
UJI KARAKTERISASI TARIK DAN TERMAL PLASTIK HDPE
DENGAN FILLER ABU LAYANG DAN SILANE

Laila Khamsatul Muharrami¹

¹ Program Studi Pendidikan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Trunojoyo Madura

Abstrak: Modifikasi plastik HDPE dengan zat aditif telah berkembang pesat. Berdasarkan sifatnya, HDPE mempunyai ketahanan terhadap temperatur yang lebih tinggi. Modifikasi sifat High Density Polyethylene (HDPE) sebagai pengemas herbisida dilakukan dengan menambahkan zat aditif abu layang kelas C dan silane sebagai coupling agent dengan mixer Laboplastomil. Penelitian ini bertujuan untuk mengkarakterisasi film HDPE menggunakan aditif abu layang kelas C. Hasil yang diharapkan dari penelitian adalah didapatkannya film yang tahan terhadap degradasi termal. Pembuatan film plastik HDPE menggunakan filler dengan variasi kadar filler 0%, 5%, 10%, 15% dan 20%. Hasilnya menunjukkan bahwa penambahan filler 5% bisa meningkatkan sifat film HDPE. Film plastik HDPE sintesis ini didegradasi kimia dengan menggunakan xylene dan piridin dengan variasi konsentrasi piridin yaitu 1%, 3% dan 5% serta degradasi termal pada suhu 100°C selama 2 minggu. Karakterisasi yang dilakukan pada film HDPE menggunakan uji tarik dan analisa termal (TGA/DTA).

Kata Kunci: degradasi, karakterisasi, abu layang, HDPE

PENDAHULUAN

Plastik telah menjadi bahan yang esensial dalam kehidupan sehari-hari. Saat ini, produksi plastik berkembang sangat cepat dalam menggantikan fungsi bahan gelas, logam, kertas, dan kayu. Plastik dibuat dengan cara polimerisasi yaitu menyusun dan membentuk secara sambung-menyambung bahan-bahan dasar plastik yang disebut monomer. Berkembangnya penggunaan bahan plastik merupakan dampak positif dari kemajuan teknologi yang sangat menguntungkan masyarakat dalam memenuhi kebutuhannya. Hal ini disebabkan karena plastik lebih murah sehingga menghemat biaya pengeluaran, tidak mudah berkarat atau pecah, ringan dan kekuatannya tidak kalah dengan bahan kayu, kaca atau logam. Plastik juga bisa dipadu untuk memperbaiki sifat-sifat fisiknya (Stevens, 2001).

Salah satu aplikasi dari plastik adalah sebagai pengemas (packaging). Kemasan plastik mulai diperkenalkan pada tahun 1900-an dan sesudah perang dunia II diperkenalkan berbagai jenis kemasan plastik dalam bentuk kemasan yang fleksibel maupun kaku. Beberapa jenis kemasan plastik yang dikenal antara lain : polietilen, polipropilen, poliester, nilon serta vinil film (Larsen 4:20 Spring 2000).

HDPE (*High Density Polietilen*) adalah polimer termoplastik linear yang dibuat dari monomer etilen dengan proses katalitik. HDPE dengan cabang yang sedikit menghasilkan struktur yang lebih terjejal dengan densitas yang lebih tinggi dan mempunyai ketahanan kimia yang lebih tinggi dari LDPE. HDPE disintesis pertama kali oleh *Imperial Chemical Industries* (Inggris) pada tahun 1933 dengan proses tekanan yang tinggi. Seiring dengan waktu, proses pembuatan polietilen akhirnya dapat dilakukan dengan tekanan sedikit diatas tekanan atmosfer/udara luar tetapi menggunakan inisiator senyawa organo logam "Ziegler Natta". HDPE mempunyai sifat lebih kuat dan lebih tahan terhadap temperatur yang lebih tinggi (www.dynalop.corp.com). Banyak yang memilih HDPE dalam penelitian karena mempunyai kelebihan dibandingkan dengan LDPE. Kebanyakan aplikasi HDPE dipadukan dengan zat bahan pengisi yang diperlukan untuk memperbaiki sifat-sifat HDPE. Bahan aditif tersebut berupa zat-zat dengan berat molekul rendah yang dapat berfungsi sebagai pewarna, bahan pengisi (*filler*), antioksidan, penyerap sinar ultraviolet, anti lekat dan masih banyak lagi.

