Kimia
Politeknik Akamigas Palembang
Email : Indahagussetiorini_sukarman@yahoo.co.id

Abstrak

Penelitian ini dilakukan agar dapat mengembangkan produk TPE yang telah dihasilkan menjadi bahan yang unggul dan diterima oleh industri otomotif serta industri alat kesehatan. Termoplastik elastomer yang dihasilkan berbahan dasar Karet Alam dan Polipropilena untuk penggunaan industri. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah dengan proses pencangkakan Polipropilena menggunakan Maleat Anhidrid (PP-g-MA). Proses pencangkakan dilakukan pada suhu 160°C dan waktu 10 menit. Variasi komposisi NR/PP/CB yaitu (70:30:0)% wt, (69:30:1)% wt, (68:30:2)% wt dan (67:30:3)% wt. Karakteristik yang di uji meliputi morfologi permukaan dan sifat kuat tarik bahan. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa uji kuat tarik semakin meningkat seiring bertambahnya kadar filler. Nilai kuat tarik terbaik diperoleh dari komposit dengan perbandingan NR/PP/CB (67:30:3)% berat sebesar 1,66 N/mm³.

Kata kunci : Termoplastik Elastomer, Karet Alam, Polipropilena, Morfologi, Kuat tarik.

Abstract

This research was conducted in order to develop TPE products that have been produced become prime material and can be accepted by the automotive and medical equipment industry. Thermoplastic elastomers produced are based on Polypropylene and natural rubber for industrial use. The method used in this study was Polypropylene grafting process with Maleic Anhydride (PP-g-MA). The grafting process was carried out at the temperature of 160°C and a time of 10 minutes. The variations in the composition of PP/NR/CB are (70:30:0) % by weight, (69:30:1) % by weight, (68:30:2) % by weight and (67:30:3) % by weight. The characteristic test which was conducted included the surface morphology and elongation at break. The obtained results showed that the mechanical test in the form of tensile strenght kept increases as the level of filler increased. The best value was obtained from tensile strenght obtained from the composite ratio of NR/PP/CB (67:30:3) % by weight was 1,66 N/mm³.

Keywords : Thermoplastic Elastomer, Polypropylene, Natural Rubber, Morphology, Tensile Strenght

I. Pendahuluan

Komposit adalah campuran dua atau lebih bahan dimana sifat masing-masing bahan berbeda satu sama lain baik sifat fisik atau sifat kimianya untuk menghasilkan material baru. Telah menjadi fenomena yang penting pada tahun-tahun terakhir ini untuk mendapatkan suatu bahan dengan sifat-sifat tertentu seperti : sifat mekanik, sifat fisik, termal dan kemampuan proses yang baik yang tidak dapat ditemukan dari masing-masing komponen. Pertimbangan biaya merupakan salah satu alasan utama pada industri yang menyangkut bahan polimer selain dari alasan pencampuran.. Apabila suatu bahan dapat diproduksi dengan biaya murah dan menghasilkan spesifikasi yang memenuhi kebutuhan, maka produk tersebut akan kompetitif di pasar (Halimatuddahlia, dkk, 2008).

Termoplastik Elastomer (TPE) adalah polimer yang memiliki sifat elastis dan termoplastis dan telah lama dimanfaatkan dalam keperluan sehari-hari, serta pemakaiannya semakin meningkat setiap tahunnya

karena memiliki keunggulan dibandingkan vulkanizat elastomer karena tidak memerlukan *crosslink agent*, proses pengerjaannya lebih sederhana dan berlangsung lebih cepat, serta barang jadinya dapat didaur ulang atau diolah kembali (Deswita, dkk, 2006).

Karet alam adalah elastomer alam yang berat molekulnya relatif tinggi dan sulit dicetak dalam keadaan panas tanpa perlakuan khusus. Karet alam adalah salah satu bahan untuk membuat termoplastik elastomer yang diolah dengan cara konvensional atau dengan teknik radiasi (Deswita, dkk, 2006). Campuran antara elastomer dan termoplastik (bahan termoplastik elastomer) dapat menghasilkan bahan dengan spesifikasi teknik yang diharapkan. Salah satu contoh termoplastik elastomer yang sangat populer saat ini adalah termoplastik elastomer polipropilene/etilene-propilene diene terpolimer (PP/EPDM) yang mempunyai beberapa keunggulan sifat, seperti tahan terhadap benturan (*impact resistance*), tahan terhadap bahan kimia (*good*

chemical resistance), stabilitas termal yang baik (*good thermal stability*) (Halimatuddahlia, dkk, 2008).

Campuran kedua bahan ini dapat menghasilkan produk industri kendaraan seperti bumper, panel pintu, kibasan lumpur (*mudflaps*) dan bagian dalam mobil (*interior*). Campuran antara PP dan EPDM kadang kala tidak memerlukan bahan kuratif seperti bahan sambung silang (*crosslink*). Interaksi yang baik antara EPDM dan PP disebabkan oleh struktur kimia EPDM yang juga mengandung gugus propilena sehingga campuran PP/EPDM lebih *compatible* dibandingkan dengan NR/PP. EPDM adalah karet sintesis yang harus diimport dari luar negeri sehingga biaya pengadaannya relatif cukup mahal. Karet alam (NR) adalah sumber asli negara yang banyak terdapat di Indonesia sehingga penggantian EPDM dengan NR merupakan langkah yang tepat apabila dipandang dari segi ekonomi. Namun hasil penelitian terdahulu menunjukkan terjadinya penurunan sifat mekanik (*tensile test*, *oil resistance test*) bila EPDM diganti dengan NR dibandingkan dengan campuran PP/EPDM (Halimatuddahlia, dkk, 2008). Hal ini disebabkan karena campuran NR/PP kurang serasi dibandingkan dengan PP/EPDM. Dari penelitian terdahulu yang menunjukkan beberapa sifat mekanik yang tidak tercapai maka peneliti melakukan penambahan *carbon black filler* yang dapat meningkatkan sifat mekanik campuran NR/PP menggunakan metode grafting. Metode ini dipilih dengan pertimbangan lebih konvensional dimana kondisi operasi tidak terlalu tinggi yaitu 160°C dibandingkan metode yang lain (Hidayani, 2010).

