



UNIVERSITAS INDONESIA

**PENGARUH PENAMBAHAN FILLER *CLAY* TERHADAP
SIFAT MEKANIK DARI *BLENDING* PET/PP DENGAN
KOMPATIBILIZER PP-g-MA**

TESIS

**HERU SANTOSO
0806469243**

**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
PROGRAM STUDI ILMU MATERIAL
JAKARTA
JUNI 2010**



UNIVERSITAS INDONESIA

**PENGARUH PENAMBAHAN FILLER *CLAY* TERHADAP
SIFAT MEKANIK DARI *BLENDING* PET/PP DENGAN
KOMPATIBILIZER PP-g-MA**

TESIS

**Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh
gelar Magister Ilmu Material**

**HERU SANTOSO
0806469243**

**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
PROGRAM STUDI ILMU MATERIAL
JAKARTA
JUNI 2010**

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

**Tesis ini adalah hasil karya saya sendiri,
dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk
telah saya nyatakan dengan benar.**

Nama : Heru Santoso

NPM : 0806469243

Tanda Tangan : 


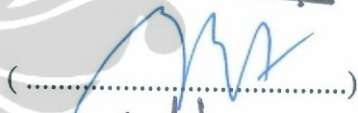
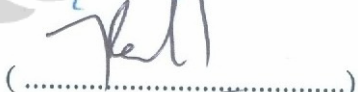

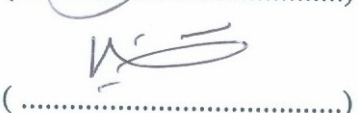
Tanggal : 5 Juni 2010

HALAMAN PENGESAHAN

Tesis ini diajukan oleh :
Nama : Heru Santoso
NPM : 0806469243
Program Studi : Ilmu Material
Judul Tesis : Pengaruh Penambahan Filler *Clay* Terhadap
Sifat Mekanik dari *Blending* PET/PP
dengan Kompatibilizer PP-g-MA

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Magister Ilmu Material pada Program Studi Ilmu Material, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Indonesia.

DEWAN PENGUJI

Ketua Sidang : Dr. Bambang Soegijono ()
Pembimbing I : Dr. Emil Budianto ()
Penguji I : Dr. Muhammad Hikam ()
Penguji II : Dr. Suhardjo Poertadji ()
Penguji III : Dr. Budhy Kurniawan ()

Ditetapkan di : Jakarta

Tanggal : 5 Juni 2010

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, Segala puji bagi Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan hidayahNya, serta partisipasi dari berbagai pihak yang telah membantu baik secara moril maupun materiil sehingga penulis dapat menyelesaikan tesis ini dengan judul “Pengaruh Penambahan Filler *Clay* Terhadap Sifat Mekanik dari *Blending* PET/PP dengan Kompatibilizer PP-g-MA”

Dalam proses pengerjaan penelitian serta penulisan tesis ini, penulis banyak mendapatkan bantuan dan dukungan dari berbagai pihak, untuk itu penulis mengucapkan penghargaan dan terima kasih yang tak terhingga kepada :

1. Bapak Dr. Emil Budianto, Selaku pembimbing I yang telah membimbing, mengarahkan dan memberikan saran-saran selama pengerjaan penelitian dan penyusunan tesis ini.
2. Bapak Syah Johan Ali Nasiri, Ph.D., selaku pembimbing lapangan, atas bimbingan dan saran-sarannya selama melakukan penelitian
3. Bapak Drs. Wawas Swatatifrijah. M.Sc., selaku kepala Sentra Teknologi Polimer, Balai Pengkajian Teknologi Polimer-BPPT, atas dukungan dan kesempatan yang diberikan untuk melakukan penelitian di laboratorium STP.
4. Kedua orang tua, Ibu dan Bapak (alm) yang tak henti selalu mendampingi dengan doa dan kasih sayang yang tak pernah ada habis, yang telah mengasuh, membesarkan dan mendidiknya hingga mampu seperti ini.
5. Istri tercinta (Inayah) dan anak-anakku tersayang (Huda, Hashif dan Humam) yang dengan sabar dan penuh pengertian memberikan dukungan selama masa studi hingga lulus.

6. Rekan-rekan kerja di Sentra Teknologi Polimer (STP), Balai Pengkajian Teknologi Polimer-BPPT khususnya Yurohman, Pak Saeful, Pak Dasep, Pak Rachmat dan lainnya yang tidak kami sebutkan satu persatu telah banyak membantu dan memperlancar dalam penelitian ini.
7. Seluruh staf pengajar dan staff administrasi di Program Magister Ilmu Material FMIPA-UI
8. Rekan-rekan mahasiswa pascasarjana Ilmu Material terutama angkatan tahun 2008.
9. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu yang telah memberikan bantuan moral.

Akhir kata, penulis menyadari bahwa masih banyak kekurangan dalam penulisan tesis ini. Oleh karena itu, dengan segenap kerendahan hati, penulis mengharapkan saran dan kritik serta masukan-masukan lainnya demi perbaikan tesis ini.

Serpong, 29 Mei 2010

Penulis

**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai sivitas akademik Universitas Indonesia, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Heru Santoso
NPM : 0806469243
Program Studi : Ilmu Material
Departemen : Fisika
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Jenis karya : Tesis

demikian demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Indonesia **Hak Bebas Royalti Noneksklusif** (*Non-exclusive Royalty-Free Right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul :

Pengaruh Penambahan Filler Clay Terhadap Sifat Mekanik dari Blending PET/PP dengan Kompatibilizer PP-g-MA

beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan memublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Jakarta
Pada tanggal : 5 Juni 2010

Yang menyatakan



(Heru Santoso)

ABSTRAK

Nama : Heru Santoso
Program Studi : Ilmu Material
Judul : Pengaruh Penambahan Filler *Clay* Terhadap Sifat Mekanik dari Blending PET/PP dengan Kompatibilizer PP-g-MA

Dengan berkembangnya kemampuan rekayasa material, polimer *blend* menjadi salah satu metode untuk merekayasa material polimer yang cukup penting karena aplikasinya yang cukup luas. Dalam penelitian ini telah dilakukan proses *blending* (pencampuran) antara material polimer polietilena tereftalat (PET) dengan polipropilena (PP) dengan bantuan kompatibilizer PP-g-MA. Proses pencampuran menggunakan mesin ekstrusi jenis *single screw* dengan setting parameter suhu 210°C, 230°C, 265°C dan 275°C pada putaran 50 rpm. Pengaruh penambahan filler pada sistem campuran PET/PP/PP-g-MA terhadap sifat mekanik dilakukan dengan menambahkan filler *clay* dengan konsentrasi 1, 3, 5, 7 dan 10 % (rasio berat).

Hasil pencampuran PET/PP/PP-g-MA dan penambahan filler *clay* dikarakterisasi sifat mekanik yaitu *tensile strength*, *impact strength* dan sifat termalnya dengan DSC, TGA serta morfologinya dengan SEM. Pada penelitian ini didapatkan nilai optimal dari penambahan kompatibilizer PP-g-MA pada konsentrasi 7% (rasio berat) dengan nilai kuat tarik sebesar 29,25 MPa. Penambahan filler *clay* dalam sistem campuran PET/PP/PP-g-MA pada konsentrasi 7 % (rasio berat) berpengaruh terhadap sifat mekanik, termal dan sifat morfologinya. Semakin besar penggunaan filler *clay* menyebabkan sifat E-modulus meningkat, kuat tarik menurun, elongasi menurun dan kekuatan impak juga menurun. Kekuatan mekanik terbesar dicapai pada penambahan filler 1 % (rasio berat) dan nilai E-modulus terbesar pada penggunaan filler 10% (rasio berat). Sifat termal pada penambahan filler didapatkan kecenderungan meningkatkan kestabilan termal dan menurunnya derajat kristalinitas PP campuran PET/PP/PP-g-MA/filler *clay*.

Kata kunci:

blending PET/PP, compatibilizer PP-g-MA, ekstrusi *single screw*, filler *clay*.

ABSTRACT

Name : Heru Santoso
Study Program: Material Sciences
Title : The Influence of Filler Clay Supplementation on Mechanical Properties of Blending PET/PP using Compatibilizer PP-g-MA

Advancement of material engineering makes polymer blend as an important polymer material engineering method among other methods because of its wide applications. In this research, blending between polyethylene terephthalate (PET) and polypropylene (PP) polymer materials using compatibilizer PP-g-MA was produced. Single-screw extrusion machine with temperature parameters of 210°C, 230°C, 265°C and 275°C at 50 rpm was used during mixing process. The influence of filler supplementation on mixture system of PET/PP/PP-g-MA on mechanical properties was carried out by adding filler clay of 1, 3, 5, 7 and 10% (weight ratio).

The mixing result of PET/PP/PP-g-MA and supplementation of filler clay was characterized mechanically (tensile strength, impact strength), thermally (DSC, TGA), and morphologically (SEM). Optimal value of compatibilizer PP-g-MA supplementation was obtained at concentration of 7% (weight ratio) with tensile strength of 29.25 MPa. Supplementation of filler clay into the system of 7% (weight ratio) influenced their mechanical, thermal, and morphological properties. The higher the ratio of filler clay, the higher the E-modulus property, the lower the tensile strength, the lower the elongation, and the lower the impact strength. The highest mechanical strength was obtained at filler supplementation of 1% (weight ratio) and the highest E-modulus value was obtained at filler supplementation of 10% (weight ratio). Thermal properties of filler supplementation tends to increase thermal stability and decrease crystallinity of PP mixed with PET/PP/PP-g-MA/filler clay.

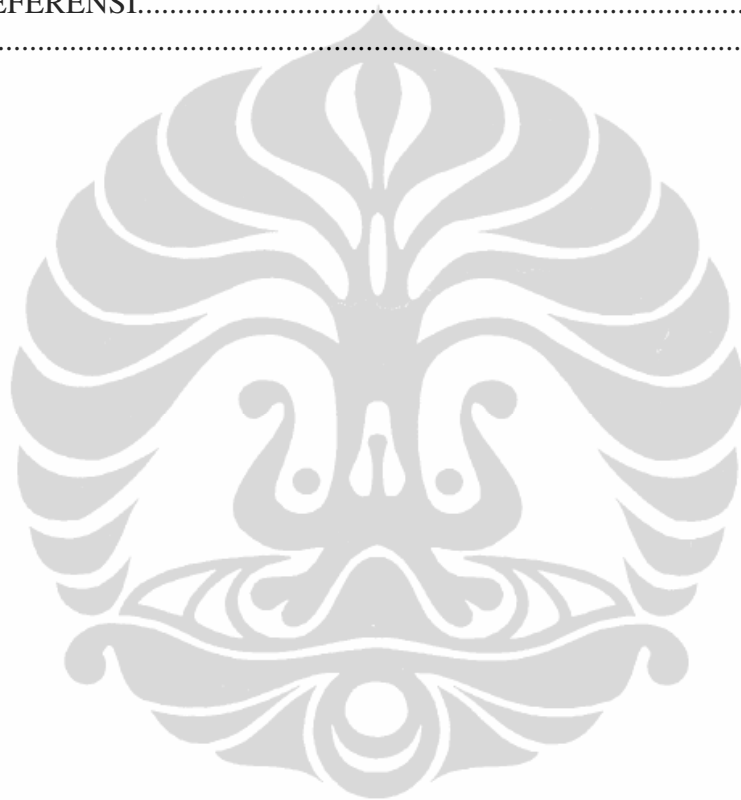
Keywords:

blending PET/PP, compatibilizer PP-g-MA, single screw extrusion, filler clay

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
PERNYATAAN ORISINALITAS	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
KATA PENGANTAR	iv
LEMBAR PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH	vi
ABSTRAK	vii
ABSTRACT	viii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
BAB 1	1
PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Permasalahan.....	3
1.3. Ruang Lingkup Penelitian.....	3
1.4. Tujuan Penelitian.....	4
1.5. Waktu dan Tempat Penelitian.....	4
BAB 2	5
TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Termoplastik.....	5
2.1.1 Polipropilena.....	5
2.1.2 Polietilena Tereftalat (PET).....	5
2.2 Kompatibilizer PP-g-MA.....	5
2.3 Pencampuran Polimer (<i>Polymer Blend</i>).....	6
2.4 Kompatibilisasi Campuran Polimer <i>Immiscible</i>	7
2.5 Komposit Mikrofibril.....	8
2.6 Filler dalam Plastik.....	9
2.6.1 Pengaruh Kompatibilisasi Terhadap Filler.....	11
BAB 3	14
METODOLOGI PENELITIAN	14
3.1 Tahapan Proses Penelitian.....	18
3.2 Alat dan Bahan.....	18
3.2.1 Alat.....	18
3.2.2 Bahan.....	19
3.3 Prosedur Penelitian.....	20
3.3.1 Prosedur Pembuatan Blending PET/PP/PP-g-MA.....	21
3.3.2 Prosedur Pembuatan Blending PET/PP/PP-g-MA/Filler <i>Clay</i>	22
3.3.3 Proses Pembuatan Spesimen uji <i>dog bone</i>	22
3.4 Pengujian Material.....	23
3.4.1 Pengujian Kekuatan Tarik (<i>Tensile Strength</i>).....	24
3.4.2 Pengujian Kekuatan Impak (<i>Impact Strength</i>).....	24
3.4.3 Pengujian Temperatur Dekomposisi.....	24
3.4.4 Pengujian Temperatur Leleh (<i>Melting Point</i>).....	25
3.4.5 Analisis Morfologi menggunakan SEM.....	26

