

SYNTHESIS AND CHARACTERIZATION OF HDPE PLASTIC FILM FOR HERBICIDE CONTAINER USING FLY ASH CLASS F AS FILLER

Sintesis dan Karakterisasi Film Plastik HDPE Pengemas Herbisida Menggunakan Filler Abu Layang Kelas F

Yatim Lailun Ni'mah*, Lukman Atmaja, and Hendro Juwono

Department of Chemistry, Faculty of Mathematics and Natural Sciences, Sepuluh Nopember Institute of Technology, Surabaya

Received June 23, 2009; Accepted October 8, 2009

ABSTRACT

High Density Polyethylene (HDPE) plastic plays an important role in various applications, for example, it can be used as a container (bottle). Petrokimia Kayaku Company, a branch of Petrokimia Company of Gresik, produces herbicides using HDPE plastic bottles as their container. Those plastic bottles undergo degradation (kempot) for certain period of time. The aim of this research is to characterize and to synthesize the HDPE plastic film with class F fly ash as filler. The results expected from this research are producing the plastic with a better properties and durability. This research was initiated by taking the sample of HDPE plastic bottle and herbicides (containing Gramakuat, on active material parakuat dichloride) at Petrokimia Kayaku Company. Both the initial HDPE and the degraded bottles was analyzed their tensile strength and Fourier Transform-Infra Red (FTIR) spectral. The next step was to synthesize the HDPE plastic film using class F fly ash as filler and a coupling agent. The filler concentrations were 0%, 5%, 10%, 15%, and 20wt %. The best result was 5% filler concentration with tensile strength of 27.7 lbs. This HDPE film was then subjected to degradation test using pyridine solution with various concentrations (1%, 3% and 5%) for two weeks, thermal degradation at 100 °C for two weeks and chemical resistance by xylene with soak time variation of 24 h, 98 h and 168 h. The result of degradations test show that the value of tensile strength was decreased with the increase of filler concentration. The chemical resistance, however, was increased.

Keywords: degradation, filler, fly ash, HDPE, Herbicide

PENDAHULUAN

Perkembangan polimer saat ini sangat pesat. Polimer sangat berguna dalam kehidupan sehari-hari karena sangat menunjang di berbagai bidang seperti aneka produk dan barang, di rumah tangga, kantor dan industri [1]. Bahan polimer, termasuk plastik sangat meraja dimana-mana, sehingga semua orang kini mengenalnya. Polimer mencakup karet, plastik, serat sampai perekat. Plastik merupakan resin sintetik yang dapat dibuat untuk pengemas, alat-alat rumah tangga, pelapis, lem sampai cat [2].

Berkembangnya penggunaan bahan plastik merupakan dampak positif dari kemajuan teknologi yang sangat menguntungkan masyarakat dalam memenuhi kebutuhannya. Hal ini disebabkan karena plastik mempunyai beberapa keunggulan, diantara yang penting yaitu murah sehingga menghemat biaya pengeluaran, tidak mudah berkarat ataupun pecah, dan ringan sehingga bisa menghemat biaya pengangkutan barang dan kekuatannya tidak kalah dibanding dengan bahan kayu, kaca ataupun logam. Plastik juga bisa saling dipadu untuk memperbaiki sifat-sifat fisiknya [3]. Walaupun mempunyai kelebihan seperti yang

disebutkan di atas, plastik juga mempunyai kekurangan yaitu dapat mengalami deformasi/degradasi [4-5].

PE (polietilen) adalah plastik yang sering digunakan untuk kepentingan komersial dan plastik ini sudah ada sejak tahun 1930 [6]. PE menjadi istimewa karena sifat-sifatnya yang menarik seperti murah, *inert*, sifat listriknya yang bagus, dan pemrosesannya mudah. Umumnya pengklasifikasian PE didasarkan pada densitas dan viskositas pelelehan atau indeks pelelehan. Ini menghasilkan *high density polyethylene* (HDPE), *low density polyethylene* (LDPE), *linear low density polyethylene* (LLDPE) dan *cross-linked polyethylene* (XLPE) [6].

HDPE adalah polimer termoplastik linear yang dibuat dari monomer etilen dengan proses katalitik. HDPE dengan sedikit cabang menghasilkan struktur yang lebih rapat/terjejal dengan densitas yang lebih tinggi dan mempunyai ketahanan kimia yang lebih tinggi daripada LDPE. HDPE juga lebih kuat dan lebih tahan terhadap temperatur yang lebih tinggi (<http://www.dynalop.corp.com>). Banyak yang memilih HDPE dalam penelitian karena mempunyai kelebihan dibandingkan dengan LDPE. Parameter kinetik oksidasi pada 170 °C dalam oksigen, yang dihitung

* Corresponding author. Tel/Fax : +62-31-75162387/5928314
Email address : nikmah@chem.its.ac.id

dari data luminisensi kimia, menunjukkan bahwa urutan kestabilan polietilen adalah HDPE > LLDPE > LDPE >> i-PP [7].