Halimatuddahlia (2008) mengatakan bahwa hasil penelitian terdahulu menunjukkan terjadinya penurunan sifat mekanik (*tensile test*, *oil resistance test*) bila EPDM diganti dengan NR dibandingkan dengan campuran PP/EPDM. Hal ini disebabkan karena campuran NR/PP kurang cocok dibandingkan dengan PP/EPDM. Sehingga perumusan masalah dari penelitian ini berdasarkan penurunan sifat mekanik yang tidak tercapai, maka peneliti melakukan penambahan *carbon black filler* yang dapat meningkatkan sifat mekanik campuran NR/PP dengan metode pencangkokan. Selanjutnya melakukan analisa sifat fisik (densitas dan morfologi campuran) dan sifat mekanik (uji kuat tarik) dari produk akhir setelah dilakukan penambahan komponen *filler* dalam campuran NR/PP.

II. Material

Polimer

Polimer merupakan rantai berulang dari atom yang panjang, terbentuk dari pengikat yang berupa molekul identik yang disebut monomer. Polimer biasanya merupakan zat organik (memiliki rantai karbon), ada juga polimer inorganik. Contoh dari polimer adalah plastik dan DNA.

Polimer yang berasal dari alam atau polimer organik misalnya: karet alam, selulosa dan protein. Sedangkan yang termasuk polimer anorganik atau polimer sintetik misalnya: PVC dan teflon. Para ahli kimia telah berhasil menggali pengetahuan yang berguna bagi polimer sintetik untuk memenuhi berbagai tujuan dan menyebabkan industri polimer berkembang dengan pesat di abad ini. Hal tersebut ditandai dengan semakin berkembangnya teknologi polimer sintetik dalam berbagai segi kehidupan.

Hal ini dapat sangat berguna bagi manusia dalam berbagai bidang kehidupan. Tetapi di sisi lain polimer sintetik juga dapat menimbulkan ancaman bagi kelestarian alam, karena sebagian besar polimer sintetik yang sudah tidak digunakan lagi dan dibuang tidak bisa diuraikan oleh alam. Untuk itu sekarang ini banyak dikembangkan pembuatan polimer sintetik yang ramah lingkungan sehingga polimer tersebut tidak membahayakan lingkungan hidup kita.

Saat ini pemanfaatan polimer sudah meliputi berbagai aspek kehidupan. Polimer dapat dimanfaatkan antara lain sebagai bahan pengemas, mainan anak-anak, tekstil, peralatan rumah tangga, peralatan elektronik, peralatan transportasi hingga peralatan kedokteran. Industri polimer berkembang pesat selama beberapa dekade terakhir; bahkan industri polimer dapat dipandang sebagai industri dasar pada negara industri.

Sejauh ini TPE berbasis NR/PP belum dapat dikembangkan secara komersial karena spesifikasi material tersebut belum dapat bersaing dengan TPE berbasis karet sintetik. Beberapa peneliti sudah mengembangkan metode-metode untuk dapat meningkatkan sifat mekanik campuran NR/PP, diantaranya adalah proses vulkanisasi dinamik dengan pemberian bahan-bahan sambung silang (*crosslink*) (Halimatuddahlia, dkk, 2008; Bahrudin, dkk, 2007), pencangkokan (*grafting*) secara polimerisasi emulsi antara NR dengan monomer stirena dan metil metakrilat (Suhardjo, dkk, 2011), pencangkokan (*grafting*) secara polimerisasi emulsi antara NR dengan monomer stirena dan metil metakrilat dengan menggunakan inisiator *Potassium Persulfate* dan *Ammonium Peroxydisulfate* (Sondari, dkk, 2010), penambahan *filler* Carbon Black (CB) (Bahrudin, dkk, 2010), Proses *Blending* antara TPE berbasis karet alam (NR) dengan PE dan TPE berbasis karet alam (NR) dengan PP (Deswita, dkk, 2006), Proses *Blending* antara PP/EPDM/NR dan PP/EPDM/ENR25 (Halimatuddahlia dan Ismail, 2003), Pencangkokan (*grafting*) antara Polystirene dengan Maleat Anhidrid menggunakan inisiator benzoil peroksida (Sukatik, 2012), Pembuatan termoplastik elastomer dari campuran elastomer berupa karet alam dengan termoplastik berupa metil metakrilat (MMA) secara bersama-sama diiradiasi sinar gamma secara optimal dengan Pb_3O_4 sebagai *Filler* (Sudirman, dkk, 2000). Namun sejauh ini metode-metode tersebut belum dapat menghasilkan peningkatan sifat mekanik sebagaimana diharapkan.

Metode lain yang dapat dikembangkan adalah dengan menambah komponen *filler* dalam campuran polimer tersebut. *Carbon Black* (CB) adalah salah satu jenis *filler* yang sudah umum digunakan untuk meningkatkan sifat mekanik karet tervulkanisasi. Namun demikian, beberapa peneliti masih terus mengevaluasi penggunaan CB untuk meningkatkan performa karet tervulkanisasi (Bahruddin, dkk, 2010).

Pemanfaatan CB sebagai *filler* untuk meningkatkan sifat mekanik TPE berbasis NR/PP belum banyak dilakukan. Merujuk pada TPE berbasis PP dan karet sintetik EPDM yang sifat mekaniknya dapat ditingkatkan dengan penambahan CB *filler* (Bahruddin, dkk, 2010), penelitian ini bertujuan untuk meningkatkan sifat fisik (morfologi campuran & densitas) dan sifat mekanik (uji kuat tarik, Uji Perpanjangan Putus & uji ketahanan minyak) NR/PP dengan penambahan CB *filler*. Sistem campuran yang dibuat juga menggunakan kompatibiliser MA-g-PP, seperti penelitian yang dilakukan sebelumnya (Deswita, dkk, 2006).

Termoplastik Elastomer (TPE)

Termoplastik Elastomer (TPE) adalah suatu campuran atau senyawa polimer yang merupakan gabungan dari sifat-sifat proses termoplastik dengan tampilan fungsi elastomer konvensional, dan temperatur lelehnya menunjukkan bahwa karakter termoplastik yang memungkinkan untuk dibentuk kembali menjadi barang jadi, dalam skala suhu selama proses pembuatan memiliki perilaku elastomer tanpa ikatan silang. Cara pembuatannya dapat dilakukan pada fase leleh maupun fase emulsi. Selama beberapa tahun terakhir ini perkembangan TPE telah mendapat banyak perhatian dibidang pengetahuan dan teknologi polimer. Sekarang TPE telah menjadi salah satu barang polimer penting dalam perdagangan.