Aditif merupakan komponen esensial yang ditambahkan pada polimer untuk memodifikasi karakteristik polimer, kekuatan polimer dan ketahanan polimer. Penggunaan aditif dalam modifikasi polimer telah memberikan peranan penting bagi dunia polimer (Pfaender, 2006). Aditif polimer diklasifikasikan dalam berbagai kelas diantaranya adalah aditif penguat dan bahan pengisi (*filler*). Aditif penguat berfungsi untuk

meningkatkan kepadatan dan kekuatan polimer serta meningkatkan modulus dan kekerasan polimer. Tingkat kekuatan mekanik dari polimer disesuaikan pada aplikasi polimer tersebut. Bahan pengisi dapat dianggap sebagai bahan pengisi struktur polimer atau aditif polimer yang tidak bersambung (Xanthos, 2005). Bahan pengisi merupakan aditif yang mempunyai fasa padat yang masuk dalam matrik polimer (Harper, 2002).

Fungsi utama bahan pengisi adalah untuk mengurangi biaya produksi polimer, mempercepat proses molding dan meningkatkan konduktivitas termal polimer. Bahan pengisi juga berfungsi untuk meningkatkan nilai modulus dan kekuatan polimer (Xanthos, 2005). Bahan-bahan yang berfungsi sebagai bahan pengisi biasanya berupa mineral diantaranya seperti talek, kaolin, mika, kalsium karbonat, SiO₂, dan abu layang (*fly ash*). Talek tersusun dari lapisan silikon dioksida yang ditutupi oleh magnesium oksida dan hidroksida. Kaolin merupakan aluminium silikat terhidrasi. Kaolin digunakan resin poliester sehingga menurunkan penyusutan dan meningkatkan kualitas permukaan dari poliester. Mika tersusun dari mineral aluminium silikat dengan sistem kristal monoklin. Mika sebagai bahan pengisi peningkat sifat mekanik pada epoksi dan resin fenolik (Review R1-01, Oktober 2004).

Bahan pengisi banyak digunakan dalam produk plastik untuk memperbaiki penampilan dan mengurangi biaya resin. Lebih dari 17% produksi plastik mengandung mineral bahan pengisi. Abu layang, yang pada dasarnya merupakan serbuk alumina-silikat berbentuk bola, mempunyai potensi menggantikan bahan pengisi tradisional. Abu layang memberikan keuntungan antara lain harganya yang terjangkau, mudah diproses, dan bahkan mempunyai sifat yang lebih unggul dari bahan pengisi tradisional (J.Y Hwang, 1995). Chand (2000) telah meneliti tentang pemanfaatan abu layang dalam matrik PP/PMMA dan pengaruhnya terhadap struktur dan kekuatan matrik PP/PMMA. Penambahan abu layang menyebabkan penurunan nilai kuat tarik pada matrik PP/PMMA dibandingkan dengan nilai kuat tensil dari PP/PMMA murni. Hal ini disebabkan faktor pengurangan tingkat kristanilitas dari campuran antara abu layang dan matrik PP/PMMA serta sifat campuran PP dan PMMA yang tidak saling campur. Penambahan abu layang dalam matrik PP/PMMA meningkatkan stabilitas termal dari PP/PMMA seiring peningkatan konsentrasi abu layang dalam matrik PP/PMMA hingga pada konsentrasi abu layang sebesar 15 % berat campuran.