BAB 4	28
HASIL DAN PEMBAHASAN	28
4.1 Optimasi Pembuatan Blending PET/PP/PP-g-MA.....	28
4.2 Pengaruh Filler <i>Clay</i> dalam Blending PET/PP/PP-g-MA.....	33
4.2.1 Karakterisasi Sifat Mekanik.....	33
4.2.2 Karakterisasi Sifat Termal.....	39
4.2.3 Morfologi Pencampuran PET/PP/PP-g-MA/Filler <i>Clay</i>	43
BAB 5	46
KESIMPULAN DAN SARAN	46
5.1 Kesimpulan.....	46
5.2 Saran.....	47
DAFTAR REFERENSI.....	48
LAMPIRAN.....	52



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Konfigurasi Polipropilen.....	6
Gambar 2.2 Struktur Polietilena Terephthalat.....	7
Gambar 2.4 Kemungkinan lokasi kopolimer A-B pada reaksi polimer A dan B.....	10
Gambar 2.5 Gugus aktif yang terlibat dalam proses blending reaktif.....	11
Gambar 2.6 Prinsip Dasar Pembentukan Komposit Mikro fibril (MFC).....	13
Gambar 2.7 Skema mekanisme pembentukan mikro fibril dalam campuran polimer selama proses penarikan dingin, dari transformasi partikel bola ke mikro fibril.....	14
Gambar 2.8 Skema perkembangan morfologi dalam campuran dengan dan tanpa kompatibilizer.....	16
Gambar 3.1. Tahapan Proses Penelitian.....	18
Gambar 3.2. <i>Single Screw Extruder</i>	18
Gambar 3.3 Mesin <i>Pelletizer</i>	18
Gambar 3.4 Alat <i>Injection Molding</i>	19
Gambar 3.5. Skema Mesin Pembuatan Blending PET/PP/PP-g-MA/Filler <i>Clay</i>	22
Gambar 3.6 Spesimen uji (<i>dog bone</i>) hasil cetakan type ISO 527 dari alat injection molding.....	22
Gambar 3.7. Alat pengujian kuat tarik <i>Universal Testing Machine</i> (UTM).....	23
Gambar 3.9. Alat TGA (a) dan DSC (b) untuk uji temperatur dekomposisi dan temperatur leleh.....	24
Gambar 3.10. Alat SEM Phillips XL-30.....	26
Gambar 4.1. Grafik <i>E-Modulus</i> dan <i>Tensile Strength</i> pencampuran PET/PP/PP-g-MA.....	27
Gambar 4.2. Foto SEM sampel blending PET/PP penambahan <i>compatibilizer</i> PP-g-MA pada spesimen uji dogbone setelah dietsa dengan xylene panas dengan perbesaran 500 x dan 1000 x : (a)&(b) Sampel PET/PP/C1, (c) &(d) sampel PET/PP/C7, (e)&(f) sampel PET/PP/C15.....	28
Gambar 4.3. Grafik Kekuatan Impak pada pencampuran PET/PP/PP-g-MA.....	30
Gambar 4.4. Grafik Uji Kestabilan Termal pada pencampuran PET/PP/PP-g-MA..	30
Gambar 4.5. Termogram TGA pada pencampuran PET/PP/PP-g-MA.....	31
Gambar 4.6. Spesimen dog bone yang dicetak dengan mesin injeksi molding.....	32
Gambar 4.7. Grafik Tensile Modulus dan Tensile Strength pencampuran PET/PP/PP-g-MA/filler <i>clay</i>	33
Gambar 4.8. Foto struktur mikro sebelum (a) dan setelah penambahan filler clay (b)-(d) pada spesimen uji dogbone setelah dietsa dengan xylene panas dengan perbesaran 1000 x : (a) Sampel PET/PP/C7, (b) sampel PET/PP/OC1, (c) sampel PET/PP/OC5 & (d) sampel PET/PP/OC10.....	34
Gambar 4.9. <i>Void</i> (rongga) yang terlihat pada patahan spesimen dog bone setelah uji kekuatan tarik dengan perbesaran 2500 x : (a) sampel PET/PP/OC1, (b) sampel PET/PP/OC5 & (c) sampel PET/PP/OC10.....	35
Gambar 4.10. Grafik Kekuatan Impak pada pencampuran PET/PP/PP-g-MA/filler <i>clay</i>	36
Gambar 4.11. Grafik Dekomposisi termal pada pencampuran PET/PP/PP-g-MA/filler <i>clay</i>	37
Gambar 4.12. Termogram TGA pada pencampuran PET/PP/PP-g-MA/filler <i>clay</i> ...	38

Gambar 4.13. Grafik titik leleh (T_m) PP dan PET pada pencampuran PET/PP/PP-g-MA/filler <i>clay</i>	39
Gambar 4.14. Termogram DSC pada pencampuran PET/PP/PP-g-MA/filler <i>clay</i> ..	39
Gambar 4.15. Derajat kristalinitas PP dan PET pada pencampuran PET/PP/PP-g-MA/filler <i>clay</i>	40
Gambar 4.16. Ukuran <i>droplet</i> (butiran) PET sebelum (a) dan setelah penambahan filler <i>clay</i> (b)-(d) pada patahan spesimen dog bone setelah uji kekuatan tarik dengan perbesaran 1000 x : (a) Sampel PET/PP/C7, (b) sampel PET/PP/OC1, (c) sampel PET/PP/OC5 & (d) sampel PET/PP/OC10.....	42
Gambar 4.17. Foto SEM interaksi blending PET/PP/PP-g-MA dengan filler <i>clay</i> pada perbesaran 5000 x : (a) Sampel PET/PP/OC-1 dan (b) sampel PET/PP/OC-10.....	43



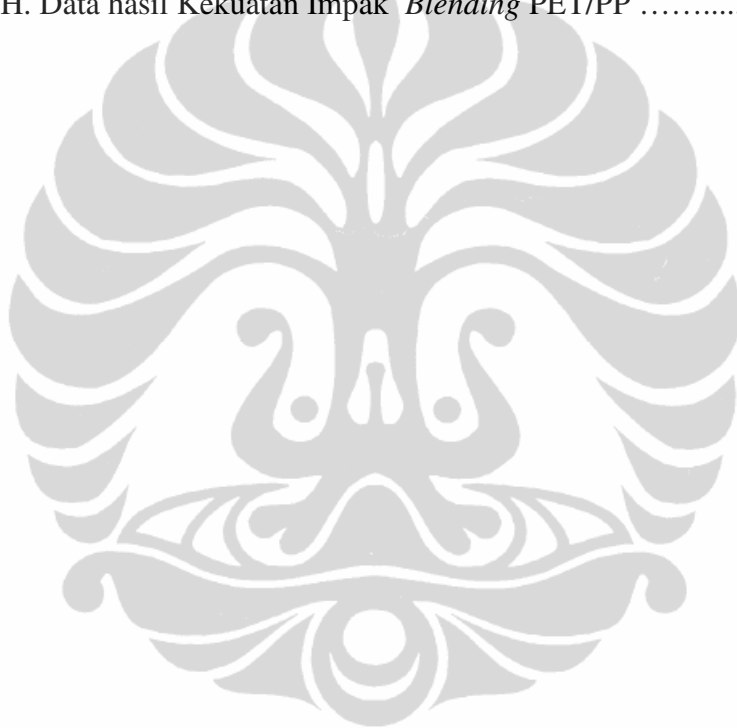
DAFTAR TABEL

Tabel 3.1. Bahan yang digunakan.....	19
Tabel 3.2. Komposisi pembuatan <i>blending</i> PET/PP dengan <i>compatibilizer</i> PP-g-MA.....	20
Tabel 3.3. Komposisi penambahan filler <i>clay</i> pada pembuatan <i>blending</i> PET/PP/PP-g-MA.....	21
Tabel 4.1 Data sifat mekanik optimasi penambahan <i>compatibilizer</i> PP-g-MA.....	26
Tabel 4.2 Hasil pengujian mekanik <i>blending</i> PET/PP/PP-g-MA/filler <i>clay</i>	32



DAFTAR LAMPIRAN

1. Lampiran A. Gambar Termogram DSC PET dan PP Murni	57
2. Lampiran B. Gambar Termogram DSC <i>Blending</i> PET/PP/PP-g-MA.....	62
3. Lampiran C. Gambar Termogram DSC <i>Blending</i> PET/PP/PP-g-MA/Filler <i>Clay</i>	68 71
4. Lampiran D. Gambar Termogram TGA PET dan PP Murni.....	76
5. Lampiran E. Gambar Termogram TGA <i>Blending</i> PET/PP/PP-g-MA.....	81
6. Lampiran F. Gambar Termogram TGA <i>Blending</i> PET/PP/PP-g-MA/Filler <i>Clay</i>	82 87
7. Lampiran G. Data hasil pengujian UTM <i>Blending</i> PET/PP.....	93
8. Lampiran H. Data hasil Kekuatan Impak <i>Blending</i> PET/PP	98



BAB 1

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Metode pencampuran polimer (*polymer blending*) mempunyai peranan yang penting dalam pengembangan material polimer baru. Berkembangnya kemampuan rekayasa material, *blending* polimer menjadi salah satu metode untuk merekayasa material polimer yang cukup penting karena aplikasinya yang cukup luas. Dengan teknik *blending* antara 2 polimer yang memiliki sifat yang berbeda akan menghasilkan gabungan kedua sifat tersebut atau memiliki sifat yang baru.

Proses *blending* dapat berlangsung secara fisik berupa kontak permukaan yakni terjadi interaksi antar molekul polimer. Yang memegang peran penting dalam proses ini adalah parameter *solubility* antar polimer yang akan dicampur. Bila parameter *solubility* kedua polimer sama atau berdekatan diharapkan polimer dapat bercampur secara kompak. Di samping parameter tersebut, tingkat polaritas polimer juga penting diperhatikan. Bila komponen *blending* ada yang bersifat polar, sedangkan yang lain bersifat non polar maka perlu ditambahkan *compatibilizer* dimana ujung molekul yang satu bersifat polar dan ujung molekul yang lain bersifat non polar. Polimer *blending* telah banyak diteliti oleh para ahli untuk maksud aplikasi yang spesifik terutama untuk aplikasi dalam bidang otomotif, pengemas, elektronik dan lain-lain^[1].

Teknik pencampuran polimer *immiscible* (tidak bercampur) lebih sering dipilih dari pada jenis pencampuran *miscible* (bercampur), karena teknik *blending immiscible* dapat menggabungkan beberapa karakteristik penting dari masing-masing komponen campuran. Peminimalan daya antar muka dan peningkatan daya adesi antara dua fase biasanya dapat meningkatkan sifat mekanik dari pencampuran polimer *immiscible*.^[1]

Pencampuran polimer *immiscible* biasanya memiliki sifat mekanik yang rendah karena daya adhesi antar muka yang lemah antara konstituen mereka. Kurangnya daya adhesi antara campuran konstituen ini umumnya dianggap sebagai kelemahan.^[2] Disisi lain kompatibilitas campuran polimer *immiscible*

dapat ditingkatkan dengan menambahkan komponen *compatibilizer* ketiga (misalnya, kopolimer blok atau *grafting*) atau dengan menambahkan polimer fungsional tertentu yang mampu meningkatkan interaksi spesifik dan reaksi kimia dalam sistem *blending*.^[3]

Pencampuran polietilena tereftalat (PET) and *polyolefin* (seperti PP dan PE) telah menarik kegiatan penelitian yang cukup besar karena kedua bahan tersebut merupakan termoplastik yang paling sering digunakan, terutama digunakan sebagai bahan pengemas plastik. PET dapat meningkatkan kekakuan (*stiffness*) poliolefin pada temperatur yang lebih tinggi. Sementara poliolefin bisa memfasilitasi kristalisasi PET oleh nukleasi heterogen yang mempengaruhi kekakuan campuran. Namun, karena perbedaan sifat kimia dan polaritas, *blending* PET/Poliolefin menunjukkan kekuatan impak yang rendah. Oleh karena itu, penambahan *compatibilizer* sangat diperlukan untuk mendapatkan daya adhesi yang lebih baik antara dua campuran ini dan untuk meningkatkan sifat mekaniknya. *Compatibilizer* biasanya memiliki dua bagian sehingga tiap bagian dapat berinteraksi dengan salah satu dari polimer dalam campuran. Hal ini memungkinkan pencampuran polimer *immiscible* didapatkan campuran yang homogen.^[2]

Penelitian terbaru yang berkaitan dengan *blending* PET/PP telah banyak dilakukan oleh para peneliti. Pencampuran PET/PP yang menggunakan kompatibilizer PP-g-MA dan pembuatan kompatibilizer ini telah dilakukan M.Akbar et.al^[3]. Penggunaana kompatibilizer jenis lain dalam *blending* PET/PP dengan kompatibilizer *glycidyl methacrylate* (GMA) dilakukan oleh Raha Sarami^[4] dan memakai kompatibilizer *ethylene glycidyl methacrylate* (EGMA) oleh M.Krumova et.al^[5]. Modifikasi dengan menambahkan filler nano TiO₂ pada *blending* PET/PP/PP-g-MA telah dilakukan oleh Wenjing Li et.al^[1,6,7,8,9] yang menunjukkan hasil pencampuran memiliki kenaikan sifat mekanik. Berdasarkan hasil penelusuran literatur yang ada, *blending* PET/PP/PP-g-MA dengan menambahkan filler *clay* belum pernah dilakukan oleh para peneliti lain. Dengan pertimbangan polipropilen mempunyai beberapa kekurangan seperti sifat oksigen *barrier* dan stabilitas termal yang rendah. Untuk itu diupayakan memodifikasi sifat polipropilena, agar diperoleh sifat yang lebih baik. Atas dasar ini, penulis

melakukan penelitian ini dengan mengacu pada penelitian yang telah dilakukan Wenjing Li. Harapan dari penelitian ini dihasilkan pencampuran PET/PP/PP-g-MA dengan sifat mekanik yang unggul.