TPE terdiri dari : Polyolefin, Polistiren-kopolimer dan Poliuretan. Sedangkan TPE berbasis campuran karet – plastik dapat dibagi menjadi dua kelas utama yaitu : TPO (termoplastik olefin) dan TPV (termoplastik vulkanisasi). TPO dapat dibuat secara mudah dan biaya yang relative murah karena dispersi fase karet tidak terjadi secara ikat silang, sebaliknya TPV memerlukan proses lebih kompleks karena dispersi fase karet harus terjadi secara ikat silang selama proses pencampuran, sebagian besar melalui vulkanisasi dinamik atau proses ikat silang in-situ. TPE dapat dibuat dengan cara pencampuran pada fase emulsi atau pada fase leleh dari polimer pembentuknya. Pembuatan TPE ada bermacam-macam cara tergantung jenis polimer pembentuk, kompatibilizer, *filler* dan aditif lainnya.

Dalam penyelidikan yang melibatkan bahan termoplastik dan karet alam adalah dengan penemuan bahan yang dikenali sebagai Termoplastik elastomer, yang merupakan kopolimer blok dengan sifat elastik pada suhu kamar sampai kira-kira 70 C. Termoplastik

elastomer dapat diproses seperti termoplastik konvensional tanpa perlu dilakukan proses vulkanisasi. Sifat elastik ini disebabkan sifat ikatan silang fisik yang dihasilkan dari pada daya antara molekul seperti ikatan hidrogen. Ikatan-ikatan ini akan terputus jika Termoplastik elastomer dipanaskan melebihi suhu tertentu dan terbentuk kembali apabila didinginkan. Berbagai jenis campuran polimer yang semakin mendapat perhatian seperti : campuran elastomer-elastomer, plastik-plastik dan elastomer-termoplastik elastomer karena ciri-ciri pemrosesannya yang sama seperti termoplastik dan sifat tekniknya yang sama seperti elastomer tervulkanisir (Bukit, 2012).

Penggunaan elastomer yang murah dan termoplastik yang mahal akan menghasilkan pengurangan dari segi biaya bahan, selain itu dapat meningkatkan beberapa sifat mekanik seperti kekuatan hantaman (impak) dan sifat lainnya. Di samping itu penambahan bahan aditif yang murah juga dapat mengurangi biaya bahan, termasuk penggunaan bahan pengisi (*filler*) sebagai penguat dan bahan pengisi yang bukan sebagai penguat. Ismail *et al.* (2001a) telah mengkaji tentang vulkanisasi dinamik campuran Karet Alam dan Polipropilena dengan bahan pengisi serbuk kayu karet. Hasil penelitiannya menunjukkan bahwa dengan peningkatan dari 0 hingga 2 % wt sulfur dapat meningkatkan kekuatan tarik, modulus Young dan modulus lentur (Bukit, 2012).

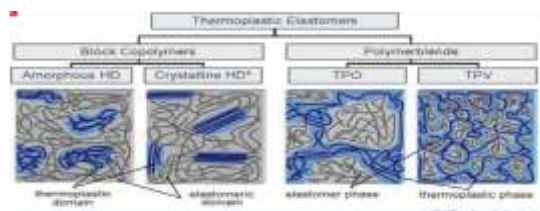
Ismail *et al.* (2001b) juga telah mengkaji dengan menambah bahan kompatibiliser propilena-etilena-akrilik acid (PPEAA) terhadap sifat-sifat mekanik dan pengembangannya (*sweling*) dengan menggunakan campuran karet alam (NR) dan LLDPE dengan bahan pengisi (*filler*) abu sekam padi putih (ASPP), hasil penelitiannya diperoleh bahwa peningkatan ASPP di dalam campuran NR/LLDPE telah mengakibatkan penurunan terhadap kekuatan tarik, dan penambahan bahan manakala modulus tarik dan kekerasannya meningkat (Bukit, 2012). Pada penambahan bahan pengisi yang sama dan dengan kehadiran PPEAA, kekuatan tarik, modulus tarik, kekerasan dan perpanjangan putus meningkat apabila penambahan bahan menurun.

Jenis-jenis Termoplastik elastomer (TPE).

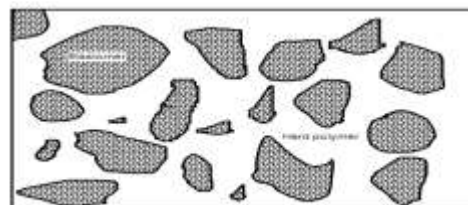
Termoplastik elastomer secara komersial dapat digolongkan pada dua kelompok yang utama yaitu:

1. Kopolimer blok
2. Polimer Campuran

Adapun skematik bentuk termoplastik kopolimer blok dan polimer campuran di perlihatkan pada Gambar 1 dan Gambar 2.



Gambar 1 . Bentuk amorf dan kristal dari TPE
(Bukit, 2012)



Gambar 2. Skematik dari TPE komersial

Polipropilena.

Polipropilena merupakan polimer kristalin yang dihasilkan dari proses polimerisasi gas propilena, dimana propilena mempunyai *specific gravity* rendah dibandingkan dengan jenis plastik

lain. Sebagai perbandingan dapat dilihat pada Tabel 1. Polipropilena memiliki titik leleh yang cukup tinggi ($149 - 170^{\circ}\text{C}$), sedangkan titik kristalisasinya antara ($130 - 135^{\circ}\text{C}$).

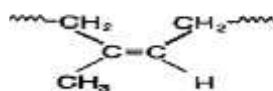
Tabel 1. Perbandingan specific gravity dari berbagai material plastik.

Resin	Spesific Gravity
PP	0,85-0,90
LDPE	0,91-0,93
HDPE	0,93-0,96
Polistirena	1,05-1,08
ABS	0,99-1,10
PVC	1,15-1,67
Asetil Selulosa	1,23-1,34
Nylon	1,09-1,14
Poli Karbonat	1,20
Poli Asetat	1,38

Ketahanan Polipropilena terhadap bahan kimia (*chemical Resistance*) sangat tinggi, tetapi *impact strength*-nya rendah. Polipropilena adalah salah satu dari bahan termoplastik yang memiliki sifat-sifat yang diinginkan sehingga membuat bahan ini serbaguna dan menjadi salah satu dari termoplastik komersial terpenting, konsumsinya meningkat dengan cepat dibandingkan polimer termoplastik lainnya.

Karet Alam

Karet alam berasal dari Brazil dengan nama ilmiah *Hevea Brasiliensis*. Karet alam merupakan senyawa hidrokarbon yang mengandung atom karbon (C) dan atom hidrogen (H) dan merupakan senyawa polimer dengan isoprena sebagai monomernya. Rumus empiris karet alam adalah $(\text{C}_5\text{H}_8)_n$, diperlihatkan pada Gambar 3. Dengan perbandingan atom-atom karbon dan hidrogen adalah 5 : 8 dan n menunjukkan banyaknya monomer dalam rantai polimer.