Valadez (2003) telah meneliti tentang pengaruh bahan pengisi CaCO₃ pada mekanisme degradasi fotooksidasi dari HDPE (high density polyethylene). Penelitian dilakukan di daerah beriklim tropis, Yucatan peninsula, Mexico dengan dua lingkungan yang berbeda, yaitu di daerah RU (rural urban) dan MC (marine coastal). Sample dianalisis untuk mengetahui sifat fisik dan kimianya. Walaupun ada perbedaan kelembaban antara RU dan MC akan tetapi temperatur lingkungan menjadi faktor kunci yang mempengaruhi laju pemanasan. Hasilnya menunjukkan bahwa bahan pengisi CaCO₃ mempengaruhi mekanisme degradasi HDPE sedangkan kondisi lingkungan hanya modifikasi laju degradasi polimer. X Huang, 2003 meneliti tentang abu layang sebagai bahan pengisi dalam plastik PP, HDPE dan LDPE. Hasilnya menunjukkan bahwa sifat mekanik dari spesimen polimer yang mengandung abu layang sama dengan polimer yang mengandung bahan pengisi tradisional (CaCO₃ murni).

Penelitian ini membuat film HDPE-filler yang akan diaplikasikan untuk pengemas herbisida yang tahan terhadap cahaya. Variasi konsentrasi film HDPE-filler adalah 0%, 5%, 10%, 15%, dan 20% kemudian dilakukan degradasi termal terhadap film HDPE-filler hasil sintesis. Film HDPE yang dihasilkan akan dikarakterisasi yang digunakan antara lain uji kekuatan tarik untuk mengetahui sifat mekanik / kekuatan tarik plastik dan analisa termal TGA/DTA.

METODE

Silane sebanyak 0,5% berat total dari berat abu layang dilarutkan dalam aquades. Aquades yang digunakan sebanyak 100 kali berat silane yang dilarutkan. Larutan silane dicampurkan dengan abu layang selama 10 menit. Konsentrasi abu layang yang digunakan adalah 0%, 5%, 10%, 15% dan 20%. Campuran silane dan abu layang (sebagai bahan pengisi) kemudian dioven hingga kering. Hasilnya dimesh hingga 100 mesh (Hwang, 2003). Selanjutnya filler tersebut ditambah dengan bijih plastik HDPE dalam wadah *mixer Laboplastomil* sampai meleleh kemudian ditambahkan *filler dan plasticizer* sambil terus diaduk sampai homogen yang ditunjukkan dengan stabilnya torsi (selama kurang lebih 15-20 menit). Setelah itu, film yang telah terbentuk dituangkan dalam cetakan kuning yang mempunyai ketebalan 1,2 mm yang dilapisi *glossing plate* dan diberi alas dari aluminium. Pembuatan film dilakukan dengan menggunakan alat bantu berupa alat tekan panas (hot press) dengan kekuatan 60 kgf/cm² dengan suhu tetap seperti pada saat

pembuatan film tersebut yaitu 140⁰C. Setelah dilakukan pengepresan pada alat tekan panas (*hot press*), kemudian dilakukan pengepresan pada alat tekan dingin (*cold press*) secara cepat selama 2 menit. Lembaran tipis yang telah terbentuk tersebut kemudian dibentuk spesimen (*dumbell*) sesuai dengan standart ISO-527-2 tipe 5 A. Hasilnya di uji tarik.

Film yang sudah terbentuk kemudian diuji ketahanannya dengan degradasi termal. Degradasi termal dilakukan dengan mendegradasi film HDPE-*filler* dalam oven pada suhu 100⁰C selama 2 minggu. Kemudian sampel dicelupkan ke dalam air dan dijaga agar suhunya lebih kecil dari 5⁰C (Bal, dkk, 2007).