1.2. Rumusan Permasalahan

Pembuatan blending PET/PP/filler *clay* dengan compatibilizer PP-g-MA dilakukan dengan metoda *melt compounding*. Dimana sebelum dilakukan blending material dicampur terlebih dahulu antara PET, PP, PP-g-MA dan filler *clay*. Setelah proses *premixer* dimasukkan dalam ekstrusi *single screw* dengan kecepatan 50 rpm. Kondisi temperatur ekstruder di *setting* pada 210°C, 230°C, 265°C dan 275°C. Pada pencampuran PET/PP ini dibagi menjadi 2 tahap. Tahap 1 adalah optimalisasi penambahan *compatibilizer* PP-g-MA dalam campuran PET/PP. Setelah didapatkan nilai optimal penambahan PP-g-MA dari sifat mekaniknya, maka dilanjutkan dengan tahap 2 yaitu melihat pengaruh dari sifat mekanik terhadap penambahan filler *clay* terhadap campuran PET/PP/PP-g-MA.

Dari pembuatan *blending* PET/PP pada tahap 1 dan tahap 2, selanjutnya dilakukan karakterisasi terhadap sifat mekanik menggunakan UTM (*Universal Testing Machine*) dan *Impact Charpy*, sifat termal dengan DSC (*Differential Scanning Calorimetry*) dan TGA (*Thermal Gravimetry Analysis*). Untuk melihat morfologi permukaan hasil pencampuran digunakan alat SEM (*Scanning Electron Microscope*).

1.3. Ruang Lingkup Penelitian

Penelitian yang dilakukan ini meliputi:

1. Pembuatan *blending* PET/PP dengan penambahan berbagai konsentrasi *compatibilizer* PP-g-MA menggunakan alat ekstrusi *single screw*.
2. Pembuatan *blending* PET/PP/PP-g-MA dengan berbagai konsentrasi filler *clay* menggunakan alat ekstrusi *single screw*.
3. Karakterisasi/analisis hasil *blending* melalui pengujian sifat mekanik, sifat termal, dan struktur mikro.

1.4. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Optimalisasi penambahan *compatibilizer* PP-g-MA terhadap pembuatan *blending* PET/PP
2. Mempelajari pengaruh penambahan filler *clay* terhadap sifat mekanik pada pembuatan *blending* PET/PP/PP-g-MA.

1.5. Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian *blending* PET/PP/PP-g-MA/Filler *clay* ini dilakukan dalam satu semester (5 bulan), terhitung mulai bulan Desember 2009 hingga bulan April tahun 2010.

Proses pembuatan *blending* PET/PP/PP-g-MA/Filler *clay* dan karakterisasi pengujian dilakukan di Laboratorium Sentra Teknologi Polimer (STP) – BPPT Serpong.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Termoplastik

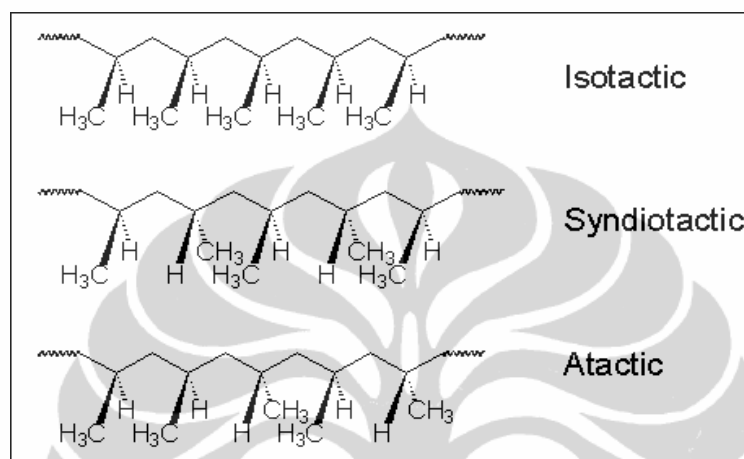
Termoplastik adalah resin yang dapat melunak berulang kali bila dipanaskan dan mengeras ketika didinginkan. Termoplastik dapat larut dalam pelarut tertentu dan terbakar sampai tingkat panas tertentu. Dibandingkan dengan termoset, termoplastik biasanya mempunyai kekuatan impak yang lebih tinggi, pemrosesan yang lebih mudah dan kemampuan beradaptasi yang lebih baik pada desain yang kompleks.^[27] Termoplastik dikelompokkan menjadi 2 jenis yaitu termoplastik komoditas (seperti polipropilena (PP), polietilena (PE), poli vinil klorida (PVC), polistirena (PS), poli metil metakrilat (PMMA)) dan termoplastik teknik (seperti polietilena terephthalat (PET), poli karbonat (PC), poli amida (PA), poli oksimetilena (POM), polibutilena terephthalat (PBT)).^[10]

2.1.1 Polipropilena

Polipropilena (PP) merupakan jenis polimer yang sudah dikenal sejak lama, yaitu sejak ditemukannya cara polimerisasi oleh Natta pada tahun 1954.^[29] PP adalah bahan termoplastik yang dihasilkan oleh polimerisasi unit monomer propilena. PP tergolong bahan termoplastik semikristalin yang mengandung dua fasa yaitu kristal dan amorf. Jumlah relatif dari masing-masing fasa tergantung pada karakteristik struktur dan stereokimia rantai polimer serta kondisi resin yang dikonversikan ke produk akhir seperti serat, film, dan berbagai bentuk geometris lain selama fabrikasi oleh ekstrusi, *thermoforming*, atau *molding*.^[11]

Polipropilena memiliki struktur kristal yang cukup tinggi. Kristal polipropilena ini terbentuk akibat adanya struktur isotaktik dari rantai molekul polipropilena. Struktur kristalin dari polipropilena merupakan kumpulan dari *spherulite*, yang tersusun atas *lamella-lamella*. *Lamella* merupakan perulangan dari makromolekul polipropilena. Rantai makromolekul PP pada daerah kristalin tersusun oleh unit sel dan simetri yang spesifik. Ukuran unit sel tersebut

berukuran antara 6 – 20 Å. Polipropilena homopolimer mempunyai banyak variasi morfologi.^[29] Pembentukan morfologi polipropilena ditentukan oleh struktur kristalnya yang disebut sebagai derajat kristalinitas. Morfologi polipropilena yang utama adalah isotaktik, sindiotaktik dan ataktik seperti pada gambar 2.1.



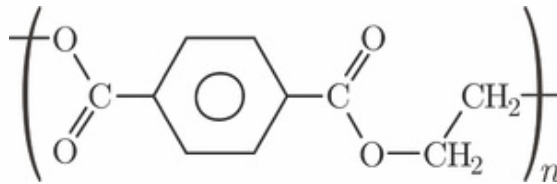
Gambar 2.1. Konfigurasi Polipropilen^[29]

Polipropilena merupakan salah satu jenis termoplastik komoditi yang ringan dengan densitas sekitar 0,90-0,91 g/cm³. Polipropilena memiliki sifat elektrik dan isolator yang baik, tidak mudah bereaksi dengan bahan kimia, dan tidak menyerap uap air. Sifat inilah yang menyebabkan polipropilena tahan terhadap berbagai bahan kimia pada suhu yang relatif tinggi dan tidak larut hampir pada semua pelarut organik pada suhu kamar. PP digunakan dalam aplikasi mulai dari produk injeksi molding, *blow molding*, serat dan filamen untuk ekstrusi film dan coating. Pemrosesan PP dengan *injection molding*, jumlahnya sekitar separuh dari PP yang dihasilkan, termasuk untuk aplikasi di bidang otomotif dan alat lainnya.

2.1.2 Polietilena Tereftalat (PET)

PET adalah salah satu resin polimer termoplastik jenis poliester dan banyak digunakan dalam serat sintetis, botol minuman, wadah makanan, aplikasi

thermoforming serta dikombinasikan dengan *fiber glass* dalam plastik *engineering*.



Gambar 2.2 Struktur Polietilena Terephthalat^[12,13]

Polietilena tereftalat (PET) dapat bersifat sebagai *amorf* (transparan) dan sebagai semi-kristalin tergantung dari cara pemrosesan dan *thermal history*. Monomernya dapat diproduksi melalui esterifikasi asam tereftalat dengan etilen glikol, dan sebagai produk sampingnya adalah air. Monomer PET juga dapat dihasilkan melalui reaksi transesterifikasi etilen glikol dengan dimetil tereftalat dengan metanol sebagai hasil samping. Polimer PET dihasilkan melalui reaksi polimerisasi kondensasi dari monomernya. Reaksi ini terjadi sesaat setelah esterifikasi/transesterifikasinya dengan etilen glikol sebagai produk samping. Kebanyakan (sekitar 60%) dari produksi PET dunia digunakan dalam serat sintesis, dan produksi botol mencapai 30% dari permintaan dunia. Sebagai bahan semi kristalin, PET bisa bersifat transparan (ukuran partikel <500 nm) atau buram dan putih (ukuran partikel sampai beberapa mikron) tergantung pada struktur kristal dan ukuran partikelnya.^[14]

2.2. Kompatibilizer PP-g-MA

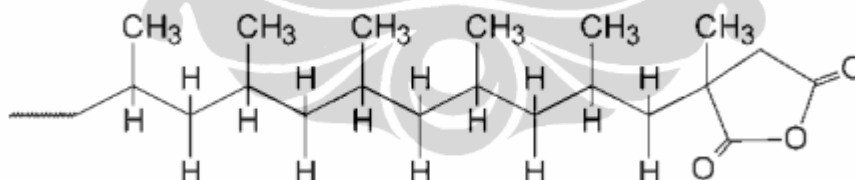
Kompatibiliser (*compatibilizer*) merupakan senyawa kimia yang memiliki fungsi sebagai pengikat antara matrik dan penguat pada sistem komposit. Kompatibiliser sendiri hanya digunakan untuk mengikat dua atau lebih material yang secara alamiah tidak bisa (sulit) bercampur, sebagai contoh plastik dengan material alam seperti kayu, logam dan keramik.

Kopolimer PP-g-MA (*polypropylene graft maleic anhidride*) pertama kali disintesis dengan proses *grafting* (cangkok) antara maleat anhidrida dan polipropilena pada awal tahun 1960-an. Sintesis dilakukan dalam fase cair

menggunakan benzena atau toluena sebagai media reaksi. Beberapa inisiator radikal bebas digunakan untuk memulai reaksi. Reaksi dalam larutan dilakukan pada titik didih pelarutnya. Lamanya reaksi bervariasi dari 1 jam sampai 20 jam dengan konten comonomer dalam *graft* kopolimer bervariasi 0,3-40 %. Polimer yang dihasilkan berwarna kecoklatan.^[3]

Polietilena tereftalat (PET) dan PP tidak kompatibel dan pencampuran mereka akan menghasilkan fase besar dengan ikatan antar muka yang lemah dan miskin sifat mekanik.^[3] Polietilena tereftalat (PET) dan polipropilena (PP) yang diketahui sepenuhnya tidak bercampur (*immiscible*) dan membutuhkan modifikasi antar muka (*interfacial*) untuk mendapatkan campuran yang baik dan untuk meningkatkan daya adhesi *solid-state*. Berbagai penelitian telah dilakukan untuk mendapatkan *compatibilizer* antara PET dan PP dengan berbagai jenis seperti maleat anhidrida (MA), asam akrilik, atau fungsionalisasi metakrilat glycidyl.^[7]

Maleat anhidrida (MA) merupakan senyawa kimia yang pada saat ini banyak diminati para peneliti sebagai kompatibelizer termoplastik dengan material lainnya seperti PET dengan polipropilena. Kompatibiliser pada intinya molekul atau polimer yang mempunyai gugus fungsional atau memiliki ujung polar/non polar. Struktur kimia kompatibelizer PP-g-MA dapat dilihat pada gambar 2.3.