Gambar 3 . Struktur Kimia dari Cis-1,4 Poliisoprena.

Karet atau elastomer merupakan salah satu jenis polimer yang memiliki perilaku khas yaitu memiliki daerah elastis non-linear yang sangat besar. Perilaku tersebut memiliki kaitan dengan struktur molekul karet yang memiliki ikatan silang (cross link) antar rantai molekul. Ikatan silang ini berperan sebagai 'pengingat bentuk' (shape memory) sehingga karet dapat kembali ke bentuk dan dimensi asalnya pada saat mengalami deformasi dalam jumlah yang sangat besar.

Sifat fisik hidrokarbon karet dipengaruhi oleh panjang dan ukuran dari rantai molekul polimer. Berat molekul (BM), panjang rantai molekul dan penampang dari suatu molekul sangat menentukan sifat teknis seperti viskositas dan sifat fisika vulkanisat seperti tegangan putus dan perpanjangan putus. Pada umumnya semakin tinggi Berat Molekul (BM) hidrokarbon karet, semakin panjang rantai molekul dan semakin tinggi tahanan terhadap aliran, dengan kata lain karetnya lebih viskous dan keras. Ikatan C-C di dalam rantai polimer karet dapat merubah sudut ikatannya karena pengaruh fisik dari luar. Molekul-molekul yang panjang di alam pada umumnya tidak lurus tetapi melingkar seperti spiral/siklis. Hal ini memberikan sifat fleksibel, dapat ditarik (pada batas-batas tertentu) atau ditekan dan memiliki sifat lentur.

Keunggulan yang dimiliki oleh karet alam antara lain, memiliki daya elastisitas yang tinggi (high elasticity), plastisitas yang baik sehingga pengolahannya mudah, memiliki daya aus yang tinggi, ketahanan tusuk yang tinggi (high cut growth), ketahanan koyak (tear resistance) yang tinggi dan tidak mudah panas (low heat build up) serta mempunyai cengkeraman yang tinggi sehingga cocok untuk ban radial dan ban pesawat terbang.

Karet alam adalah salah satu bahan penting yang digunakan secara luas dalam aplikasi teknik penggunaannya hal tersebut disebabkan karena kelembutan alaminya dan kemudahan pembentukannya. Meskipun demikian, bahan pengisi perlu ditambahkan dengan maksud untuk menyiasati sifat-sifat alami yang tidak dikehendaki sehingga didapat suatu produk seperti yang diinginkan. Jenis dan jumlah bahan pengisi ditentukan oleh karakteristik produk yang diinginkan dan kelenturannya. Bahan pengisi adalah campuran dari berbagai material termasuk di dalamnya arang hitam (carbon black), bahan mineral seperti montmorillonite (tanah liat), dan kalsium karbonat

Bahan pengisi pada industri karet, tanah liat adalah mineral murah dan telah menjadi bagian penting dalam industri karet dimana penggunaannya sebagai bahan pengisi ekonomis untuk memodifikasi penciptaan dan performa karet alami maupun karet sintetis. Ada banyak jenis tanah liat, tapi montmorillonite mempunyai catatan panjang sebagai bahan anorganik paling penting yang ditambahkan

sebagai pengisi ke dalam lateks alami (getah pohon karet) (Bukit, 2012).

Dewasa ini, penelitian yang melibatkan senyawa organik-anorganik nano komposit menarik perhatian peneliti. Penelitian terkait dilakukan pertama sekali oleh tim riset dari Toyota (Bukit, 2012) yang melakukan analisis tentang nano komposit dari polyamide 6 dengan organophilic clay. Hasil penelitian menunjukkan peningkatan dalam hal sifat mekanik dan sifat fisik produk jika dibandingkan dengan polyamide 6 dalam bentuk murninya. Penelitian-penelitian fundamental terkait polimer tanah liat nanokomposit telah dilakukan oleh beberapa peneliti, secara umum, tiap penelitian menghasilkan suatu metode baru dalam hal pencampuran polimer dengan material pengisinya, seperti yang dilakukan oleh group Kojima (Bukit, 2012) dengan metode insitu polimerisasi, atau metode pencampuran dengan menambah pelarut dan pelelehan oleh group Giannelly (Bukit, 2012).

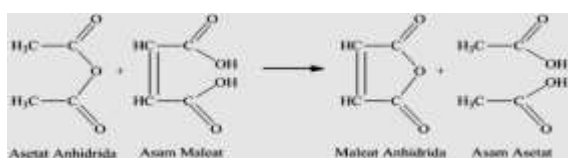
Hasil yang diperoleh dari campuran karet alam dengan nanokomposit dari clay adalah terjadinya peningkatan yang drastis terhadap basal spacing dari matrik polimer dan menunjukkan intercalasi diantara polimer dengan pengisinya. Uji tarik menunjukkan peningkatan yang sangat signifikan yaitu 14.983 MPa pada karet alam menjadi 40.178 MPa pada karet alam-tanah liat nanokomposit 5%wt berat (Bukit, 2012).

Tabel 2. Komposisi Partikel Karet Alam (T.Hulu. 2012)

No	Komponen	Komponen dalam latex segar (%)	Komponen dalam latex kering (%)
1	Karet Hidrokarbon	36	92-94
2	Protein	1,4	2,5-3,5
3	Karbohidrat	1,6	-
4	Lipida	1,6	2,5-3,2
5	Persenyawaan Organik Lain	0,4	-
6	Persenyawaan Anorganik	0,5	0,1-0,5
7	Air	58,5	0,3-1,0

Maleat Anhidrida

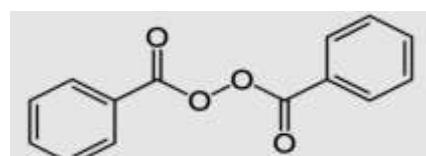
Maleat anhidrida (*cis*-butenadioat anhidrida, anhidrida toksilat, dihidro-2,5- dioksofuran) memiliki rumus kimia $C_4H_2O_3$. Dalam keadaan murni, maleat anhidrida tidak berwarna atau berwarna putih padat dan memiliki bau yang tajam. Maleat anhidrida biasa digunakan dalam penelitian polimer sebagai senyawa penghubung (kopling agent) karena mempunyai gugus polar dan non polar. Maleat anhidrida memiliki berat molekul 98,06, larut dalam air, meleleh pada temperatur 57-60°C, mendidih pada



Gambar 4. Pembentukan Maleat Anhidrida

202°C dan spesifik gravity 1,5 g/cm³. Maleat anhidrida merupakan senyawa vinil tidak jenuh yang merupakan bahan mentah dalam sintesa resin poliester, pelapisan permukaan karet, deterjen, bahan aditif dan minyak pelumas, plastisizer dan kopolimer. Maleat anhidrida mempunyai sifat kimia yang khas yaitu adanya ikatan etilenik dengan gugus karbonil di dalamnya, ikatan ini berperan dalam reaksi adisi senyawa organik (Wirjosentono, 2013).