HASIL DAN PEMBAHASAN

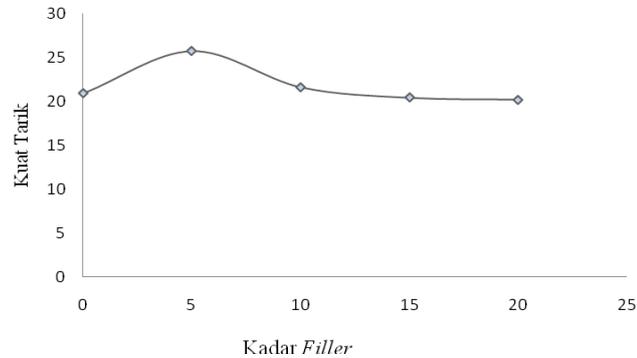
Pembuatan Film HDPE-Filler

Bijih plastik HDPE yang digunakan berasal dari PT Agromega Indopratama berwarna putih sedangkan *filler* yang digunakan adalah abu layang kelas C berasal dari PLTN Tuban dan agen pengikat (*coupling agent*) silane. Abu layang tersebut sebagian besar terdiri dari SiO₂ yang dalam percobaan ini digunakan sebagai zat aditif yang nantinya diharapkan mampu menghambat terjadinya proses degradasi. Sedangkan silane berfungsi sebagai agen pengikat (*coupling agent*) antara HDPE dengan abu layang. Hal yang terpenting dalam proses pencampuran antara HDPE, abu layang dan silane adalah homogenitas dan kompatibilitas senyawa-senyawa tersebut. Pembuatan film HDPE-*filler* dilakukan dengan menggunakan alat *mixer* laboplastomill 30R150. *Mixer* tersebut digunakan untuk mencampur bijih plastik HDPE dengan *filler*. Sebelumnya dilakukan pemanasan alat terlebih dahulu yang fungsinya adalah untuk menstabilkan alat tersebut. Setelah itu, dilakukan setting alat dengan menggunakan suhu 140⁰C dan kecepatan 60 rpm. Pemilihan suhu 140⁰C adalah merupakan titik leleh HDPE. Suhu tidak boleh terlalu tinggi atau rendah dari titik leleh HDPE. Hal ini dikarenakan apabila suhu terlalu tinggi dari titik leleh HDPE akan menyebabkan HDPE terdegradasi terlebih dahulu sedangkan apabila suhu terlalu rendah maka akan menyebabkan sulit bercampurnya antara HDPE dengan *filler*. Pertama kali HDPE dimasukkan dalam wadah *extruder* sampai meleleh kemudian ditambahkan *filler* sambil terus diaduk sampai homogen yang ditunjukkan dengan stabilnya torsi (selama kurang lebih 15-20 menit) dan secara fisik dapat dilihat bahwa tidak terdapat cacat (ada *balon*) pada film yang dihasilkan. Pada saat pencampuran ini harus dijaga kondisi alatnya karena sangat berpengaruh pada homogenitas film yang terbentuk. Setelah itu, film yang telah terbentuk dituangkan dalam cetakan kuningan yang mempunyai ketebalan 1,2 mm yang dilapisi *glossing plate* dan diberi alas dari aluminium. Pembuatan film dilakukan dengan menggunakan alat bantu berupa alat tekan panas (*hot press*) dengan kekuatan 60 kgf/cm² dengan suhu tetap seperti pada saat pembuatan film tersebut yaitu 140⁰C. Hal ini bertujuan untuk menjaga homogenitas campuran. Alat tekan panas ini digunakan untuk membentuk bahan polimer menjadi lembaran tipis. Setelah dilakukan pengepresan pada alat tekan panas (*hot press*), kemudian dilakukan pengepresan pada alat tekan dingin (*cold press*) secara cepat selama 2 menit. Pengepresan dingin secara cepat bertujuan agar film yang terbentuk tidak bereaksi dengan oksigen yang ada di udara bebas. Lembaran tipis yang telah terbentuk tersebut kemudian dibentuk spesimen (*dumbell*) sesuai dengan standard ISO-527-2 tipe 5 A.