Gambar 2.3. Struktur kimia kompatibelizer PP-g-MA^[11]

2.3. Pencampuran Polimer (*Polymer Blend*)

Pencampuran polimer merupakan salah satu cara yang efektif untuk mengembangkan material baru dengan sifat baru. Kemampuan untuk menggabungkan polimer yang ada dalam komposisi baru dengan sifat novel ditingkatkan menawarkan keuntungan yaitu pengurangan dana penelitian dan beban pembangunan dibandingkan dengan pengembangan dari

polimer monomer baru. Oleh karena itu, perhatian besar telah dikeluarkan untuk menyelidiki campuran polimer (*polymer blend*).^[2]

Polymer blend diklasifikasikan sebagai *miscible* atau *immiscible* tergantung pada struktur dari komponen polimer tunggal. Proses pencampuran polimer biasanya dilakukan dengan pencampuran dalam kondisi meleleh. Morfologi campuran *immiscible* dapat diubah dengan menambahkan kompatibilisasi. Kopolimer jenis blok atau cangkok dengan segmen tertentu mampu berinteraksi dengan komponen campuran yang ditambahkan. Kopolimer ini didesain sedemikian rupa sehingga mampu bercampur antar dua muka dari campuran komponen sehingga dua komponen dasarnya dapat terikat. Efek utama modifikasi antar muka adalah untuk mengurangi ukuran partikel dan untuk memperkecil ukuran distribusi partikel. Penurunan ukuran partikel dapat menurunkan tegangan antar muka dan koalesensi berkurang.^[15]

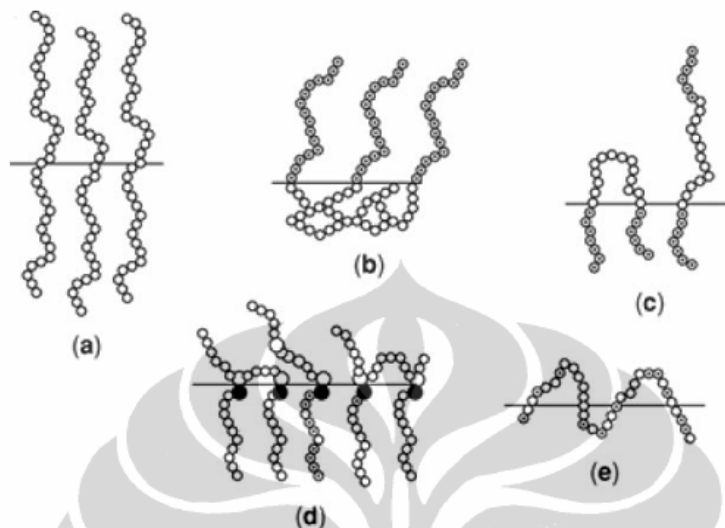
2.4 Kompatibilisasi Campuran Polimer *Immiscible*

Campuran polimer *immiscible* menunjukkan morfologi fasa yang tidak stabil dan sifat mekanik yang rendah karena daya adhesi yang lemah pada permukaannya. Untuk menghasilkan campuran polimer dengan sifat-sifat yang baik maka diperlukan bahan kompatibilisasi^[2] agar dua komponen yang dicampurkan menghasilkan menyatu secara sempurna. Ada 2 metode umum yang digunakan untuk mengkompatibilisasi polimer *immiscible* yaitu :

1. Kompatibilisasi non reaktif (penggabungan blok yang sesuai atau pencangkokan kopolimer)
2. Kompatibilisasi reaktif

Biasanya rantai dari sebuah kopolimer blok atau cangkok (*graft*) memiliki struktur *blocky* (gumpal), dimana satu sisi blok bercampur dengan satu komponen campurannya dan sisi blok kedua bergabung dengan campuran komponen lainnya. Struktur gumpal ini dapat dibuat dan ditambahkan ke dalam campuran polimer *immiscible*, tetapi mereka dapat juga dihasilkan secara *in-situ* selama proses pencampuran. Kopolimer ini akan mempunyai kecenderungan berikatan pada antar muka antara kedua polimer.^[8] Konformasi dari perbedaan kopolimer

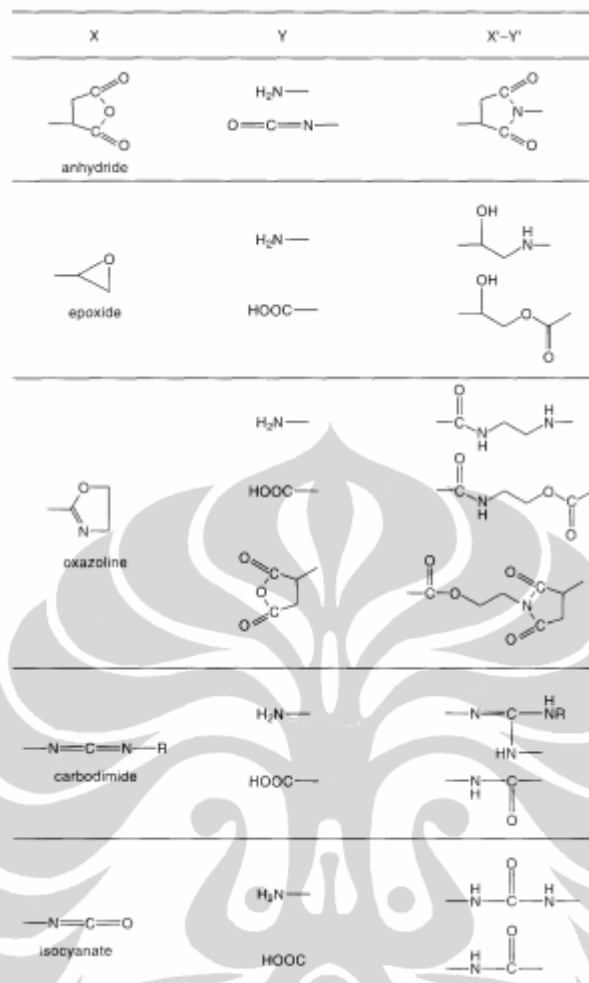
blok, cangkok atau acak pada antar mukanya digambarkan secara skematis pada gambar 2.4.



Gambar 2.4 Kemungkinan lokasi kopolimer A-B pada reaksi polimer A dan B. Skema rantai penghubung pada antar muka; (a) *diblock copolymers*, (b) *end-grafted chains*, (c) *triblock copolymers*, (d) *multiply grafted chain*, (e) *random copolymer*.^[16]

Kompatibilisasi reaktif adalah proses yang memungkinkan menghasilkan kopolimer cangkok atau blok yang bertindak sebagai *compatibilizer* secara *in situ* selama pencampuran leleh. Kompatibilisasi reaktif mempunyai beberapa tipe. Tipe pertama yaitu jika kedua polimer yang dicampur mengandung gugus reaktif maka reaksi mereka adalah lurus ke depan. Tipe kedua, memasukan suatu polimer reaktif dalam satu komponen campuran *miscible* dan reaktif terhadap gugus-gugus fungsional yang melekat pada campuran kedua komponen. Kopolimer cangkok atau blok dengan demikian terbentuk secara *in situ* pada antar mukanya.^[16]

Salah satu metode utama kompatibilisasi reaktif adalah pemanfaatan polimer cangkok maleat anhidrida (MA). Gugus anhidrida dapat bereaksi dengan gugus ujung amina pada poliamida (PA) dan gugus ujung hidroksil pada polyester. Gugus reaktif lain seperti karboksil, *oxazoline*, isosianat dan epoksi juga bertindak sebagai penyangkok (*graft*) untuk mengkompatibilisasi campuran polimer *immiscible*. Gambar 2.5 daftar beberapa gugus aktif yang terlibat dalam proses kompatibilisasi reaktif.



Gambar 2.5 Gugus aktif yang terlibat dalam proses *blending* reaktif^[17, 18].

2.5 Komposit Mikrofibril

Berdasarkan ukuran komponen penguat, komposit polimer dapat dibagi menjadi dua kelompok besar yaitu :

- Makro-komposit (contohnya penguat *fiber glass*);
- Molekul komposit (dengan satu entitas makromolekul seperti batang, contohnya *liquid crystalline polymer* : LCP).

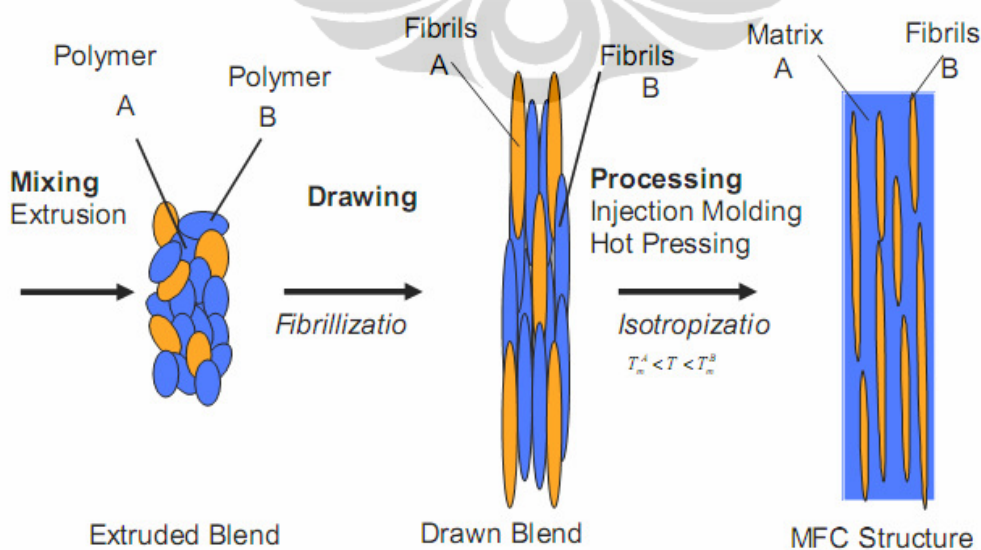
Molekul termoplastik umumnya mengalami relaksasi selama proses pelelehan. Oleh karena itu, orientasi molekul yang baik sulit didapatkan. Untuk mengatasi masalah ini, Fakirov dan Evstatiev memperkenalkan konsep baru untuk mengembangkan pembentukan komposit penguat benang secara *in situ* dari campuran polimer. Komposit ini dinamakan dengan komposit berpenguat mikrofibril (*microfibrillar reinforced composites* : MFC). Berbeda dengan

komposit makro-klasik (misalnya, makro-komposit diperkuat *fiber glass*), komposit polimer jenis ini diperkuat dengan benang polimer atau lebih sering diperkuat oleh serat dari *bundle* mereka. Pasangan polimer yang dapat dibuat komposit berpenguat mikrofibril (MFC) harus memenuhi persyaratan berikut^[2] :

- Terdiri dari dua (atau bahkan lebih) polimer saling *immiscible*.
- Perbedaan antara temperatur leleh kedua polimer harus minimal 30°K.
- Pasangan polimer harus menunjukkan *drawability* yang baik.

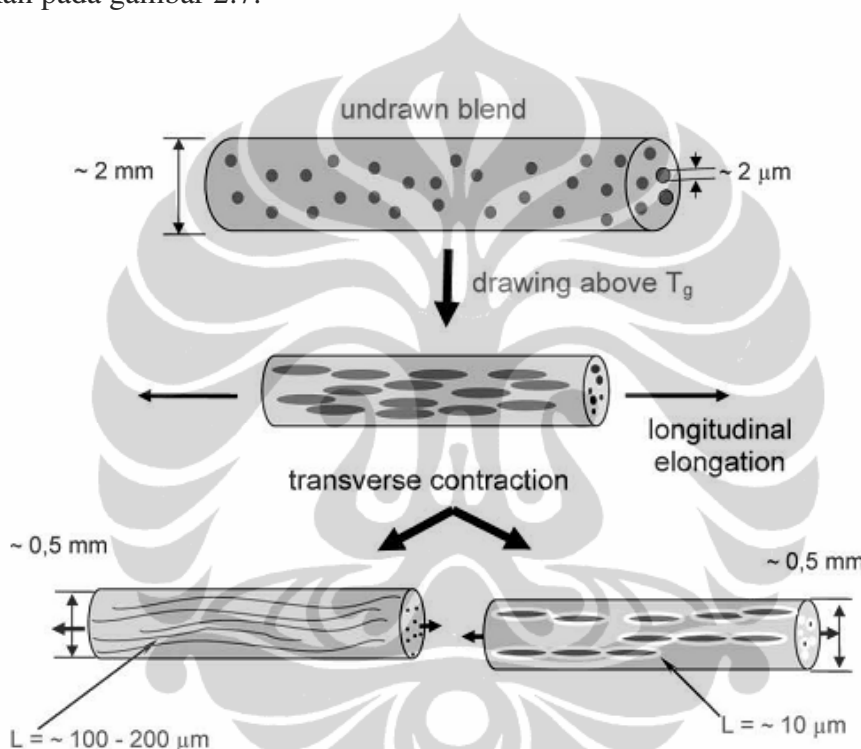
Pembuatan komposit berpenguat mikrofibril (MFC) mencakup tiga langkah dasar seperti ditunjukkan pada Gambar 2.6 yaitu :

- *Mixing and Extrusion*, yaitu proses ekstrusi campuran secara meleleh dari polimer *immiscible* yang mempunyai perbedaan temperature leleh (T_m) yang menghasilkan campuran filamen isotropik dan kontinu.
- *Drawing and Fibrillation* : penarikan dalam kondisi dingin untuk mendapatkan orientasi dari kedua fase. Langkah ini menghasilkan orientasi mikrofibril yang tinggi sepanjang arah aksial atau sumbu simetri.
- *Post-processing* : perlakuan termal pada temperatur antara kedua temperatur leleh (T_m) dari kedua polimer untuk menjamin pembentukan matrik isotropik, sementara masih mempertahankan orientasi fibril yang tinggi.