Maleat anhidrida dapat dibuat dari asam maleat, seperti reaksi berikut ini :

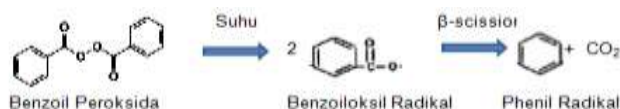


Gambar 5. Rumus dan struktur kimia benzoil peroksida

Benzoil Peroksida

Senyawa ini merupakan tipe inisiator yang sering digunakan. Berikut adalah rumus dan struktur kimia benzoil peroksida :

Senyawa ini tidak stabil terhadap panas dan dapat terurai menjadi radikal-radikal pada suhu tertentu dan laju yang tergantung pada strukturnya, mengalami homolisis termal untuk membentuk radikal-radikal benzoiloksi. Radikal benzoil mungkin menjalani berbagai reaksi selain beradisi ke monomer, termasuk rekombinasi, dekomposisi ke radikal fenil dan karbon dioksida dan kombinasi radikal. Reaksi-reaksi sekunder karena adanya efek molekul pelarut yang mengikat (efek sangkar) akibatnya konsentrasi inisiator berkurang (Wirjosentono, 2013). Reaksi hidrolisis BPO akibat panas dapat digambarkan seperti berikut :



Gambar 6. Reaksi hidrolisis benzoil peroksida.

Toluene

Toluene mempunyai rumus molekul C_7H_8 dengan titik lebur $-93^\circ C$, titik didih $110,6^\circ C$ dan dikenal dengan nama Metil Benzene/Fenil Metana. Toluene merupakan *liquid* berbasis *water-insoluble* dengan bau pengencer cat yang khas. Toluene bereaksi secara normal sebagai hidrokarbon aromatik dan gugus metil dalam Toluene bereaksi 25 kali lebih reaktif dari pada Benzene.

Dengan bahan pereaksi, gugus metil dalam Toluene akan bereaksi dan mengalami oksidasi. Penambahan Toluene sebesar 10% sebagai pengembang molekul karet yang sangat berpengaruh baik pada efektifitas degradasi partikel karet. Struktur Toluene dapat dilihat pada gambar berikut :



Gambar 7. Struktur Toluene

Carbon Black

Carbon black (karbon hitam) secara umum digunakan dalam industri karet sebagai bahan pengisi (*filler*) yang dapat memberikan warna hitam, dan meningkatkan sifat mekanik produk karet alam. Konsumsi *carbon black* pada industri ban karet mencapai 70%, sementara 20% digunakan untuk produk karet non-ban dan sisanya sebesar 10% digunakan untuk industri karet khusus (Ali, dkk, 2014).

Carbon black dapat diartikan sebagai salah satu bahan kimia yang paling stabil yang berbentuk seperti serbuk yang sangat halus dengan luas permukaan sangat besar dan hanya terdiri dari atom

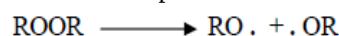
carbon. Selain digunakan sebagai penguat bahan karet, *carbon black* juga sering digunakan sebagai pigment hitam, serta konduktivitasnya digunakan dalam beberapa alat elektrik (Ali, dkk, 2014). *Carbon black* adalah *filler* yang paling efisien dengan ukuran partikel, kondisi permukaan dan sifat lain yang dapat divariasikan secara luas.

Degradasi Polipropilena dengan Benzoil Peroksida

Polipropilena adalah suatu polimer atau makromolekul rantai panjang yang mempunyai derajat polimer yang tinggi. Polipropilena termasuk polimer termoplastik yang akan lunak bila dipanaskan dan mengeras kembali bila dingin. Pada pengolahannya suhu pemanasan dibantu dengan adanya suatu inisiator peroksida, seperti benzoil peroksida polimer ini akan mengalami degradasi, yaitu terjadi pemutusan pada rantai utama. Pada penelitian ini degradasi polipropilena dilakukan dengan tujuan memperoleh polipropilena yang mempunyai bobot molekul lebih rendah dan rantai lebih pendek. Polipropilena dengan bobot molekul rendah dan rantai lebih pendek ini diharapkan setelah digrafting dengan maleat anhidrida, akan lebih mudah bereaksi dengan gugus hidroksil selulosa dan masuk ke antara serat-serat selulosa dalam partikel.

Pada tahap awal reaksi karena pengaruh panas inisiator benzoil peroksida terdekomposisi secara homolitik membentuk radikal " $RO\cdot$ ". Selanjutnya radikal ini akan menarik sebuah atom hidrogen dari molekul polipropilena sehingga terbentuk makromolekul radikal tertier " $3P\cdot$ ". Kemudian makromolekul radikal tertier ini mengalami pemutusan rantai pada posisi β sehingga rantai polipropilena semakin pendek dengan bobot molekul turun serta viskositas intrinsik turun dan proses ini akan terus berlanjut bila tidak ada terminasi rantai sesuai dengan mekanisme reaksi dibawah ini (Nasution, 2012).

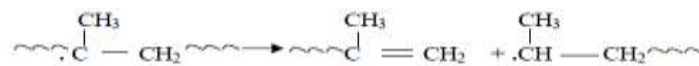
Dekomposisi dari inisiator



Inisiasi : Penyerapan dari Hidrogen



Pemutusan Rantai :



Gambar 8. Reaksi dedgradasi polipropilena oleh suatu peroksida

Bahan Pengisi (Filler)

Bahan pengisi diklasifikasikan menjadi dua, yaitu *carbon black* dan bahan pengisi *non-black* atau biasa disebut pengisi berwarna. Setiap bahan pengisi,

baik yang *black* atau *non-black* memiliki derajat keaktifan tersendiri. Klasifikasi bahan pengisi (*filler*) berdasarkan fungsinya dibagi menjadi dua jenis (Ali, dkk, 2014), yaitu:

- *Reinforcing filler*, yaitu *filler* yang tidak hanya berfungsi sebagai bahan pengisi tetapi juga akan berpengaruh terhadap sifat-sifat fisik karet dan akan menambah kekuatan tarik dan daya tahan terhadap gesekan. Contohnya: *carbon black*, magnesium karbonat, ZnO.
- *Inert filler*, yaitu *filler* yang hanya berfungsi sebagai penambah volume saja. Contohnya : CaCO₃, kaolin, BaSO₄.