Analisa Uji Tarik

Analisa uji tarik bertujuan untuk mengetahui kekuatan tarik yang mana berhubungan dengan ikatan silang yang ada dalam sampel film HDPE-*filler*. Semakin besar kemampuan menahan gaya tarik maka bisa dikatakan bahwa sampel tersebut mempunyai kuat tarik yang besar (ikat silang kuat). Sifat kekuatan tarik (tensile strength) film HDPE-*filler* dipengaruhi oleh kadar *filler*, dimana pada penelitian ini digunakan variasi kadar *filler* 0%, 5%, 10%, 15% dan 20% dengan ukuran 100 mesh. Hasil uji tarik film HDPE-*filler* ditunjukkan pada gambar 3. Berdasarkan grafik diatas dapat diketahui bahwa HDPE murni (tanpa *filler*) mempunyai kuat tarik 20.9 lbs. Penambahan *filler* menyebabkan kenaikan kuat tarik dimana kuat tarik merupakan salah satu sifat mekanik yang penting dalam bahan polimer. Sebagaimana yang telah diteliti oleh Hwang,2003 bahwa penambahan *filler* pada polimer bisa menyebabkan kuat tarik naik. Kekuatan tarik maksimal pada penelitian ini tercapai pada penambahan *filler* 5% dimana dapat disimpulkan bahwa ikat silang antara HDPE dan *filler* yang paling tinggi pada penelitian ini adalah pada HDPE-*filler* 5%. Hal ini

dikarenakan suatu polimer yang terikat silang mempunyai sifat yang sulit memanjang sehingga bisa dikatakan bahwa semakin tinggi kerapatan ikat silang maka modulus akan semakin besar (Malcolm, 2007).



Gambar 1. Grafik Kadar Filler vs Kuat Tarik Film HDPE-filler

Pada penelitian Hwang, 2003 untuk pembuatan film plastik HDPE/abu layang dengan variasi konsentrasi 0, 10%, 20% dan 40% didapatkan bahwa penambahan abu layang telah memberikan kenaikan sifat mekanik dan hasil yang paling bagus sifat mekaniknya adalah pada konsentrasi 10%. Hasil yang berbeda dengan penelitian ini dikarenakan sumber dan variasi konsentrasi yang digunakan berbeda. Kekuatan tarik pada penelitian ini mengalami penurunan pada konsentrasi pada penambahan filler 10%-20%. Penurunan ini disebabkan oleh kadar filler yang ditambahkan terlalu berlebih sehingga film HDPE-filler dalam hal ini campuran sendiri tidak lagi mengikat filler secara optimal. Dan yang terjadi adalah filler saling menempel pada sampel akhirnya bahan polimer menjadi bersifat rapuh dan fenomena inilah yang menyebabkan penurunan kuat tarik dari film HDPE-filler. Pada penambahan filler sebesar 5%, filler terdispersi merata pada film HDPE-filler dan tidak terjadi penumpukan filler pada sampel. Sedangkan pada penambahan 10% keatas tidak terdispersi secara merata karena kadarnya terlalu berlebihan pada film HDPE-filler. Hal ini bisa dikatakan bahwa film HDPE-filler 5% bersifat ductile lentur sedangkan film HDPE-filler 10%-20% bersifat mudah retak sebagaimana yang telah diteliti oleh Bal,S, 2007 yang menyatakan bahwa polimer bisa menjadi mudah retak (rapuh) karena kelenturan berkurang akibat ikat silang yang berlebihan.

Degradasi

Degradasi Termal

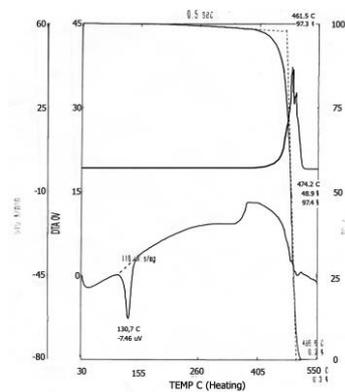
Degradasi termal dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui ketahanan film HDPE-filler hasil sintesis terhadap suhu. Degradasi termal dengan mendegradasi spesimen HDPE-filler pada suhu 100°C selama 2 minggu. Kemudian sampel dicelupkan ke dalam air es dan dijaga agar suhunya lebih kecil dari 5°C. Pemilihan pada suhu 100°C dan waktu 2 minggu ini didasarkan pada jurnal Bal, dkk, 2007. Setelah degradasi termal, film HDPE-filler tersebut diuji tarik untuk mengetahui kekuatan tarik setelah didegradasi dan dianalisa FTIR untuk mengetahui gugus fungsi film HDPE-filler.