Gambar 2.6 Prinsip Dasar Pembentukan Komposit Mikrofibril (MFC)^[2]

Selama langkah penarikan dan pembentukan benang, kedua polimer dikonversi menjadi keadaan yang terorientasi tinggi. Dengan kemajuan proses penarikan dingin, polimer yang awalnya membentuk partikel berbentuk bola diubah menjadi bentuk *ellipsoid*. Proses selanjutnya bentuk *ellipsoid* ini menjadi lebih tipis dan akhirnya berubah menjadi silinder bulu. Mekanisme kualitatif pembentukan benang (*fibril*) selama proses penarikan dingin dalam campuran *immiscible* dijelaskan pada gambar 2.7.



Gambar 2.7 Skema mekanisme pembentukan microfibril dalam campuran polimer selama proses penarikan dingin, dari transformasi partikel bola ke microfibril.^[2]

Dibandingkan dengan komposit polimer konvensional, komposit microfibril memiliki banyak kelebihan antara lain^[19] :

- Penguat microfibril polimer dibentuk secara *in-situ*.
- Kemudahan pemrosesan.
- Berat yang lebih ringan dibandingkan dengan komposit berpenguat serat gelas.
- Dapat diproses secara berulang dan didaur ulang.

2.6 Filler dalam Plastik

Filler adalah bahan yang ditambahkan ke polimer matriks untuk memperbaiki sifat mekanik yang lemah. Umumnya, bahan yang meningkatkan sifat mekanik dari komposit disebut sebagai bahan penguat. Filler biasanya bahan berserat di alam atau sintetik. Pengaruh dari sifat mekanik adanya penambahan filler dilihat dari parameter seperti modulus Young, kekuatan tarik, dan ketangguhan. Dalam sistem polimer, bahan pengisi tidak hanya mengurangi biaya bahan, tetapi juga meningkatkan sifat mekanik dan dinamis dari kompon.

2.6.1 Pengaruh Kompatibilisasi Terhadap Filler

Filler anorganik sering digunakan dalam polimer dan campuran polimer yang memberikan keuntungan meliputi penghematan biaya, dan meningkatkan sifat mekanik dan termal. Studi terbaru menunjukkan bahwa filler bahkan dapat mengubah stabilitas fasa dan morfologi campuran polimer. Filler berdimensi nanometer seperti silika, kalsium karbonat dan silikat berlapis-lapis, saat ini sedang banyak dipelajari dan telah ditemukan efek kompatibilisasinya dengan campuran polimer *immiscible*. Meskipun mekanisme kompatibilisasi masih belum sangat jelas, akan tetapi filler nano dapat mempengaruhi morfologi dari campuran polimer.^[20]

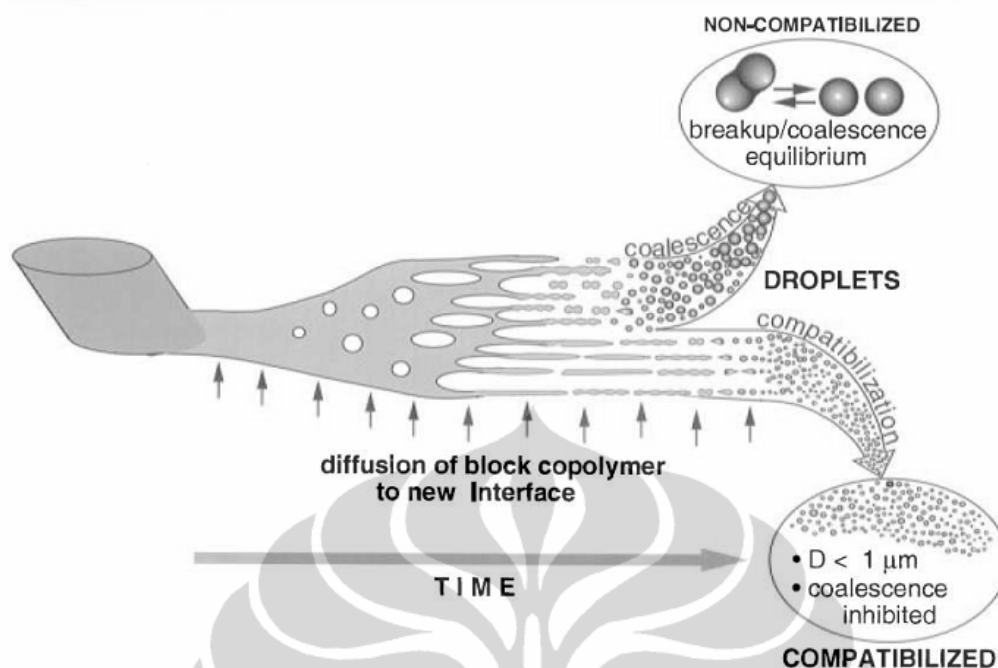
Pada tahun belakangan ini strategi kompatibilisasi baru pada campuran polimer telah banyak dilakukan oleh para peneliti yaitu dengan menambahkan filler anorganik berupa nano filler.^[9] Lipatov telah menunjukkan bahwa penambahan sebuah filler padatan anorganik (seperti silika) dalam campuran polimer biner dapat meningkatkan kompatibilitas antara kedua polimer. Dia berargumen bahwa energi bebas total dalam sistem campuran juga harus menyertakan parameter interaksi antara polimer dan permukaan filler anorganik. Lalu, bergantung juga pada kekuatan interaksi dan adsorpsi dari dua komponen. Perubahan energi bebas sistem campuran bergantung pada tiga

komponen, yaitu filler anorganik S dan polimer A dan B, yang dapat digambarkan dalam persamaan sebagai berikut ^[21] :

$$\Delta G_{\text{mix}} = \Delta G_{\text{AS}} + \Delta G_{\text{BS}} - \Delta G_{\text{AB}} \quad (2.1)$$

Dimana ΔG_{AB} adalah energi bebas pencampuran dua polimer yang berbeda dan ΔG_{AS} dan ΔG_{BS} adalah energi bebas hasil interaksi dari dua komponen dengan permukaan filler anorganik. Sistem dikatakan stabil secara termodinamika jika $\Delta G_{\text{mix}} < 0$, yang terutama tergantung pada interaksi dari komponen polimer dengan permukaan padatan partikel anorganik. Jika kedua polimer diserap (*absorb*) kuat pada permukaan filler maka ΔG_{mix} menjadi negatif.

Namun, peneliti lain menawarkan penjelasan yang berbeda untuk efek kompatibilisasi nano filler. Dalam pencampuran polimer, nano filler diketahui berada dalam satu fase atau pada antar mukanya. Beberapa peneliti berpendapat bahwa nano filler yang berada pada antar muka dapat menstabilkan morfologi campuran dengan mengurangi tegangan antar muka. Jika nano filler yang terletak pada salah satu fasa (biasanya dalam matriks) maka rasio viskositas antara matriks dan fasa terdispersi berubah, yang dapat secara signifikan mempengaruhi morfologi fasa. Di sisi lain, nano filler (terutama *nanoclay platelet* yang memiliki rasio aspek besar) dalam matriks dapat mencegah koalesensi dari *droplet* yang tersebar, sehingga menghasilkan fasa morfologi yang lebih halus.^[9]



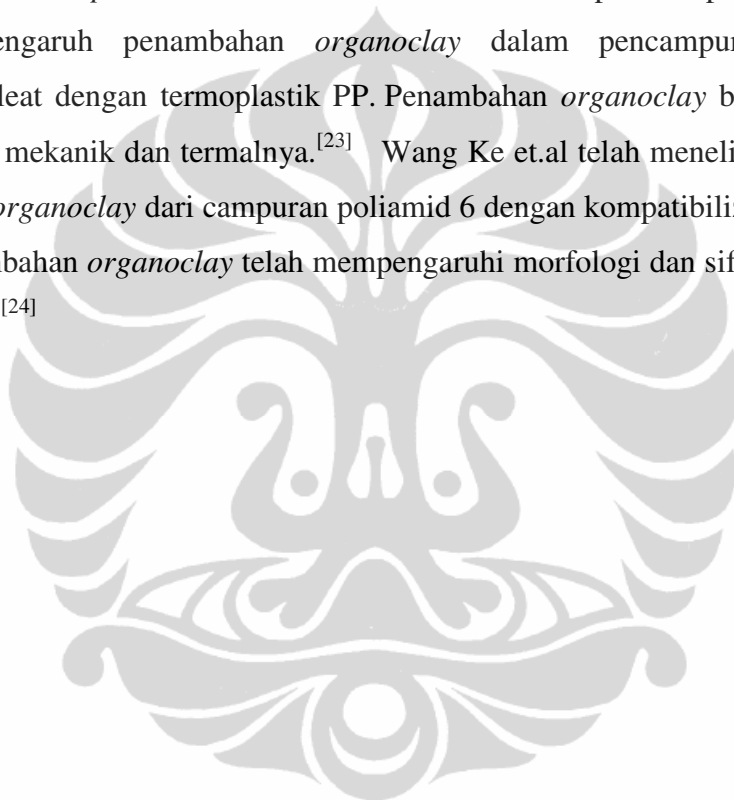
Gambar 2.8 Skema perkembangan morfologi dalam campuran dengan dan tanpa kompatibilizer.^[18]

Hong melaporkan bahwa dalam pencampuran polibutilena tereflalat (PBT) / polietilena (PE), *nanoclay* sebagian besar tersebar berada di fasa PBT pada konsentrasi *clay* yang tinggi. Oleh karena itu deformabilitas dari droplet PBT diisi oleh *organoclay* berkurang secara signifikan. Kemungkinan dari pecahnya *droplet* dapat menghambat efek *organoclay* dalam mereduksi ukuran PBT. Jadi, peningkatan ukuran butiran rata-rata PBT diamati pada penambahan *nanoclay* yang tinggi.^[9]

Beberapa peneliti telah melaporkan, baik hasil eksperimen maupun prediksi teori bahwa penambahan filler berskala nano mempengaruhi perilaku fasa dinamis dan morfologi dari campuran. Dari pengamatan eksperimental bahwa penggabungan beberapa persen dari *nanofiller* selama proses pelelehan dari komponen menyebabkan penurunan secara signifikan ukuran fasa terdispersi. Penambahan filler *carbon black*, *organoclay* dan silika telah digunakan dalam studi ini. Namun, mekanisme dimana filler dapat menstabilkan terhadap koalesensi belum sepenuhnya dijelaskan secara detail. Sebagian besar penulis menyimpulkan bahwa filler bertindak sebagai penghalang fisik akibat

akumulasi mereka di antar muka, yang mencegah koalesensi dari fasa terdispersi.^[22]

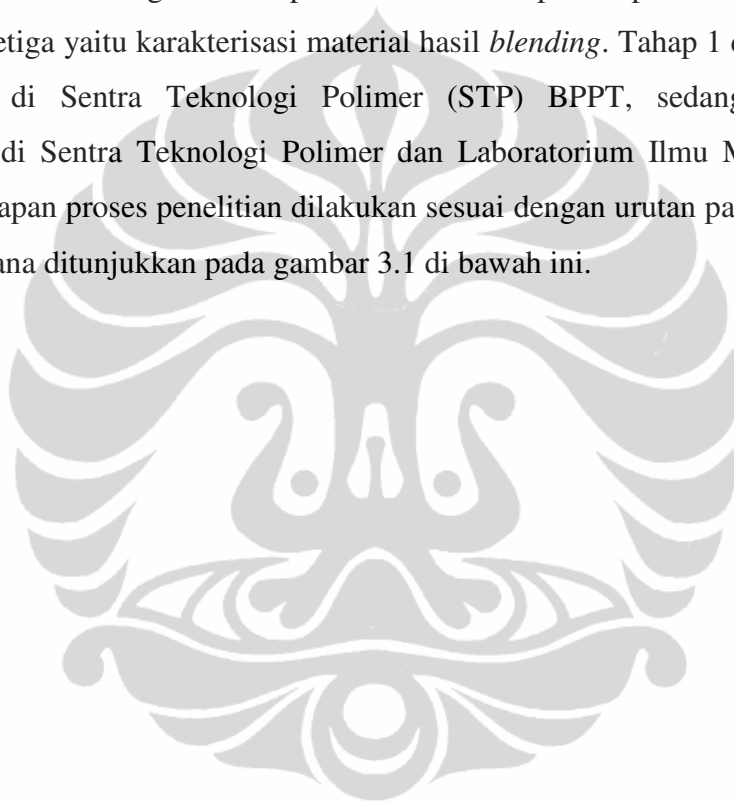
Banyak peneliti yang telah menyelidiki pengaruh kompatibilisasi dari filler nano pada campuran polimer *immiscible*. Li Wenjing telah membuat komposit mikrofibril PET/PP/PP-g-MA dengan mencampurkan filler TiO₂ dengan ukuran nano.^[6,7,9] Penambahan filler nano TiO₂ dapat menurunkan ukuran *droplet* PET dan nano partikel ini juga bertindak sebagai penghalang fisik mencegah koalesensi dari *droplet* PET.^[9] Austin J.R telah melaporkan penelitiannya mengenai pengaruh penambahan *organoclay* dalam pencampuran antara elastomer maleat dengan termoplastik PP. Penambahan *organoclay* berpengaruh terhadap sifat mekanik dan termalnya.^[23] Wang Ke et.al telah meneliti dari efek penambahan *organoclay* dari campuran poliamid 6 dengan kompatibilizer EPDM-g-MA. Penambahan *organoclay* telah mempengaruhi morfologi dan sifat mekanik campurannya.^[24]