Berdasarkan keaktifannya, bahan pengisi (*filler*) dibagi menjadi dua golongan, yaitu golongan bahan pengisi (*filler*) aktif (bahan pengisi penguat) dan golongan bahan pengisi (*filler*) tidak aktif (Ali, dkk, 2014). Selain itu, penambahan bahan pengisi (*filler*) tidak aktif hanya akan menambah kekerasan dan kekakuan pada produk karetnya, tetapi kekuatan dan sifat lainnya akan berkurang. Harga bahan pengisi (*filler*) tidak aktif lebih murah dibandingkan dengan bahan pengisi (*filler*) aktif, sehingga menyebabkan bahan pengisi (*filler*) tidak aktif digunakan dalam kuantitas yang lebih kecil terutama untuk menekan harga produk karet yang dihasilkan (Ali, dkk, 2014). Bahan pengisi (*filler*) yang baik adalah bahan pengisi yang bersifat *inert* (tidak ikut bereaksi) terhadap komponen lain, tidak mudah terbakar, dan memiliki luas permukaan spesifik yang luas. Pada umumnya, bahan pengisi (*filler*) yang digunakan terdiri dari campuran dua komponen. Kemampuan *filler* untuk memperbaiki sifat vulkanisat dipengaruhi oleh tipe elastomer, sifat alami *filler*, dan jumlah *filler* yang digunakan (Ali, dkk, 2014).

Kompatibiliser (Compatibilizer)

Untuk meningkatkan daya rekat permukaan bahan pada proses pencampuran dan menstabilkan kondisi morfologi dalam campuran polimer, berbagai metode telah dikembangkan. Secara umum, ada dua keadaan untuk meningkatkan kompatibilitas yaitu *immiscible blends* dan *reactive blending*, *immiscible blends* yakni dengan cara menambahkan polimer yang sudah difungsionalisasi sehingga mampu meningkatkan interaksi tertentu atau bereaksi secara kimia. Fungsionalisasi dapat dilakukan sebelum pencampuran polimer atau sekaligus dalam proses pencampuran dalam mesin pencampur (*internal mixer*) sehingga akan terbentuk blok atau *graft-copolymers*, halogenasi, sulfonasi, formasi hydroperoxide, dan lain-lain. Perkembangan terakhir dalam produksi campuran polimer menggunakan metode *reactive blending* yang bergantung pada pembentukan langsung kopolimer atau interaksi Polimer. Biasanya polimer reaktif dapat dihasilkan

oleh radikal bebas copolymerisation atau disebut pencangkakan reaktif (*reactive grafting*) kepada rantai induk polimer. Gugus fungsional, seperti anhydride, epoxy, oxazoline, dan yang terikat pada rantai induk polimer sering dipilih untuk *reactive blending*, gugus fungsional pencampuran polimer (kompatibilisasi) dalam *reactive blending* (Bukit, 2012).

Penambahan zat kompatibiliser yang memiliki interaksi spesifik atau reaksi kimia dengan komponen campuran polimer blok atau graft-copolymer dan zat reaktif dengan berat molekul rendah termasuk dalam kategori ini. Penentuan pilihan blok atau graft-copolymer sebagai zat kompatibiliser didasarkan pada sifat kereaktifan dan kemudahan-campuran (*miscibility*) dengan campuran polimer. Fungsionalisasi polimer yang mempunyai kemiripan struktur dengan salah satu jenis polimer campuran dapat digunakan sebagai zat kompatibiliser dalam pencampuran polimer.

III. Metodologi

Metode Penelitian

Metode pembuatan termoplastik elastomer terdiri dari 3 (tiga) tahap, yaitu (Sukatik, 2012):

- Degradasi polipropilena dengan inisiator Benzoi Peroksida.
- Pencangkakan Polipropilene dengan Maleat Anhidrid (PP-g-MA).
- Pencampuran Komposit PP-g-MA, Karet Alam dan *Carbon Black filler*.

Analisa Data yang dilakukan

Berikut adalah analisa data yang dilakukan dalam penelitian ini :

1. Uji Kestabilan
Sifat fisik yang diukur adalah densitas komposit dibandingkan dengan densitas air.
2. Morfologi Permukaan Campuran
Morfologi permukaan campuran PP-g-MA dengan NR dilakukan untuk melihat struktur mikro pori-pori dan bentuk partikel dibawah Scanning Electron Microscopy (SEM) dengan perbesaran 2 juta kali dengan resolusi mencapai 0,1 – 0,2 nm, dimana hasilnya dapat menentukan keseragaman struktur permukaan Termoplastik elastomer yang dapat digunakan.
3. Pengujian Karakteristik
Pengujian karakteristik meliputi pengukuran Fisik (densitas dan morfologi campuran) dan pengukuran mekanik (uji kuat tarik).

IV. Hasil dan Pembahasan

Data Hasil Uji Campuran

Termoplastik elastomer itu sendiri dibuat melalui pencampuran PP-g-MA dengan Natural Rubber ditambah dengan *carbon black filler*. Termoplastik Elastomer yang dihasilkan di analisis

secara visual dengan data hasil pengamatan seperti tabel berikut ini :

Tabel 3. Data Hasil Uji Campuran

Komposisi	Campuran (% wt)			
	A ₁	A ₂	A ₃	A ₄
PP-g-MA	30	30	30	30
NR	70	69	68	67
Carbon Black	0	1	2	3
Sifat Fisik				
Densitas (g/ml)	1,104	1,043	1,052	0,917
Sifat Mekanik				
Uji Kuat Tarik (N/mm ²)	268,36	225,00	203,16	143,00

Berikut adalah tabel Standar British Plastic Federation (BPF) terutama untuk sifat kekuatan tarik dan densitas dari termoplastik elastomer :

Tabel 4. Standar British Plastic Federation (BPF)

Sifat Termoplastik elastomer	Range Standar BPF
Kekuatan tarik (N/mm ²)	0,50 – 2,4
Density (g/ml)	0,91 – 1,3