Kebanyakan aplikasi HDPE dipadukan dengan zat aditif yang diperlukan untuk memperbaiki sifat-sifat HDPE. Bahan aditif tersebut berupa zat-zat dengan berat molekul rendah yang dapat berfungsi sebagai *filler*, pewarna, antioksidan, penyerap sinar ultraviolet, anti lekat dan lain-lain.

Aditif *filler* pada plastik digunakan untuk meningkatkan sifat fisik material dan untuk mengurangi biaya komponen, mempercepat proses pencetakan dan meningkatkan konduktivitas termal polimer. *Filler* berfungsi untuk meningkatkan kepadatan dan kekuatan polimer serta meningkatkan modulus dan kekerasan polimer [8]. *Filler* untuk plastik yang umum digunakan adalah alumina trihidrat, monmorilonit, *clay*, silika, *mica*, *talc*, abu layang, wollastonit, kaolin, dll [9-10]. *Filler* merupakan aditif yang mempunyai fasa padat yang masuk dalam matrik polimer [11].

Abu layang sebagai *filler* ditambahkan kepada polimer karena dapat meningkatkan kekerasan, ketahanan terhadap panas dan meningkatkan kestabilan [9]. Hal ini dikarenakan abu layang mengandung mineral diantaranya silika, alumina, Fe_2O_3 , CaO, SO_3 , titanium, dll. Abu layang memberikan keuntungan antara lain harganya yang terjangkau, mudah diproses, dan bahkan mempunyai sifat yang lebih unggul dari bahan pengisi tradisional [13]. Pengaruh abu layang terhadap sifat polimer tergantung dari ukuran partikel abu layang [9] dan jumlah abu layang yang ditambahkan [12].

Penelitian ini bertujuan untuk karakterisasi botol plastik HDPE awal dan kempot dari PT. Petrokimia Kayaku Gresik dan melakukan sintesis film plastik HDPE dengan menggunakan *filler* abu layang kelas F, dan mengkaraktisasinya kembali. Manfaat dari penelitian ini adalah didapatkannya alternatif plastik HDPE yang baru yang diharapkan mempunyai sifat fisik yang lebih bagus dan tahan lama (tidak mengalami degradasi atau mengalami degradasi dalam waktu yang lebih lama dari tiga bulan).

Pada penelitian ini akan dilakukan sintesis film plastik HDPE dengan menggunakan *filler* abu layang sebagai usaha untuk memperbaiki pengemas herbisida dengan jenis Gramakuat (yang memiliki bahan aktif parakuat diklorida) dari PT. Petrokimia Kayaku Gresik. Sintesis dilakukan untuk mendapatkan plastik yang mempunyai sifat fisik lebih bagus dan tahan lama (tidak mudah terdegradasi/mengalami pengempotan). Film plastik HDPE-*filler* abu layang hasil sintesis di uji menggunakan uji degradasi termal pada suhu 100 °C selama 2 minggu, degradasi kimia dengan menggunakan piridin, dan uji ketahanan terhadap bahan kimia *xylene*. Analisis yang digunakan untuk mengetahui

sifat-sifat plastik tersebut adalah analisis termal (TGA, DTA dan DSC), uji kuat tarik dan FTIR.

METODE PENELITIAN

Bahan

Bahan yang dibutuhkan dalam penelitian ini adalah botol plastik HDPE, dan herbisida dengan jenis Gramakuat, bahan aktif parakuat diklorida yang didapatkan dari PT. Petrokimia Kayaku Gresik, biji plastik HDPE (dari PT. Agromega Indopratama), es batu, piridin senyawaan silan dengan jenis metakril oksipropil trimetoksi silan (γ - MPS) dibeli dari Merck, *xylene* ($C_6H_4(CH_3)_2$) dibeli dari Merck, aquades dan abu layang kelas F.

Alat

Alat-alat yang digunakan pada penelitian ini adalah labo plastomill mesin pencampur plastik (*plastic mixer*), pemotong *dumbell*, Seiko TGA (*Thermal Gravimetry Analysis*), DSC (*Differential Scanning Calorimetry*), perkin elmer FTIR (*Fourier Transform-Infra Red*) *spectrophotometry*, XRF (*X-Ray Fluoresensi*) *spectrophotometry*, alat uji tarik, beker glas, pengaduk, timbangan, pipet volume, *Gonno hydraulic press manufacture* yang terdiri dari *hot press* dan *cold press*, *glossing plate*, plat aluminium, *spicer* (kuningan) dan oven.