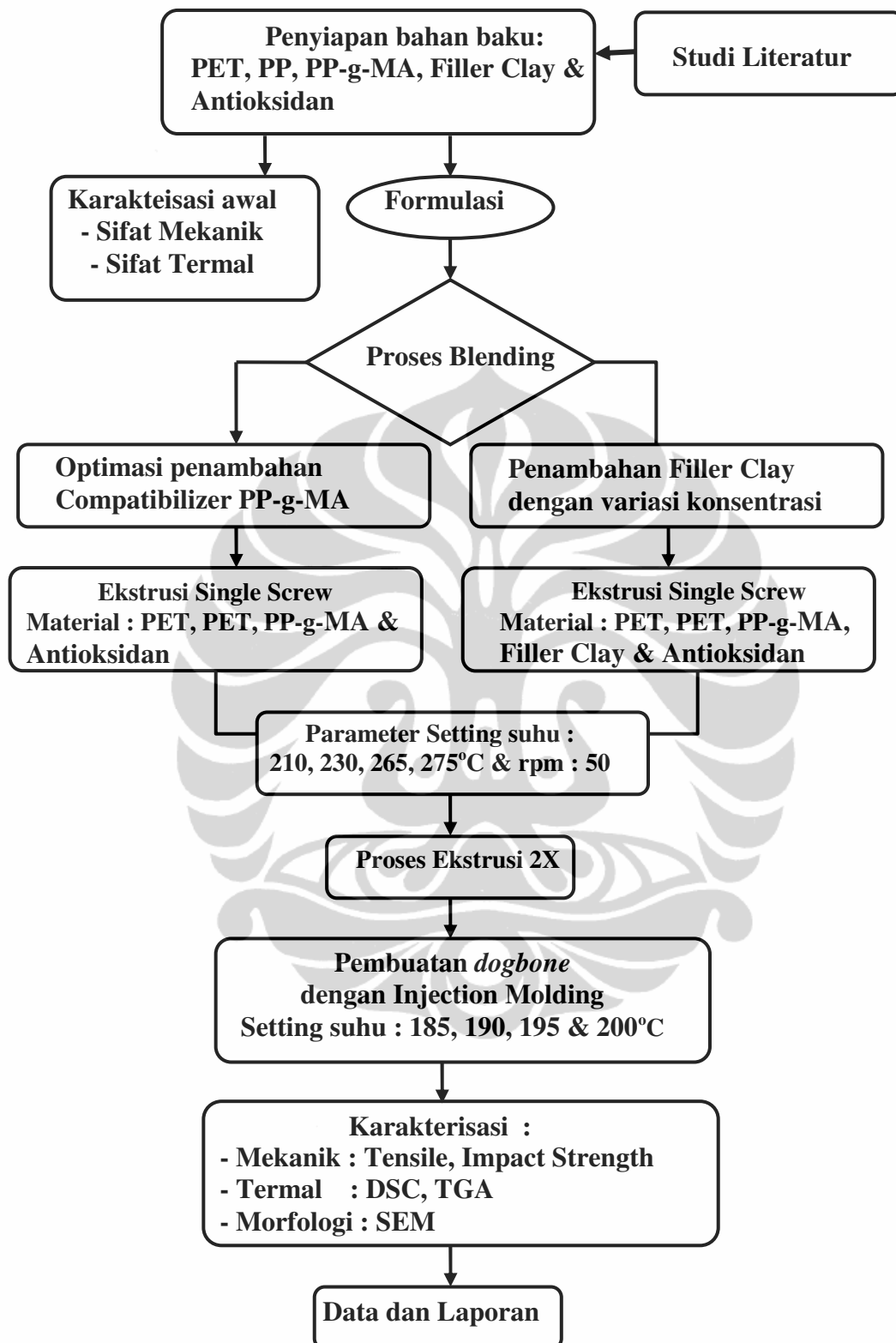


BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Tahapan Proses Penelitian

Penelitian ini dilakukan dalam skala laboratorium, secara garis besar terdiri dari tiga tahap, yaitu tahap pertama pembuatan blending PET/PP/PP-g-MA dengan memvariasikan konsentrasi PP-g-MA. Tahap kedua adalah penambahan filler *clay* dalam blending PET/PP pada konsentrasi optimal penambahan PP-g-MA. Tahap ketiga yaitu karakterisasi material hasil *blending*. Tahap 1 dan tahap 2 dilaksanakan di Sentra Teknologi Polimer (STP) BPPT, sedang tahap 3 dilaksanakan di Sentra Teknologi Polimer dan Laboratorium Ilmu Material UI Salemba. Tahapan proses penelitian dilakukan sesuai dengan urutan pada diagram alir sebagaimana ditunjukkan pada gambar 3.1 di bawah ini.





Gambar 3.1. Tahapan Proses Penelitian

3.2 Alat dan Bahan

3.2.1 Alat

a. Pembuatan *Blending* PET/PP :



Merek : COLLIN
 Tipe : 30 x 25 D
Single Screw Extruder
 Screw Length : 75 cm
 Diameter : 30 mm (L/D=25)
 Die : *Rod Capillary*
 3 mm

Gambar 3.2. *Single Screw Extruder*

b. Pembuatan Pelet :



Merek : COLLIN
 Tipe : CSG 171/1
 Length of strands : 3 mm
 Diameter of strands : Max 5 mm
 Number of strands : 1-3

Gambar 3.3 Mesin *Pelletizer*

c. Pembuatan Spesimen Uji :



Merek : Battenfeld
 Tipe : BA 400/125 CDC
 Screw Diameter : 30 mm
 Length : 54 cm (L/D=18)

Gambar 3.4 Alat *Injection Molding*

3.2.2 Bahan

Bahan-bahan yang digunakan pada penelitian ini antara lain :

Tabel 3.1. Bahan yang digunakan.

Bahan	Spesifikasi
1. Polipropilen (PP)	Trilene HI35HO, PT. Tri Polyta Indonesia Homopolimer ρ : 0,903 g/cm ³ T_m : 163°C MFR : 35 g/10 min
2. Poli etilen terephthalat (PET)	SKY PET BL-8050 produksi SK Keris IV : 0.80 dl/g T_m : 245°C ρ : 1,40 g/cm ³
3. PP-g-MA	Epolene E43 produksi Eastman T_m : 153 - 162°C Viscosity : 150 – 700 cps pada 190°C
4. Filler clay	type Benton [®] 107 produksi <i>Elements Specialties</i> ρ : 1,7 g/cm ³
5. Antioksidan	Irganox 1010 dan Irgafos 168

3.3 Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian yang dikerjakan yaitu preparasi optimasi penambahan *compatibilizer* PP-g-MA dalam *blending* PET/PP, preparasi penambahan filler clay dalam *blending* PET/PP/PP-g-MA dan preparasi pembuatan spesimen uji.

3.3.1 Prosedur Pembuatan *Blending* PET/PP/PP-g-MA

Pembuatan *blending* PET/PP/PP-g-MA mengacu pada penelitian yang dilakukan Wenjing Li pada jurnal *Journal of Applied Polymer Science*.^[6,7,9] PET sebelum digunakan untuk *blending* dipanaskan terlebih dahulu pada suhu 100°C selama 12 jam untuk menghindari degradasi hidrolitik selama proses ekstrusi. Sampel *compatibilizer* PP-g-MA sebelum digunakan juga dipanaskan pada suhu 80°C selama 12 jam. Setelah itu, material PET, PP, PP-g-MA dan antioksidan dicampurkan dengan mengaduk selama 5 menit. Komposisi masing-masing komponen *blending* dapat dilihat pada tabel 3.2.

Tabel 3.2. Komposisi pembuatan *blending* PET/PP dengan *compatibilizer* PP-g-MA.

No	Formula	Komposisi (rasio % berat)			
		PET	PP	PP-g-MA	Filler clay
1	PP Murni	0	100	0	0
2	PET/PP/C1	25	74	1	0
3	PET/PP/C3	25	72	3	0
4	PET/PP/C5	25	70	5	0
5	PET/PP/C7	25	68	7	0
6	PET/PP/C10	25	65	10	0
7	PET/PP/C15	25	60	15	0

Hasil ramuan kompon kemudian dimasukan dalam alat ekstrusi *single screw* dengan *setting* parameter suhu 210°C, 230°C, 265°C, 270°C dan 275°C dengan putaran 50 rpm. Proses pencampuran material dalam alat ekstrusi dilakukan selama 2 kali. Sampel kompon kemudian dibuat pelet dengan bantuan alat *pelletizer*. Pelet hasil *blending* dengan alat ekstrusi kemudian dikeringkan dalam oven pada suhu 75°C selama 12 jam.

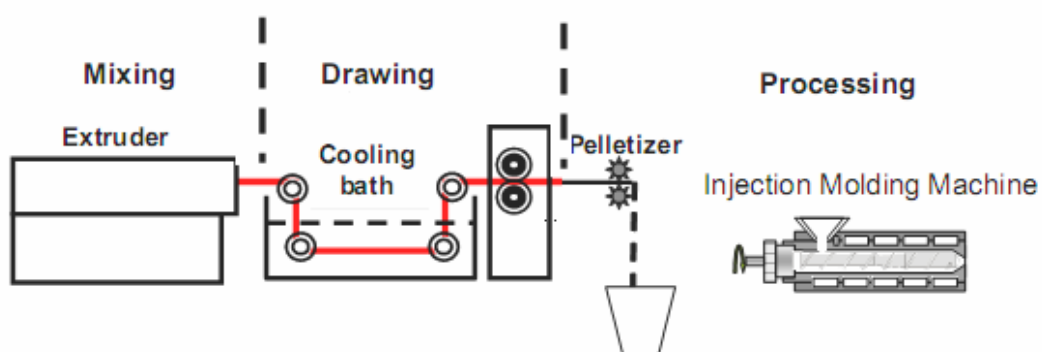
3.3.2 Prosedur Pembuatan *Blending* PET/PP/PP-g-MA/Filler Clay

Sebelum dilakukan proses *blending* dengan alat *single screw*, material PET dipanaskan terlebih dahulu pada 100°C selama 12 jam. Material *compatibilizer* PP-g-MA dipanaskan pada suhu 80°C selama 12 jam. Setelah itu, material PET, PP, PP-g-MA, filler *clay* dan antioksidan dicampurkan dengan mengaduk selama 5 menit. Komposisi masing-masing komponen *blending* pada tahap ini dapat dilihat pada tabel 3.3.

Tabel 3.3. Komposisi penambahan filler *clay* pada pembuatan *blending* PET/PP/PP-g-MA.

No	Formula	Komposisi (rasio % berat)			
		PET	PP	PP-g-MA	Filler clay
1	PET/PP/OC1	25	67	7	1
2	PET/PP/OC3	25	65	7	3
3	PET/PP/OC5	25	63	7	5
4	PET/PP/OC7	25	61	7	7
5	PET/PP/OC10	25	58	7	10

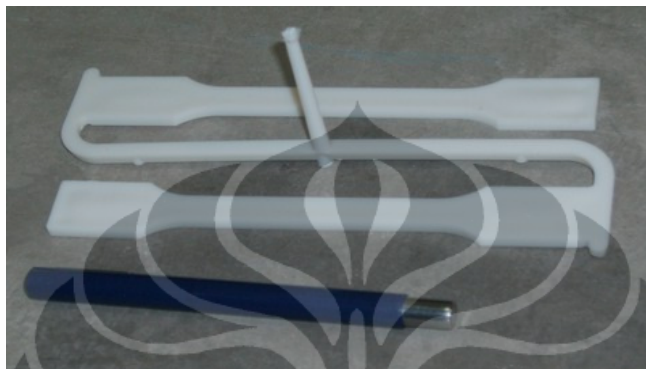
Hasil pencampuran material di atas, kemudian dimasukkan dalam alat ekstrusi dengan *setting* parameter suhu 210°C, 230°C, 265°C, 270°C dan 275°C serta putaran 50 rpm. Proses pencampuran material dalam alat ekstrusi dilakukan selama 2 kali. Sampel kompon kemudian dibuat pelet dengan bantuan alat *pelletizer*. Sampel pelet hasil *blending* dengan alat ekstrusi ini, selanjutnya dikeringkan dalam oven pada suhu 75°C selama 12 jam.



Gambar 3.5. Skema Mesin Pembuatan Blending PET/PP/PP-g-MA/Filler Clay

3.3.3 Proses Pembuatan Spesimen uji *dog bone*

Sampel pelet hasil ekstrusi yang telah dikeringkan, dimasukkan dalam alat *injection molding* (gambar 3.4) dengan *setting* parameter suhu 185°C, 190°C, 195°C dan 200°C. Hasil specimen uji *dogbone* digunakan untuk pengujian mekanik *tensile strength*, *tensile modulus*, *elongasi* dan *impact strength*.



Gambar 3.6 Spesimen uji (*dog bone*) hasil cetakan type ISO 527 dari alat *injection molding*

3.4 Pengujian Material

3.4.1 Pengujian Kekuatan Tarik (*Tensile Strength*)

Pengujian kuat tarik yang dilakukan mengacu pada standar pengujian ISO 527-2. Ukuran spesimen memiliki ketebalan sekitar 4 mm sesuai petunjuk pengujian ISO 527-2 tipe 1A, dimana sampel yang diuji dicetak dalam mesin *injection molding*. Sebelum diuji kuat tarik, sampel uji terlebih dahulu dikondisikan pada temperatur 23°C dengan kelembaban 50 % selama 40 jam.