Sifat Morfologi Permukaan Campuran

Morfologi komposit NR/PP dengan penambahan *carbon black filler* dapat dilihat menggunakan *Scanning Electron Microscope (SEM)* merk JEOL 6510LA yang dilaksanakan di

Universitas Negeri Jakarta. Gambar 9 dan 10 menunjukkan hasil analisis strukturmikro antara komposit yang ditambahkan *filler* dengan komposit yang tidak ditambahkan *filler*



Gambar 9. Struktur Morfologi untuk komposit yang tidak ditambahkan *filler*

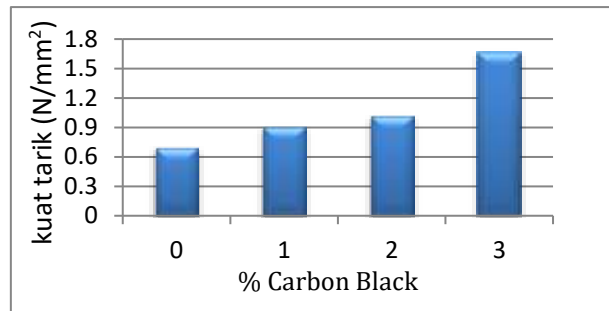


Gambar 10. Struktur Morfologi untuk komposit yang ditambahkan *filler*

Dari Gambar 9 dan 10 dapat dilihat bahwa pada komposit yang tidak ditambahkan *filler* morfologi permukaannya terlihat lebih *smooth*, hal tersebut karena partikel karet yang bersifat lentur dan lunak dibandingkan dengan komposit yang ditambahkan *filler* yang terlihat lebih kasar, hal tersebut merupakan konsekuensi dari pemakaian *carbon black filler* yang mempunyai sifat keras dengan bentuk fisik berupa partikel-partikel kecil dengan ukuran partikel 200 mesh.

Sifat Kuat Tarik Komposit

Pengujian nilai kuat tarik dan nilai perpanjangan putus komposit dilakukan menggunakan alat Hydraulic Universal Material Tester 50 kN di Laboratorium Polsri Palembang yang mengacu pada standar ASTM D-638. Berdasarkan data pada Tabel 3, maka didapat grafik pengaruh variasi jumlah *carbon black filler* terhadap sifat kuat tarik komposit yang dapat dilihat pada Gambar 11. Grafik data hasil uji kuat tarik campuran.



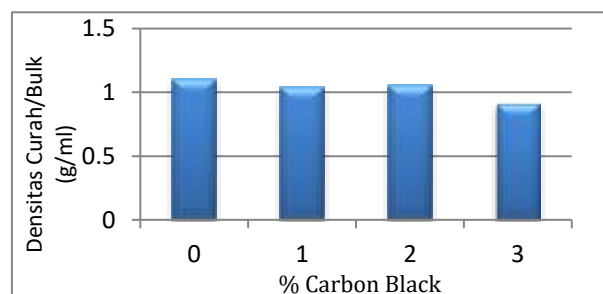
Gambar 11. Grafik Pengamatan Variasi Carbon Black Filler terhadap Uji Kuat Tarik [campuran 1=NR/PP/CB:(70/30/0)%, campuran 2 = NR/PP/CB:(69/30/1)%, campuran 3 =NR/PP/CB:(68/30/2)%, campuran 4 = NR/PP/CB:(67/30/3)%]

Dari grafik dapat dilihat nilai sifat kuat tarik elastomer termoplastik yang dihasilkan telah memenuhi range standar sifat kuat tarik elastomer termoplastik berdasarkan British Plastic Federation (BPF) ($0,5-2,4 \text{ N/mm}^2$), dimana semakin banyak *filler* yang digunakan kekuatan tariknya semakin meningkat. Kenaikan sifat tersebut adalah konsekuensi dari pemakaian *carbon black* yang relatif tidak mempunyai sifat elastis sehingga pada saat terjadi perekatan adhesi antar fasa tersebut akan mengikat kuat dan mengeras karena terisi oleh partikel *filler*. Meskipun demikian terdapat titik lemah pada batas fasa komposit tersebut, dimana ikatan antara permukaan molekul karet, molekul polipropilena dan partikel *filler* terdapat batas permukaan yang mempunyai sifat fisik yang berbeda sehingga dapat menyebabkan pemisahan fasa pada kondisi tertentu (saat diberikan tegangan tarik maksimum) yang dapat menyebabkan sifat mekanik

paduan menjadi kurang baik. Untuk campuran komposit dengan kekuatan tarik terbaik adalah pada campuran keempat dengan rasio NR/PP/CB = 67%/30%/3% sebesar $1,66 \text{ N/mm}^2$. Namun hal ini juga sangat dipengaruhi oleh teknik pencampuran. Pada campuran PP/NR komponen PP dan *filler* CB adalah fasa terdistribusi dan komponen NR adalah fasa matrik. Ukuran partikel yang semakin kecil dan dispersi yang semakin merata dari fasa terdistribusi dapat menghasilkan sifat kekuatan tarik campuran yang semakin meningkat.

Densitas Campuran

Berdasarkan data pada tabel 3, maka didapat grafik pengaruh variasi jumlah *carbon black filler* terhadap nilai densitas komposit yang dapat dilihat pada gambar 12. Grafik data hasil uji densitas campuran.



Gambar 12. Grafik Pengamatan Variasi Carbon Black Filler terhadap Nilai Densitas [campuran 1 = NR/PP/CB:(70/30/0)% wt, campuran 2 = NR/PP/CB:(69/30/1)% wt, campuran 3 = NR/PP/CB:(68/30/2)% wt, campuran 4 = NR/PP/CB:(67/30/3)% wt]

Peningkatan sifat kerapatan terjadi pada komposisi CB 0% wt massa yaitu sebesar $1,104 \text{ g/ml}$, sifat kerapatan tersebut mengalami penurunan terendah pada komposisi CB 3% wt massa yaitu sebesar $0,917 \text{ g/ml}$, hal ini menunjukkan bahwa kompatibilitas yang relatif baik antara NR/PP/CB

terjadi pada komposisi CB yang relatif rendah untuk rasio NR/PP 30/70. Kemungkinan penurunan sifat kerapatan terjadi karena rongga yang terbentuk akibat dari sifat karakteristik fasa campuran yang tidak dapat campur (*immiscible blend*), namun hal ini juga dipengaruhi oleh teknik pencampuran. Dimana nilai

densitas yang dihasilkan sesuai dalam range standar densitas termoplastik elastomer berdasarkan British Plastic Federation (BPF) (0,91-1,3 g/ml).