Prosedur Kerja

Penyiapan Bahan Abu Layang (*filler*)

Silan diambil sebanyak 0,5% berat dari berat abu layang. Silan dilarutkan dalam aquades. Aquades yang digunakan sebanyak 100 kali berat silan yang dilarutkan. Larutan silan dicampurkan dengan abu layang selama 10 menit. Campuran silan dan abu layang (*filler*) kemudian dioven hingga kering. Hasilnya dihancurkan dan diayak dengan ayakan 100 mesh [13].

Pembuatan Film HDPE

Filler diambil dengan variasi 0%, 5%, 10%, 15%, dan 20% berat dari berat total biji plastik HDPE. *Filler* kemudian dicampurkan dengan biji plastik HDPE di dalam mesin pencampur plastik (*plastic mixer*). Temperatur mixer diatur pada 140 °C [13]. Masing-masing hasil pencampuran di cetak ke dalam bentuk lembaran/film dengan menggunakan *hot press* dan *cold press* sehingga didapatkan lembaran plastik dengan tebal 1,2 mm.

Metode Degradasi Kimia dengan Menggunakan Piridin

Film plastik HDPE-*filler* hasil sintesis dengan berbagai konsentrasi, masing-masing dicelupkan dalam herbisida dengan variasi konsentrasi piridin 1%, 3% dan 5% selama 2 minggu. Kemudian sampel dibersihkan dan diuji kuat tariknya. Hasil uji tarik yang mempunyai kuat tarik paling kecil dianalisis FTIR.

Uji Kuat Tarik

Film plastik HDPE-*filler* hasil sintesis dengan berbagai konsentrasi *filler*, masing-masing dibentuk *dumbell* sesuai standart ISO 527-2 tipe 5A atau JIS K-7162-5A kemudian diletakkan dalam *autograph* dengan menjepit ujung atas maupun ujung bawahnya pada penjepit yang sudah tersedia pada alat tersebut kemudian diberikan gaya yang semakin lama semakin besar hingga *dumbell* tersebut mencapai pemanjangan maksimal atau patah. Gaya pada saat keadaan maksimum dicatat.

Analisis FTIR

Analisis ini dilakukan pada sampel botol awal, kempot dan film plastik HDPE-*filler* hasil sintesis dan film plastik HDPE-*filler* hasil degradasi yang memiliki kuat tarik paling kecil. Analisis dilakukan dengan menggunakan cuplikan berbentuk pelet. Film plastik yang akan dianalisis FTIR, dirubah menjadi bentuk serbuk, kemudian di campur dengan KBr dan ditekan dengan kekuatan 6 ton selama 15 menit. Analisis FT-IR dilakukan pada rentang panjang gelombang 450-4000 cm^{-1} .

Analisis Termal (TGA, DTA dan DSC)

Analisis ini dilakukan pada botol sampel awal, botol kempot dan film plastik HDPE hasil sintesis yang memiliki kuat tarik paling besar.

Analisis Abu Layang

Abu layang kelas F diperoleh dari PLTU Asam-asam Kalimantan Selatan. Komposisi kimia abu layang ditentukan dengan analisis spektrofotometer X-ray fluoresensi. Data hasil analisis digunakan untuk mengetahui komposisi mineral penyusun abu layang.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini diawali dengan pengambilan sampel botol kempot (oleh Herbisida dengan bahan aktif parakuat diklorida) dan sampel botol awal (sebelum digunakan untuk mengemas herbisida). Kedua sampel ini masing-masing diuji tarik dan FTIR untuk mengetahui penyebab terjadinya pengempotan. Dari hasil uji tarik menunjukkan bahwa nilai kuat tarik untuk botol kempot adalah 21,10 lbs dan nilai kuat tarik untuk sampel botol

awal adalah 22,70 lbs. Pada analisis FTIR juga terjadi perubahan bilangan gelombang pada daerah 2924, 1384 dan 718 cm^{-1} yang merupakan gugus-gugus alkil. Pada spektra FTIR botol awal puncak-puncak tersebut muncul, tetapi pada sampel botol kempot, puncak-puncak tersebut hilang/intensitasnya lebih kecil. Hal ini menunjukkan bahwa terjadi perubahan kekuatan dan struktur pada sampel botol (terjadi degradasi) dan sifatnya menjadi *brittle* (mudah putus).