Analisa Uji Tarik

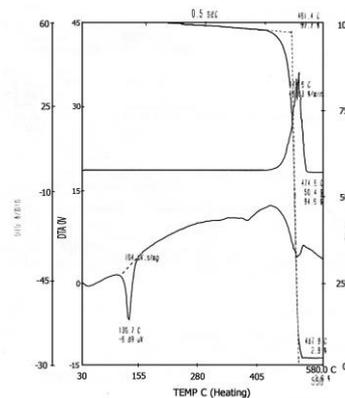
Analisa uji tarik pada degradasi termal bertujuan untuk mengetahui kekuatan tarik dari film HDPE-filler setelah didegradasi. Hasil analisa pada gambar 8 menunjukkan bahwa degradasi termal menurunkan kuat tarik film HDPE-filler dengan semakin besarnya presentase kadar filler yang ditambahkan. Berdasarkan hasil tersebut menunjukkan bahwa kuat tarik film HDPE-filler mengalami penurunan berbanding terbalik dengan semakin besarnya penambahan kadar filler. Penurunan kuat tarik disebabkan karena film telah didegradasi sehingga ikatan pada film tersebut melemah. Sebagaimana pada penelitian yang dilakukan oleh Luzuriaga sharbel, 2006 dimana sifat mekanik dari film menurun akibat terkena degradasi temal selama 311 hari yaitu dari 129 kJ/m² menjadi 98 kJ/m².

Analisa TGA/DTA

Analisa TGA pada penelitian ini digunakan untuk mengetahui sifat termal (perubahan berat dan temperatur dekomposisi dari masing-masing sampel) sedangkan DTA digunakan untuk mengetahui perbedaan temperatur antara sampel dengan material reference yang diukur sebagai fungsi temperatur (sebagai penguat termogram TGA) sebagaimana pada penelitian Rui Yang, Ying Liu, Jian Yu, dan Kunhua Wang, 2005). Hasil uji TGA/DTA ditunjukkan pada gambar 4.19, 4.20 dan 4.21. Gambar 11 menunjukkan termogram sampel awal yang menunjukkan temperatur awal dekomposisi pada suhu 461,5⁰C dan temperatur pada 50% dekomposisi pada suhu 474,2⁰C dan sisa sampel adalah 0,3 mg. Gambar 12 menunjukkan termogram sampel awal yang menunjukkan temperatur awal dekomposisi pada suhu 460,7⁰C dan temperatur pada 50% dekomposisi pada suhu 475⁰C dan sisa sampel adalah 0,7 mg. Gambar 13 menunjukkan termogram sampel awal yang menunjukkan temperatur awal dekomposisi pada suhu 461,4⁰C dan temperatur pada 50% dekomposisi pada suhu 474,6⁰C dan sisa sampel adalah 3 mg. Berdasarkan pada ketiga termogram tersebut menunjukkan bahwa tidak ada perubahan temperatur dekomposisi yang signifikan sehingga bisa dikatakan bahwa penambahan *filler* tidak mengubah termal oksidasi dari HDPE.



Gambar 2. Termogram Sampel Awal



Gambar 3. Termogram Sampel Film HDPE-filler5%

KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa :

1. Penambahan *filler* pada HDPE dapat meningkatkan sifat dari film HDPE yang mana diperoleh kuat tarik maksimal terdapat pada konsentrasi penambahan *filler* 5% dengan kuat tarik 25,7 lbs dibandingkan dengan kuat tarik sampel awal yaitu 22,7 lbs.
2. Film HDPE-*filler* mempunyai ketahanan terhadap degradasi termal sampai 100°C.