Pengujian kuat tarik dilakukan pada kondisi temperatur ruang temperatur 24,3°C dan kelembaban relatif 55.5% dengan kecepatan tarik ditetapkan pada 50 mm/menit, nilai kuat tarik tercatat dalam sistem komputer yang dilengkapi grafik^[31]. Alat yang digunakan adalah UTM berkekuatan 10 Newton merek Shimadzu tipe AGS-10kNG (Gambar 3.7).



Gambar 3.7. Alat pengujian kuat tarik *Universal Testing Machine* (UTM)

3.4.2. Pengujian Kekuatan Impak (*Impact Strength*)

Sampel uji dipreparasi dengan menggunakan mesin *injection molding* untuk mendapatkan dimensi yang sesuai untuk pengujian *impact charpy*. Sebelum diuji dilakukan sampel dikondisikan pada temperatur 23°C dengan kelembaban relatif 50 % selama 48 jam. Pengujian dilakukan pada posisi *edgewise* dengan energi pendulum 4 J dengan percepatan impak $2,9 \text{ m/det}^2$. Kondisi ruang pada saat pengujian dilakukan adalah temperatur $24,2^{\circ}\text{C}$ dan kelembaban relatif 54 %. Pengujian dilakukan mengacu pada standar ISO 179.^[32]

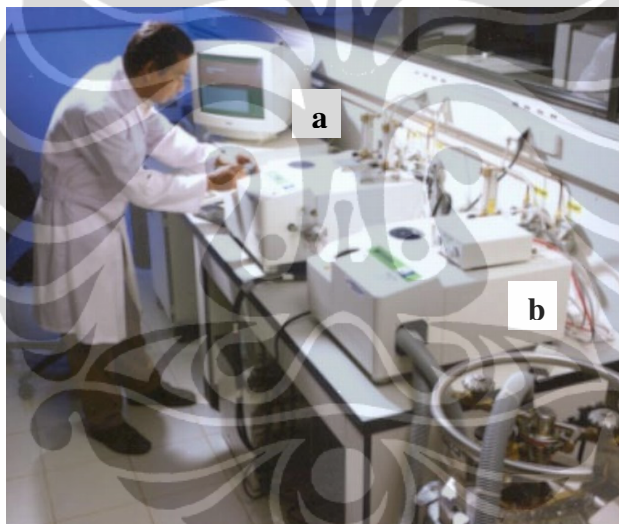


Gambar 3.8. Alat pengujian *Impact Charpy*

Pengujian *impact strength* dilakukan dengan menggunakan alat *Impact Tester* merek CEAST tipe Resil *Impactor Junior* dengan kekuatan sampai 7,5 J (Gambar 3.8).

3.4.3. Pengujian Temperatur Dekomposisi

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui dekomposisi material (dalam kondisi gas nitrogen) menjadi molekul-molekul sederhana (gas). Peralatan yang digunakan adalah TGA (*Thermal Gravimetric Analysis*). Pengujian ini mengacu pada ASTM 1131.^[33] Sampel ditimbang terlebih dahulu, lalu dimasukkan ke dalam sebuah *crucible*. *Crucible* berisi sampel ditempatkan pada *chamber* pengujian dengan program pemanasan dari 50 °C hingga 600 °C dengan kecepatan kenaikan temperatur 15 °C/menit dan kecepatan aliran gas nitrogen 50 ml/menit.



Gambar 3.9. Alat TGA (a) dan DSC (b) untuk uji temperatur dekomposisi dan temperatur leleh.

Pengujian temperatur dekomposisi ini menggunakan peralatan TGA tipe Metler Toledo TGA/SDTA 851^e dilengkapi *micro balance* dengan kemampuan pengukuran 25 °C s/d 1000 °C (Gambar 3.9).

3.4.4. Pengujian Temperatur Leleh (*Melting Point*)

Pengujian dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui titik leleh sebelum dan sesudah *blending* dengan variasi konsentrasi PP-g-MA dan penambahan filler *clay*. Pengujian ini dilakukan mengacu pada ASTM D3418–03 menggunakan alat

DSC (*Differential Scanning Calorimetric*).^[34] Sampel ditimbang sekitar 10 - 20 mg kemudian dimasukkan dalam *crucible*. *Crucible* berisi sampel ditempatkan pada *chamber* pengujian. Pengukuran dilakukan dengan tahapan: Pemanasan pertama pada rentang temperatur 30 – 200 °C dengan kecepatan pemanasan 20°C/menit dengan aliran gas N₂ sebesar 50 mL/menit. Kemudian pendinginan pada rentang temperatur 200 – 30 °C dengan kecepatan pendinginan 20°C/menit dengan aliran gas N₂ sebesar 50 mL/menit. Pemanasan kedua pada rentang temperatur 30 – 270 °C dengan kecepatan pemanasan 10°C/menit dengan aliran gas N₂ sebesar 50 mL/menit. Pengujian menggunakan alat DSC tipe Mettler Toledo DSC 821^e dengan kemampuan sel pengukur pada -150°C s/d 450°C (Gambar 3.9).

3.4.5. Analisis Morfologi menggunakan SEM (*Scanning Electron Microscope*)

Sampel uji yang diamati menggunakan SEM ada 2 jenis yaitu sampel hasil patahan dari uji kekuatan tarik (UTM) dan pengamatan sampel bentuk specimen *dogbone*. Sampel uji sebelumnya dipotong kecil dengan ukuran 0,5 cm x 0,5 cm. Sampel kemudian dietsa dengan pelarut xylene panas pada suhu 120 °C selama 10 jam. Selanjutnya sampel dilapisi dengan logam emas (Au) selama 100 detik. Analisa morfologi menggunakan alat SEM tipe Phillips XL-30.



Gambar 3.10. Alat SEM Phillips XL-30

BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Optimasi Pembuatan Blending PET/PP/PP-g-MA

Percampuran Polimer PET dan PP merupakan jenis pencampuran polimer *immiscible* (tidak saling bercampur). PET mempunyai sifat polar sedang PP bersifat non polar. Agar percampuran kedua polimer ini bersatu dibutuhkan kompatibilizer yang dapat menghubungkan polimer polar dan non polar. Pada penelitian ini digunakan kompatibilizer jenis PP-g-MA.

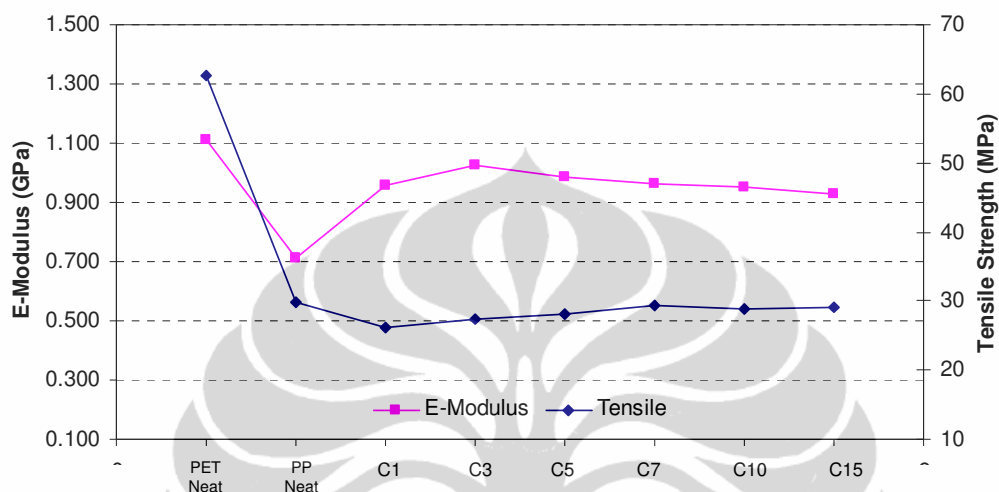
Untuk mendapatkan keefektifan penambahan kompatibilizer PP-g-MA dalam pencampuran PET/PP dilakukan optimasi terlebih dahulu dengan memvariasi penambahan konsentrasi kompatibilizer. Konsentrasi yang digunakan adalah 1, 3, 5, 7, 10 dan 15 (rasio % berat). Hasil penambahan kompatibilizer yang optimal ini digunakan sebagai dasar penelitian lebih lanjut yaitu untuk melihat pengaruh penambahan filler *clay* pada *blending* PET/PP/PP-g-MA. Data hasil optimasi pembuatan *blending* PET/PP/PP-g-MA dapat dilihat pada tabel 4.1 di bawah ini.

Tabel 4.1 Data sifat mekanik optimasi penambahan kompatibilizer PP-g-MA

Nama Sampel	Tensile (MPa)	E-Modulus (GPa)	Elongasi (%)	Impact (kJ/m ²)
PET Murni	62.71	1.112	34.03	116.88
PP Murni	29.79	0.710	140.70	79.13
PET/PP/C1	26.19	0.955	6.11	19.27
PET/PP/C3	27.37	1.025	4.30	15.99
PET/PP/C5	28.15	0.984	5.54	15.16
PET/PP/C7	29.25	0.961	6.41	18.70
PET/PP/C10	28.82	0.954	5.87	22.60
PET/PP/C15	29.10	0.930	6.87	17.68

Dari data di atas terlihat PET mempunyai sifat mekanik yang jauh lebih unggul bila dibandingkan dengan polimer PP. Sehingga PET sangat memungkinkan digunakan sebagai penguat dalam pencampuran PET/PP.

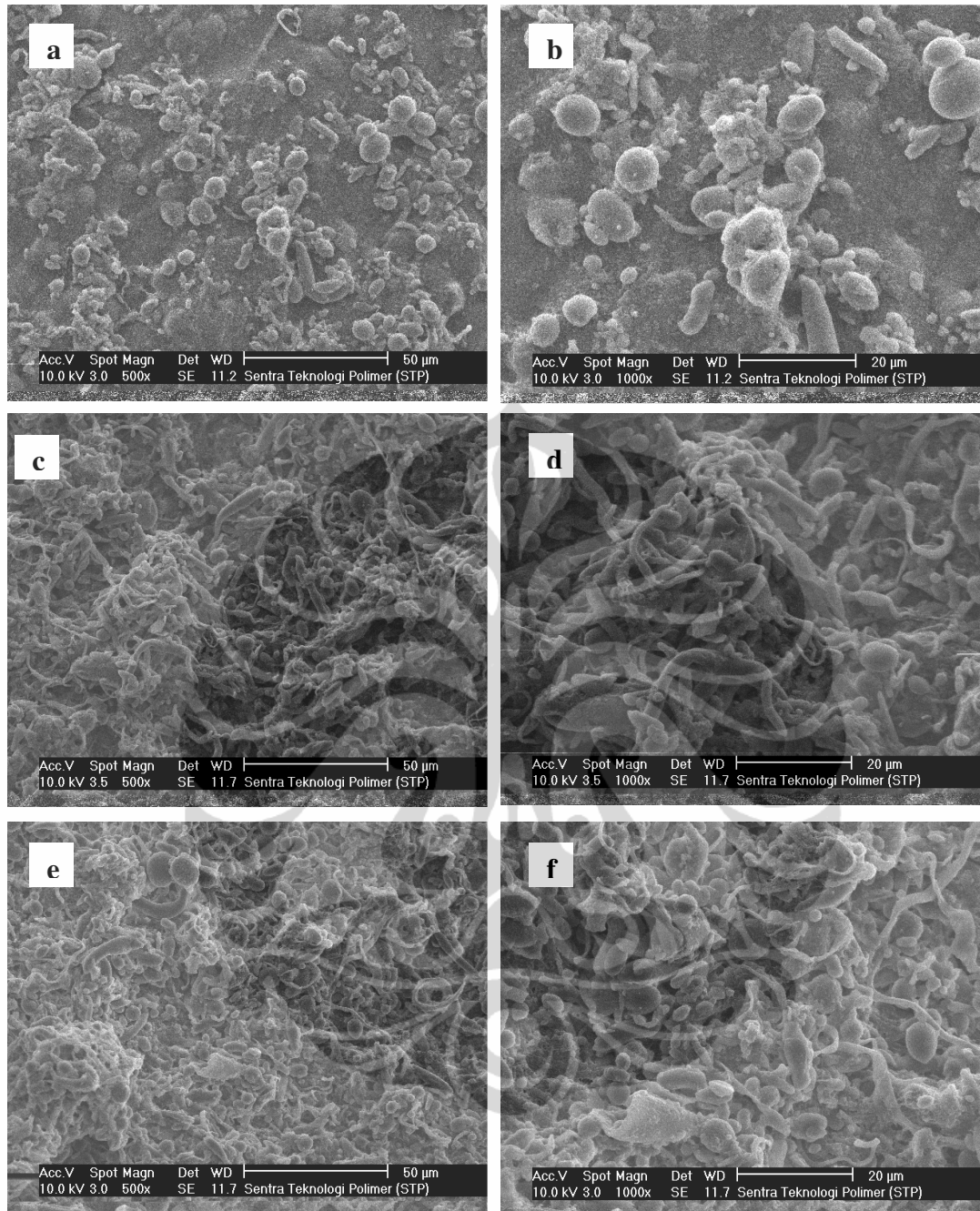
Di lihat dari sifat mekanik kekuatan tarik dan modulus pada pencampuran PET/PP didapatkan data bahwa semakin besar konsentrasi penambahan kompatibelizer PP-g-MA menyebabkan kekuatan tarik bertambah besar dan modulus mengalami penurunan (lihat gambar 4.1)



Gambar 4.1. Grafik *E-Modulus* dan *Tensile Strength* pencampuran PET/PP/PP-g-MA

Kekuatan tarik (*tensile strength*) terbesar pada penambahan kompatibelizer ini dicapai pada sampel PET/PP/C7 yaitu penambahan PP-g-MA sebesar 7 rasio % berat. Pada konsentrasi 7 % (berat) inilah yang digunakan untuk penelitian lebih lanjut, yakni untuk melihat seberapa besar pengaruh penambahan filler *clay* pada pencampuran PET/PP/PP-g-MA.