Dari permasalahan ini maka selanjutnya akan di sintesis film plastik HDPE dengan menggunakan *filler* abu layang dengan berbagai konsentrasi yaitu 0%, 5%, 10%, 15% dan 20%. Sebelum ditambahkan ke dalam HDPE, abu layang terlebih dahulu di *coating* dengan silan dengan jenis metakril oksipropil trimetoksi silan sebagai *coupling agent* [16].

Hasil Sintesis Film Plastik HDPE menggunakan Filler Abu Layang

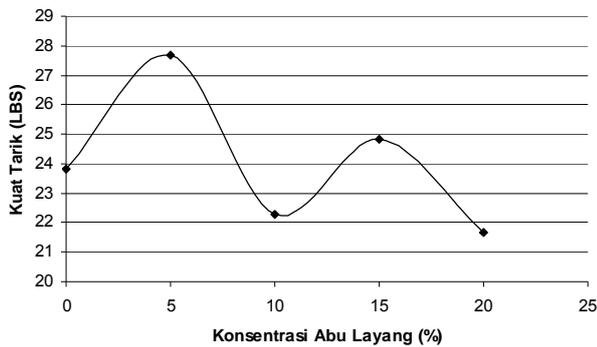
Abu layang yang digunakan pada penelitian ini adalah abu layang yang berasal dari Asam-Asam, Kalimantan Selatan yang merupakan abu layang kelas F. Abu layang yang berasal dari Asam-Asam, Kalimantan Selatan ini berasal dari jenis batu bara Bituminuous dan antrasit. Penggolongan ini didasarkan pada hasil analisis XRF (Tabel 1) dimana kandungan CaO-nya lebih kecil dari 10% [15].

Hasil sintesis menunjukkan bahwa semakin banyak kandungan *filler*, maka nilai kuat tariknya semakin turun dan warna dari film plastik HDPE-*filler* semakin hitam kecoklatan dengan bertambahnya konsentrasi *filler*. Nilai kuat tarik paling tinggi terdapat pada konsentrasi *filler* 5% yaitu 27,70 lbs seperti ditunjukkan pada Gambar 1. Hal ini menunjukkan bahwa film plastik HDPE-*filler* hasil sintesis mempunyai nilai kuat tarik yang lebih besar jika dibandingkan dengan sampel botol awal. Hashimoto, M., dkk [16] telah meneliti pembuatan komposit HDPE/TiO₂ yang di beri silan dan tidak. Hasilnya menunjukkan bahwa kuat tekuk dan modulus elastisitasnya naik dari 49 MPa dan 7,5 GPa menjadi 65 MPa dan 10 GPa secara berturut-turut. Pada penelitian ini nilai kuat tarik film plastik juga naik dari 22,70 lbs menjadi 27,70 lbs.

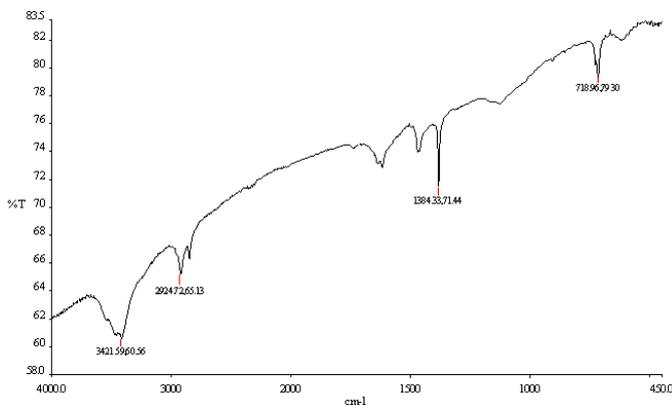
Film tipis HDPE-*filler* dibuat dengan cara mencampurkan bahan-bahan yang dipergunakan yaitu

Tabel 1. Komposisi kimia abu layang PLTU Asam-Asam, Kalimantan Selatan

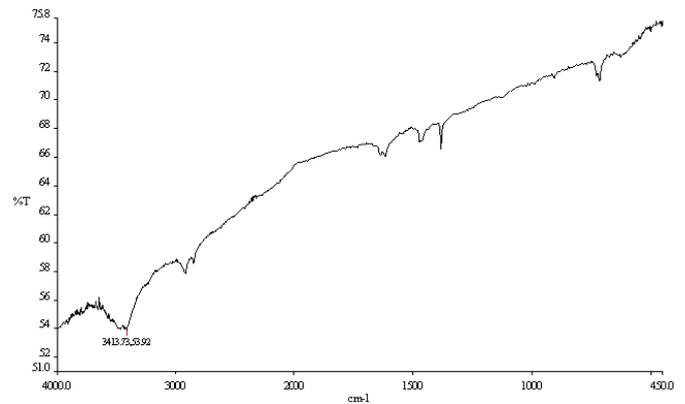
No	Unsur sebagai oksida	Kadar oksida (% massa)
1.	SiO ₂	43,70
2.	Al ₂ O ₃	21,00
3.	CaO	4,85
4.	Fe ₂ O ₃	22,50