Berikut adalah Tabel 5. Perbandingan Sifat Mekanik Berbagai Sistem Campuran NR/PP pada Rasio Massa :

Tabel 5. Perbandingan Sifat Mekanik Berbagai Sistem Campuran NR/PP

Sistem Campuran	Sifat Mekanik Kuat Tarik (N/mm ²)
NR/PP dengan kompatibilizer MA-g-PP dan penambahan carbon black filler dengan metoda vulkanisasi dinamik (Bahruddin dkk,2010)	9,8
NR/PP dengan inisiator potasium persulfat 2% & SDS 1% (Suhardjo dkk, 2011)	4,7
NR/PP dengan Sulfur 3 phr dan 5 phr di vulkanisasi dinamik dalam internal mixer (Bahruddin dkk, 2007)	1,5
NR/PP dengan penambahan carbon black filler menggunakan metoda grafting (penelitian ini)	1,66

V. Kesimpulan

1. Campuran komposit polipropilena, karet alam dan *carbon black filler* yang dihasilkan memenuhi range standar sifat kuat tarik termoplastik elastomer yaitu 0,5-2,4 N/mm² dan memenuhi range standar densitas termoplastik elastomer yaitu 0,91-1,3 g/ml berdasarkan British Plastic Federation (BPF) dengan kelebihan dan kekurangan masing-masing yang dapat dilihat pada Lampiran.
2. Penambahan *carbon black filler* berpengaruh pada sifat fisik dan mekanik komposit Karet Alam dan Polipropilena. Berdasarkan pengamatan struktur mikro morfologi permukaan menggunakan *Scanning Electron Microscope (SEM)* menunjukkan bahwa *filler* tersebar merata di dalam komposit. Nilai kuat tarik terbaik didapatkan pada campuran keempat dengan rasio massa NR/PP/CB=30%/67%/3% wt sebesar 1,66 N/mm².

Daftar Pustaka

- Ali, F., R. D., M. Mezal, D. H., Valencia, 2014, *Pengaruh Penambahan Zeolit Dan Kulit Kerang Darah Terhadap Sifat Mekanis Rubber Compound*, Jurnal Teknik Kimia No. 3, Vol. 20, Agustus 2014.
- Bahruddin, Sumarno, Wibawa,G., Soewarno, N., 2007, "Morfologi dan Properti Campuran Karet Alam/Polypropylene yang Divulkanisasi Dinamik dalam Internal

Mixer", Reaktor. Vol. 11, No. 2, Desember 2007, Hal : 71-77.

- Bahruddin, Zahrina, I., Amraini, S. Z., 2010, "Pengaruh Filler Carbon Black Terhadap sifat dan Morfologi Komposit Natural Rubber/Polypropylene", Jurnal Teknik Kimia Indonesia Vol. 9, No. 2, Agustus 2010, 62-68.

Bukit,N.,2012,"<http://repository.usu.ac.id/bitstream/handle/123456789/61935/BAB%20II%20Tinjauan%20pustaka.pdf?sequence=2>, diakses 15 Oktober 2015.

- Deswita, Sudirman, Karo, A. K., Sugiantoro, S., Handayani, A., 2006. "Pengembangan Elastomer Termoplastik Berbasis Karet Alam dengan Polietilen dan Polipropilen untuk Bahan Industri", Indonesian Journal of Materials Science, Vol. 8, No. 1, Oktober 2006, Hal : 52-57, ISSN : 1411-1098.

Halimatuddahlia, Ismail, H., 2003."Properties of Thermoplastic Elastomer Based on PP/EPDM/ENR25 and PP/EPDM/NR Blends", Jurnal Teknologi, 39(A).97-106, University Teknologi Malaysia.

Halimatuddahlia, Surya, I., Maulida, 2008, "Modifikasi Bahan Termoplastik elastomer Polipropilena/Karet Alam (NR/PP) dengan Proses Pemvulkanisasian Dinamik", Jurnal Penelitian Rekayasa, Volume 1, Nomor 2, Des. 2008.

Hidayani, T. R., 2010, "PENENTUAN DERAJAT GRAFTING DAN FRAKSI GEL DARI POLIPROPILENA TERDEGRADASI YANG

- DIFUNGSIONALISASIKAN DENGAN MALEATANHIDRIDA*, <http://epository.usu.ac.id/bitstream/handle/123456789/61935/BAB%20II%20Tinjauan%20pustaka.pdf?sequence=2>, diakses 15 Oktober 2015.
- mixing ratio*, Procedia Engineering 68 (2013), 439 – 445.
- Nasution, D.Y., 2012, "http://repository.usu.ac.id/bitstream/handle/123456789/61935/BAB%20II%20Tinjauan%20pustaka.pdf?sequence=2", diakses 15 Oktober 2015.
- Sondari, D., Haryono, A., Ghozali, M., Randy, A., Suhardjo, K. A., Basuki, A., Surasno, 2010, "Pembuatan Termoplastik elastomer Menggunakan Inisiator Potassium Persulfate dan Ammonium Peroxydisulfate", Indonesian Journal of Materials Science, Vol. 12, No. 1, Oktober 2010, Hal : 41- 45, ISSN : 1411-1098.
- Sudirman, Handayani, A., Darwinto, T., Yulius S.P.P, T., Surnani, A., Marlijanti, I., 2000, "Struktur mikro dan Sifat Mekanik Komposit Termoplastik elastomer-Timbal Oksida", J. Mikroskopi dan Mikroanalisis, Vol. 3, No.1, 2000, ISSN : 1410-5594.
- Suhardjo, K. A., Basuki, A., Surasno, Randi, A., Sondari, D., 2011, "Modification of Natural Rubber to Thermoplastic Elastomer Material", Jurnal Riset Industri, Vol. V, No. 3, 2011, Hal : 283-292.
- Sukatik, 2012, "The Characteristic of the Elastomer Thermoplastic from Polystyrene and Height Concentrate Natural Rubber Latex Prepared by Emulsion Method", Poli Rekayasa Vol. 8, Nomor 1, Oktober 2012, ISSN : 1858-3709.
- Wirjosentono, B. 2013. "http://repository.usu.ac.id/bitstream/handle/123456789/61935/BAB%20II%20Tinjauan%20pustaka.pdf?sequence=2", diakses 15 Oktober 2015.
- Standar Density dan Tensile Strength Termoplastik elastomer., www.bpf.co.uk, diakses tgl 5 Juli 2016