Daftar Pustaka

- Albertson A. C. dan Huang S. J., (1995), *Degradable Polymer Recycling & Plastic Waste Management*, Macel Dekker Inc., New York
- Bal, S., D. Mahesh, T. K. Sen dan B. C. Ray, (2007), "Effect of Changing Environments on Microstructure of HDPE Polymer", *Journal of Minerals & Materials Characterization & Engineering*, Vol. 6, NO. 1, hal. 1-16
- Bill, Mayer, (1984), *Textbook of Polymer Science*, John Wiley & Sons Inc, Singapura
- Brian Smith, (1999), "Infrared Spectral Interpretation", CRC Press, Boca ratun London New York washington DC.
- Chand, Navin dan S. R. Vashishtha, (2000), "Development, Structure dan Strenght Properties of PP/PMMA/FA Blends", *Bull. Mater. Sci.*, Vol. 23, No. 2, hal. 103-107.
- Evelin d. Bliznakov, chris c. White, montgomery t. Shaw, (2000), "Mechanical Properties of Blends of HDPE and Recycled Urea-Formaldehyde Resin", *Journal of Applied Polymer Science*, Vol. 77, hal. 3220–3227.
- Famas Technology, (2007), *Filler Treathment with Famasil Silanes dan Titanates*, Version 04/07, hal 1-12, <http://www.famastechnology.com>
- Harper, Charles A., (2002), *Hdan Book of Plastics, Elastomers dan Composites*, Edisi ke empat, McGraw-Hill, New York
- Hawkins, W. L., (1984), "Polymer Degradation dan Stabilization", Springer-Verlag, New York.
- Huang, X., J. W. Hwang dan J. M. Gillis, (2003), "Processed Low NO_x Fly Ash as a Filler in Plastics", *Journal of Minerals & Materials Characterization & Engineering*, Vol. 2, No.1, hal. 11-31.
- Lin, Y., (1997), "Study of Ultraviolet Photooxidative Degradation of LDPE Film Containing Cerium Carboxylate Photosensitizer", *Journal Appl. Plym. Sci.*, Vol. 63.
- Luzuriaga Sharbel, Kovarova Jana and Fortelny Ivan, (2006), "Degradation of pre-aged polymers exposed to stimulated recycling : Properties and thermal stability", *Polymer Degradation and Stability*, Vol. 91, hal. 1226-1232.
- M. Sa´nchez-Soto, A. Rossa, A.J. Sa´nchez, dan J. Ga´mez-Pe´rez, (2007), "Blends of HDPE wastes: Study of the properties", *Waste Management*, email : m.sanchez-soto@upc.edu.
- Odion, George, (1991), "Principles Of Polimerization" 3th edition, The College Of Staten Isldan, The City University Of New York, John Willwe dan Sons Inc, Staten Isldan New York.
- Pfaender, Rudolf, (2006), "How Will Additives Shape the Future of Plastics?", *Polymer Degradation dan Stability*, Vol. 91, hal. 2249-2256.
- Rabek, J. F., (1996), *Experimental Methods of Polymer Chemistry*, John Wiley dan Sons Inc, New York.
- Review Technical Information Plastics RT-01, (2004), *Mineral Additives for the Plastics Industry*, Omya International AG, Switzerland.
- Rui Yang, Ying Liu, Jian Yu, dan Kunhua Wang, (2006), "Thermal oxidation products and kinetics of polyethylene composites", *Polymer Degaradation and Stability*, Vol. 91, hal. 1651-1657.
- Samsudin, Sani Amril, (2006), "Chemical resistance evaluation of polystyrene/Polypropylene Blends Effect of Blend Compositions and SEBS Content", *Malaysian Polymer Journal*, Vol. 1, No.1 , hal. 11-24.
- Strong, Brent.A, (2000), *Plastics Materials and Processing*", Edisi Kedua, Prentice Hall, Upper Saddle River, New` Jersey, Columbus, Ohio.

Thongsang S, (2005), "Effect of Filler Surface treatment on Properties of Fly ash/NR Blends", *Polymer Processing and Flow Group School of Energy ad material*, email: narongrit.som@kmutt.ac.th hal. 3278-3282.

Valadez, A, (2004), "Mineral filler influence on the photo-oxidation mechanism degradation of high density polyethylene. Part II : natural exposure test", *Polymer Degradation and Stability*, Vol. 83, hal.139-148.

Xanthos, M., (2005), "Plastics Processing", *Kirk-Othmer Encyclopedia of Chemical Technology*, Edisi keempat, John Wiley & Sons, Inc., New York.

Corresponding authors email address: khamisa_02@yahoo.co.id