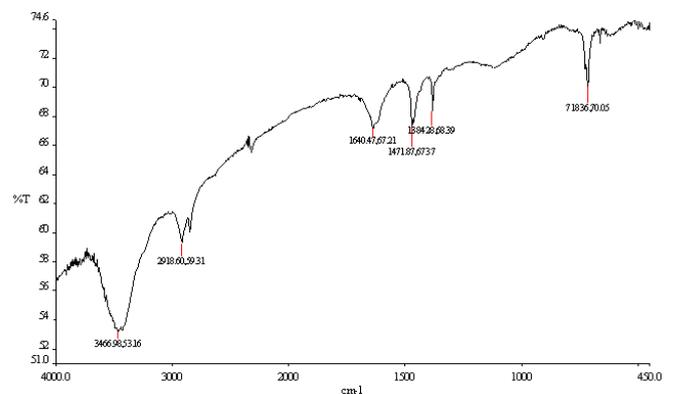
Gambar 1. Kuat tarik berbagai film plastik HDPE hasil sintesis



Gambar 2. Spektra FTIR sampel botol awal



Gambar 3. Spektra FTIR sampel botol kempot



Gambar 4. Spektra FTIR sampel film plastik HDPE-filler 5%

HDPE dan *filler* abu layang. Biji HDPE dimasukkan terlebih dahulu ke dalam alat pencampur dengan pengatur panas yang berputar (*double screw extruder*) sampai meleleh dengan kecepatan 60 rpm, baru kemudian *filler* abu layang dimasukkan sambil terus diaduk sampai homogen yang di tandai dengan nilai torsi yang stabil (sekitar 15-20 menit).

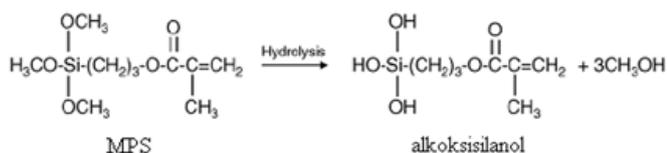
Hasil campuran dibuat dalam bentuk film tipis dengan bantuan alat tekan panas (*hot press*) dan alat tekan dingin (*cold press*). Lelehan dicetak dalam cetakan kuningan yang memiliki ketebalan 1,2 mm dan diberi lapisan *glossing plate* agar hasil cetakan tidak lengket. Film yang terbentuk dikeluarkan dari alat tekan panas dan segera didinginkan dengan cepat dalam *cold press* selama 2 menit. Pendinginan mendadak ini dilakukan untuk mencegah kemungkinan oksigen yang berada di udara terbuka, kontak dengan permukaan film HDPE yang masih panas. Lembaran yang didapat ini kemudian di potong dalam bentuk *dumbell* sesuai dengan ISO 527-2 tipe 5A dan selanjutnya digunakan untuk analisis uji tarik.

Berdasarkan Gambar 1 terlihat bahwa hasil kuat tariknya berkurang dari 27,70 ke 21,65 lbs dengan meningkatnya konsentrasi *filler* dari 5% ke 20%. Hal ini dikarenakan pengurangan kristalinitas dari campuran

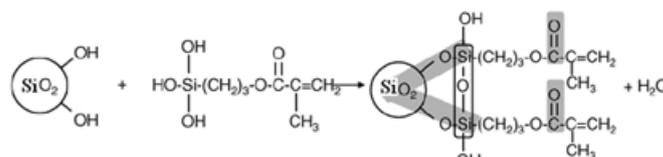
[17]. Film plastik HDPE pada konsentrasi *filler* 5% memiliki sifat kenyal (*ductile*) yang ditunjukkan dengan gaya tarik yang diperlukan untuk menarik film tersebut cukup besar. Sedangkan untuk konsentrasi *filler* yang lain memiliki sifat rapuh (*brittle*) yang ditunjukkan dengan gaya tarik yang diperlukan untuk menarik film tersebut kecil.

Analisis selanjutnya yaitu menggunakan spektrofotometer FTIR yang hasilnya ditunjukkan pada Gambar 2 sampai 4. Analisis FTIR ini dilakukan pada sampel yang mempunyai nilai kuat tarik paling besar yaitu pada konsentrasi *filler* 5%. Hasil analisis ini dibandingkan dengan sampel botol awal dan sampel botol kempot. Tujuan dari analisis FTIR adalah untuk mengetahui jenis gugus fungsi yang ada dalam suatu senyawa.

Berdasarkan hasil analisis spektra FTIR pada Gambar 2, 3 dan 4 tersebut bisa dilihat bahwa terjadi perubahan puncak-puncak yang bertambah dan hilang/intensitasnya berkurang jika dibandingkan satu sama lain. Pada sampel botol awal terdapat puncak pada daerah bilangan gelombang 3421,59 yang merupakan OH ulur yang berasal dari pelet KBr yang digunakan untuk analisis FTIR. Pada saat KBr bersifat basa maka akan terbentuk H_2O . Puncak pada daerah



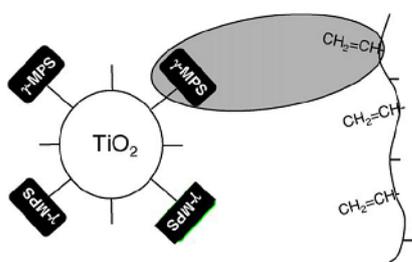
Gambar 5. Hidrolisis MPS menjadi alkoksisisilanol [16]



Gambar 6. Adsorpsi alkoksisisilanol yang terhidrolisis pada SiO₂ [16]

Tabel 2. Perbandingan temperatur dekomposisi, titik leleh dan perubahan entalpi yang terjadi dalam sampel botol awal, kempot dan hasil sintesis

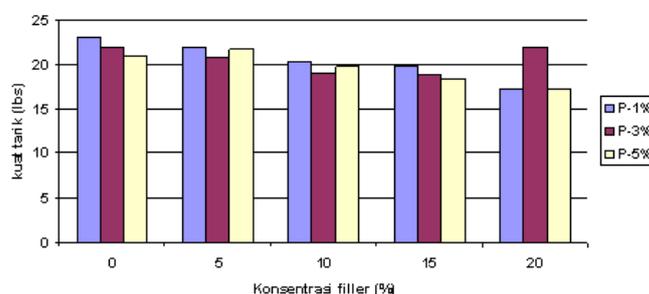
Sampel	Temperatur dekomposisi (°C)	Titik leleh (°C)	Perubahan entalpi (mJ/mg)
Awal	474,2	132,5	211,4
Kempot	475,0	130,6	224,7
HDPE-filler 5%	475,9	132,2	196,3



Gambar 7. Mekanisme pelekatan SiO₂ dari abu layang yang tersilakan dan HDPE (*High Density Polyethylene*) [16]

bilangan gelombang 2924,72 cm⁻¹ yang merupakan gugus-gugus alkil dan diperkuat oleh puncak 1384,33 cm⁻¹ dan puncak 718,96 cm⁻¹. Pada sampel botol kempot, puncak-puncak pada daerah tersebut hilang/intensitasnya berkurang menjadi lebih kecil. Pada spektra FTIR sampel film plastik HDPE-*filler* 5% muncul puncak-puncak baru yang menunjukkan terjadinya penambahan gugus fungsi yang baru yaitu pada daerah bilangan gelombang 1640,47 cm⁻¹ yang merupakan gugus OH yang berasal dari silan yang digunakan sebagai *coupling agent*, puncak pada bilangan gelombang 1471,87 cm⁻¹ yang merupakan gugus alkil dan puncak pada bilangan gelombang 460 dan 800 cm⁻¹ yang merupakan gugus Si-O-Si tekuk dan Si-O-Si tekuk simetri. Kemudian puncak pada bilangan gelombang 3700 cm⁻¹ yang merupakan gugus SiO-H ulur yang berasal dari abu layang yang digunakan sebagai *filler* (Briant, 1999) dan puncak *broad* pada 1106 cm⁻¹ merupakan vibrasi ulur Si-O yang menunjukkan Si-O-Si *network* [16].

Silan dengan jenis metakril oksipropil trimetoksi silan (MPS) sebagai *coupling agent* mengalami perubahan kimia selama hidrolisis dan pengeringan. Pada saat hidrolisis, gugus SiOCH₃ akan berubah menjadi SiOH (Gambar 5), kemudian alkoksisisilanol yang terhidrolisis dapat diserap ke permukaan dan memadat



Gambar 8. Hasil uji tarik uji degradasi kimia dengan piridin dalam berbagai konsentrasi piridin

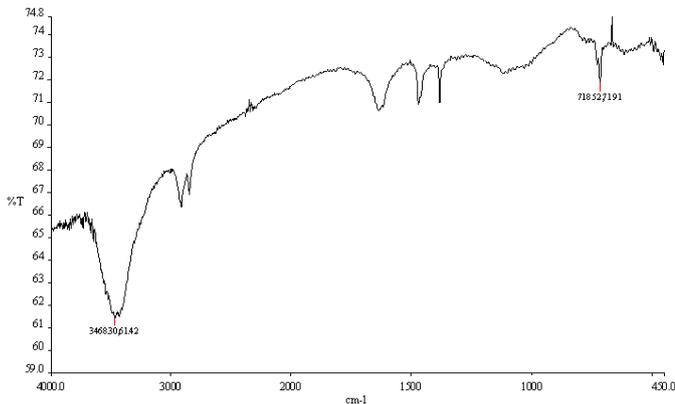
dengan gugus hidroksil dari komponen SiO₂ (dari abu layang) seperti ditunjukkan pada Gambar 6.

Gambar 4 menunjukkan puncak pada bilangan gelombang 3025 cm⁻¹ merupakan gugus vinil tekuk dalam HDPE (-CH₂=CH₂). Hal ini sesuai dengan reaktifitas diantara ikatan rangkap dalam HDPE dan *coupling agent* pada partikel SiO₂ dari abu layang, seperti ditunjukkan pada Gambar 7.

Hasil Analisis Termal (DTA, TGA dan DSC)

Analisis terakhir yaitu termal analisis dengan menggunakan TGA, DTA dan DSC yang hasilnya ditunjukkan pada Tabel 2. Analisis TGA didasarkan pada perubahan berat sampel, analisis DTA didasarkan pada perbedaan temperatur antara sampel dan bahan perbandingan. Sedangkan analisis DSC didasarkan pada perubahan entalpi yang terjadi dalam sampel [18]. Tujuan analisis ini adalah untuk mempelajari sifat termal dari sampel.

Dari ketiga sampel yang dianalisis termal dengan TGA, DTA dan DSC terjadi perbedaan temperatur dekomposisi, perubahan entalpi dalam sampel dan titik leleh sampel yang tidak terlalu besar. Hal ini menunjukkan bahwa perubahan titik leleh yang terjadi dalam ketiga sampel tidak terlalu signifikan atau hampir sama yang berarti bahwa penambahan *filler* abu



Gambar 9. Spektra FTIR hasil uji degradasi kimia dengan piridin 20% dan *filler* 20%

layang relatif tidak berpengaruh terhadap titik leleh sampel.

Hasil Uji Degradasi Kimia dengan Piridin

Bahan aktif yang terdapat dalam herbisida yang menyebabkan botol HDPE kempot adalah parakuat diklorida, di mana pada strukturnya mengandung gugus N yang mempunyai pasangan elektron bebas yang mampu menyerang gugus CH_2 dari HDPE. Pemilihan piridin sebagai zat untuk mendegradasi didasarkan pada ide bahwa piridin mengandung gugus N yang sama-sama mempunyai pasangan elektron bebas, yang diharapkan mampu mempercepat terjadinya degradasi.

Uji ini dilakukan untuk menguji seberapa tahan film plastik HDPE yang dihasilkan terhadap bahan aktif yang digunakan. Hasil analisis uji tarik untuk semua sampel hasil uji degradasi kimia dengan variasi konsentrasi piridin ditunjukkan pada Gambar 8.

Berdasarkan Gambar 8 tersebut terlihat bahwa nilai kuat tarik untuk tiap-tiap konsentrasi piridin cenderung turun dengan bertambahnya konsentrasi *filler*. Nilai kuat tarik paling besar terletak pada konsentrasi *filler* 5% jika dibanding dengan konsentrasi *filler* yang lain. Hal ini sama dengan nilai kuat tarik sampel film plastik HDPE sebelum dilakukan degradasi. Sedangkan nilai kuat tarik yang terjelek terletak pada konsentrasi piridin 20% dengan konsentrasi *filler* 20%. Hal ini menunjukkan bahwa piridin menyebabkan film plastik HDPE mengalami degradasi.

Analisis lain yaitu menggunakan FTIR untuk menunjukkan terdapat tambahan senyawa atau terjadi pengurangan senyawa dengan munculnya atau hilangnya puncak yang ada. Analisis FTIR ini hanya dilakukan pada sampel dengan nilai kuat tarik kecil yaitu pada konsentrasi piridin 20% dengan konsentrasi *filler* 20%. Hasil analisis FTIR untuk sampel degradasi kimia dengan piridin ditunjukkan pada Gambar 10.

Berdasarkan spektra FTIR Gambar 9 terlihat terjadinya hilangnya gugus fungsi atau penurunan intensitas yang ada pada film HDPE awal (dibandingkan dengan Gambar 4) yaitu pada daerah bilangan gelombang $2918,60 \text{ cm}^{-1}$ dengan intensitas 59,31 yang merupakan gugus alkil dan diperkuat dengan puncak pada daerah bilangan gelombang $1471,87 \text{ cm}^{-1}$ yang merupakan gugus C-H metil tekuk; puncak pada daerah bilangan gelombang $1384,28 \text{ cm}^{-1}$ yang merupakan gugus CH_3 dan puncak pada daerah bilangan gelombang $718,36 \text{ cm}^{-1}$ yang merupakan split CH_2 rock. Hal ini mengindikasikan bahwa sampel telah terdegradasi yang menyebabkan putusannya ikatan pada rantai polimer.

KESIMPULAN

Kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian ini adalah Hasil Film plastik HDPE dengan *filler* abu layang yang paling baik adalah pada konsentrasi 5% *filler* dengan nilai kuat tarik sebesar 27,70 lbs dibanding dengan nilai kuat tarik sampel botol awal yaitu 22,70 lbs. Hasil uji degradasi termal menunjukkan bahwa tidak terjadi perubahan indeks karbonil yang berarti, hal ini menunjukkan bahwa degradasi termal kurang berpengaruh pada sampel HDPE-*filler* abu layang dan sampel hasil sintesis tahan sampai suhu $100 \text{ }^\circ\text{C}$. Hasil analisis uji degradasi kimia menggunakan piridin menunjukkan bahwa sampel yang paling bagus adalah pada konsentrasi *filler* 5% yang menunjukkan nilai kuat tarik yang paling bagus dibanding dengan konsentrasi *filler* yang lain dengan konsentrasi piridin 5%.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Laboratorium Uji Polimer LIPI Bandung atas bantuannya dalam penyediaan alat untuk sintesis. Dan juga pada PT. Petrokimia Kayaku Gresik atas bantuan dalam penyediaan bahan.

DAFTAR PUSTAKA

1. Narkanti, Eko, S., and Hendro, J., 1996, *Kimia Polimer*, Jurusan Kimia, FMIPA ITS, Surabaya.
2. Hartono and Anton, J., 1995, *Penuntun Analisis Polimer Aktual*, Edisi pertama, Andi Offset, Yogyakarta.
3. Stevens and Malcom, P., 2001, *Kimia Polimer*, Pradnya Paramita, Jakarta.
4. Fried, J.R., 1995, *Polymer Science and Technology*, Pientice Hall PTR, New Jersey.

5. Roser, L.S., 1993, *Fundamental Principles of Polymer Material*, 2nd ed., A Wiley Interscience Publication, New York.
6. Charrier, J.M., 1989, *Polymeric Materials and Processing : Plastics, Elastomers and Composites*, Hanser, New York.
7. Setnescu, R., Silviu, J., and Zenjiro, O., 1998, *Polym. Degrad. Stab.*, 60, 2-3, 377-383.
8. Xanthos, M., 2005, *Fungtional Fillers for Plastics*, Wiley & Son, New York.
9. Bose, S. and Mahanar, P.A., 2004, *J. Miner. Mater. Charact. Eng.*, 3, 2, 65-72.
10. Review Technical Information Plastics RT-01, 2004, *Mineral Additives for the Plastics Industry*, Omya International AG, Switzerland
11. Harper, C.A., 2002, *Hand Book of Plastics, Elastomers and Composites*, 4th ed., McGraw-Hill, New York
12. Gupta, N., Balraj, S.B., and Eyassu, W., 2001, *Bull. Mater. Sci.*, 24, 2, 219-223.
13. Huang, X., Hwang, J.W., and Gillis, J.M., 2003, *J. Miner. Mater. Charact. Eng.*, 2, 1, 11-31.
14. Bal, S., Mahesh, D., Sen, T.K., and Ray, B.C., 2007, *J. Miner. Mater. Charact. Eng.*, 6, 1, 1-16.
15. Heidrich, C., 2002, *Ash Utilisation - An Australian Perspective*, Geopolymers 2002 International Conference, Melbourne- Australia
16. Hashimoto, M., Hiroaki, T., Mineo, M., and Tadashi, K., 2006, *Mater. Res. Bull.*, 41, 515-524.
17. Chand, N. and Vashishtha, S.R., 2000, *Bull. Mater. Sci.*, 23, 2, 103-107.
18. West, A. R., 1992, *Solid State Chemistry and Its Applications*, Department of Chemistry, University of Abardeen, John Wiley & Sons, Chichester, New York
19. Yang, R., Ying L., Jian Y., Kunhua W., 2006, *Polym. Degrad. Stab.*, 91, 1651-1657.