Data di atas bila dibandingkan dengan dengan kekuatan tarik dan modulus dari PP murni dan PET murni masih berada di bawahnya. Secara teori seharusnya penambahan PET dapat menambah kekuatan mekanik, akan tetapi dalam penelitian ini justru mengalami penurunan sifat mekanik. Hal ini dapat dijelaskan pada analisa morfologi SEM pada campuran PET/PP (gambar 4.2).



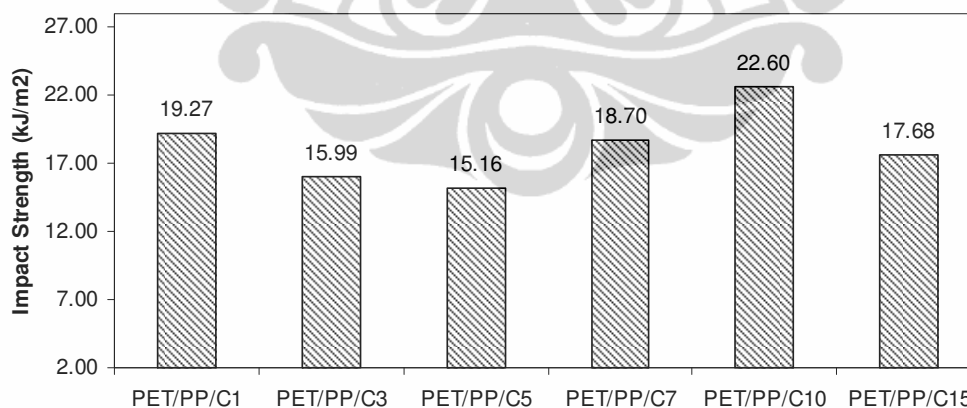
Gambar 4.2. Foto SEM sampel *blending* PET/PP penambahan *compatibilizer* PP-g-MA pada spesimen uji *dogbone* setelah dietsa dengan xylene panas dengan perbesaran 500 x dan 1000 x : (a)&(b) Sampel PET/PP/C1, (c) &(d) sampel PET/PP/C7, (e)&(f) sampel PET/PP/C15.

Dari gambar 4.2 terlihat bahwa struktur mikro PET dalam campuran PET/PP/PP-g-MA tidak banyak terbentuk *fiber* seperti yang diharapkan tetapi berbentuk *droplet* (bulatan-bulatan kecil) PET. Akibatnya sifat mekanik campuran PET/PP/PP-g-MA secara umum menurun bila dibandingkan dengan PP murni.

Tidak terbentuknya *fiber* dalam pencampuran ini dimungkinkan karena selama proses ekstrusi kurang mengalami penarikan sehingga orientasi polimer PET dari *droplet* menjadi benang tidak terjadi.

Sifat mekanik *tensile strength* pada sampel PET/PP/C7 paling tinggi dibandingkan dengan sampel lainnya. Fenomena ini diterangkan dari gambar SEM di atas bahwa pada sampel PET/PP/C7 terbentuk *fiber* yang relatif banyak sehingga fiber ini sebagai penguat pada *blending* yang mengakibatkan sifat mekanik kuat tariknya menjadi besar. Pada sampel PET/PP/C1 memiliki sifat mekanik kuat tarik paling kecil karena secara morfologi benang PET yang terbentuk lebih sedikit dan cenderung membentuk butiran-butiran bulat (*droplet*) sehingga menyebabkan sifat mekaniknya menjadi turun. Pada sampel PET/PP/C15 terlihat PET yang membentuk fiber relatif banyak seperti pada sampel PET/PP/C7 sehingga sifat mekanik kuat tariknya hampir mempunyai nilai yang sama.

Turunnya E-modulus dengan bertambahnya kompatibilizer ini karena PP-g-MA mempunyai berat molekul yang lebih rendah dan E-modulusnya juga kecil. Sehingga E-modulus campurannya akan memiliki kecenderungan turun dengan bertambahnya kompatibilizer PP-g-MA.

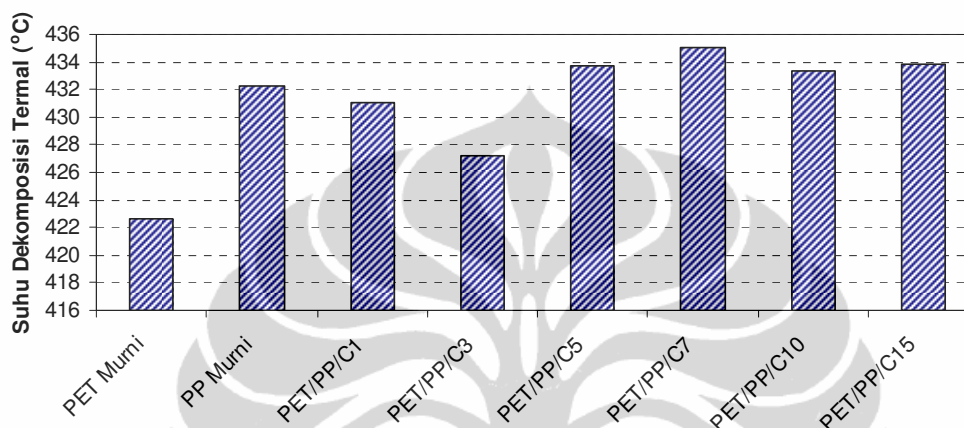


Gambar 4.3. Grafik Kekuatan Impak pada pencampuran PET/PP/PP-g-MA

Kekuatan impak pada pencampuran PET/PP/PP-g-MA dapat dilihat pada gambar 4.3. yang menunjukkan tidak ada *trend* (kecenderungan) yang jelas dengan

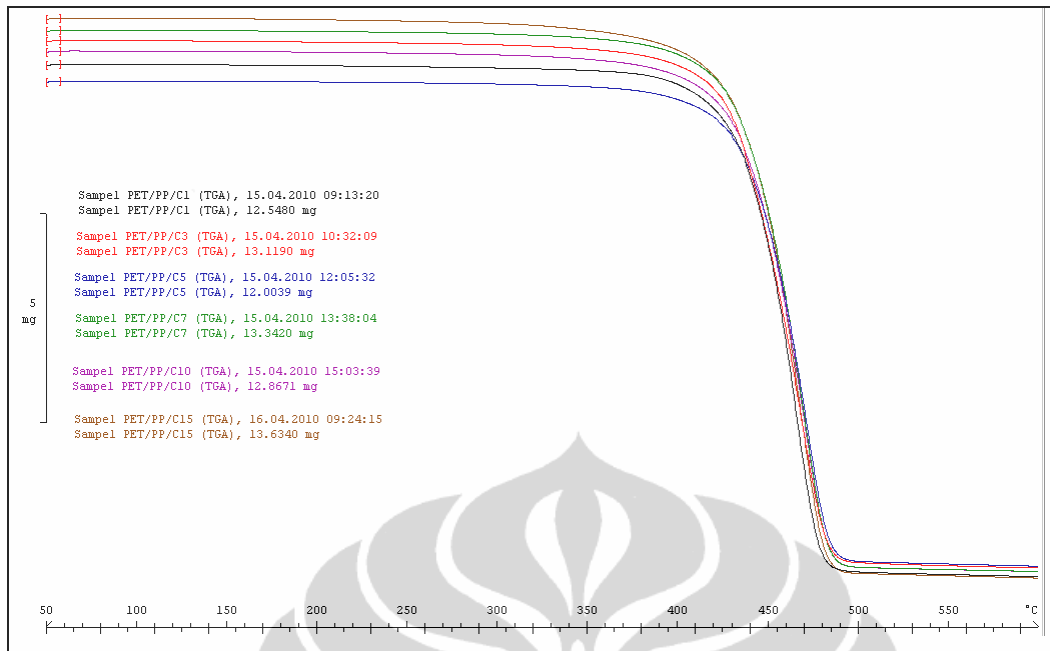
bertambahnya kompatibilizer. Kekuatan impact terbesar terjadi pada sampel PET/PP/C10 dan terendah pada sampel PET/PP/C5.

Untuk melihat kestabilan termal pada pencampuran PET/PP/PP-g-MA dilakukan pengujian menggunakan alat TGA. Dalam gambar 4.4 terlihat kestabilan termal dari beberapa formula pencampuran PET/PP/PP-g-MA.



Gambar 4.4. Grafik Uji Kestabilan Termal pada pencampuran PET/PP/PP-g-MA

Dari gambar di atas terlihat PET murni memiliki suhu dekomposisi yang paling rendah. Hal ini karena PET mempunyai sifat higroskopis sehingga adanya air dalam polimer PET menyebabkan reaksi hidrolisa yang menyebabkan kestabilan termal PET menjadi rendah. Kestabilan termal terbesar pada sampel di atas dicapai pada formula PET/PP/C7. Kestabilan termal secara umum dengan bertambahnya kompatibilizer PP-g-MA berpengaruh sedikit. Hal ini karena PP-g-MA merupakan polimer dengan berat molekul yang rendah sehingga penambahannya tidak begitu signifikan. Akan tetapi di sisi lain adanya kompatibilizer ini membuat campuran polimer PET/PP menjadi lebih menyatu sehingga memperkuat daya adesi campurannya. Pengaruh inilah yang menyebabkan ada perbedaan sedikit dalam kestabilan termalnya. Termogram kestabilan termal pada pencampuran PET/PP/PP-g-MA dengan alat TGA dapat dilihat pada gambar 4.5.



Gambar 4.5. Termogram TGA pada pencampuran PET/PP/PP-g-MA

4.2 Pengaruh Filler *Clay* dalam *Blending* PET/PP/PP-g-MA

Data optimasi pada penambahan kompatibilizer PP-g-MA yaitu pada formula PET/PP/C7 digunakan untuk melihat efek penambahan filler *clay*.

4.2.2 Karakterisasi Sifat Mekanik

Pengukuran tensile elongasi dan tensile modulus adalah salah satu indikasi terpenting dari kekuatan suatu material dan sifat yang paling banyak ditentukan dari bahan plastik. Uji tensile adalah pengukuran kemampuan material untuk menahan gaya dari tarikan untuk menentukan sejauh mana materi mengalami peregangan sebelum putus. Tensile modulus mengindikasikan kekakuan relatif dari material yang dapat ditentukan dari diagram *stress-strain*. Berbagai jenis bahan plastik sering dibandingkan berdasarkan kekuatan tarik, elongasi, dan data modulus tarik. Pengujian mekanik dalam penelitian ini menggunakan spesimen *dog bone* yang cetak dalam mesin injeksi molding sesuai standar ISO 527-2. Pengujian ini meliputi pengujian kekuatan tarik (*tensile strength*), *tensile* modulus (E modulus), elongasi dan kekuatan impak (*impact strength*).



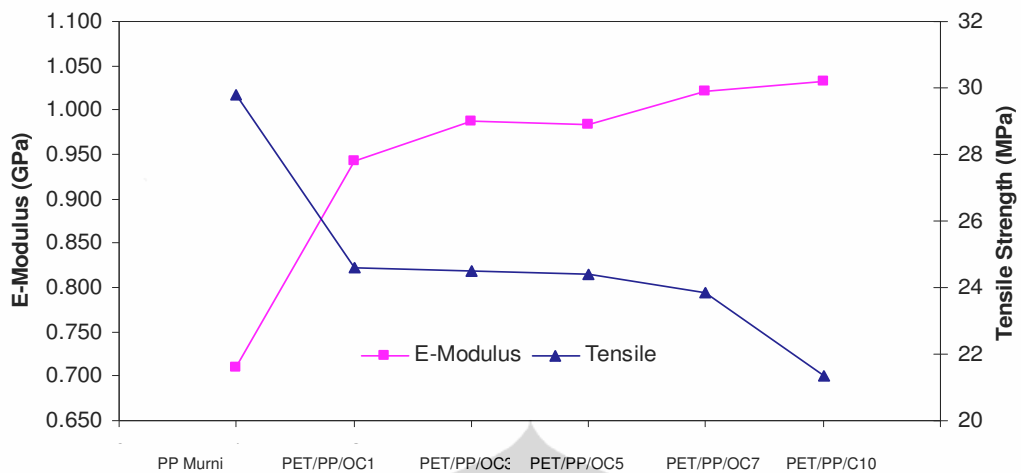
Gambar 4.6. Spesimen *dog bone* yang dicetak dengan mesin injeksi molding

Dari tabel 4.2 terlihat secara umum bahwa ada sifat mekanik yang mengalami kenaikan dan penurunan dibandingkan dengan bahan baku PP sebagai matriknya.

Tabel 4. 2. Hasil pengujian mekanik *blending* PET/PP/PP-g-MA/filler *clay*

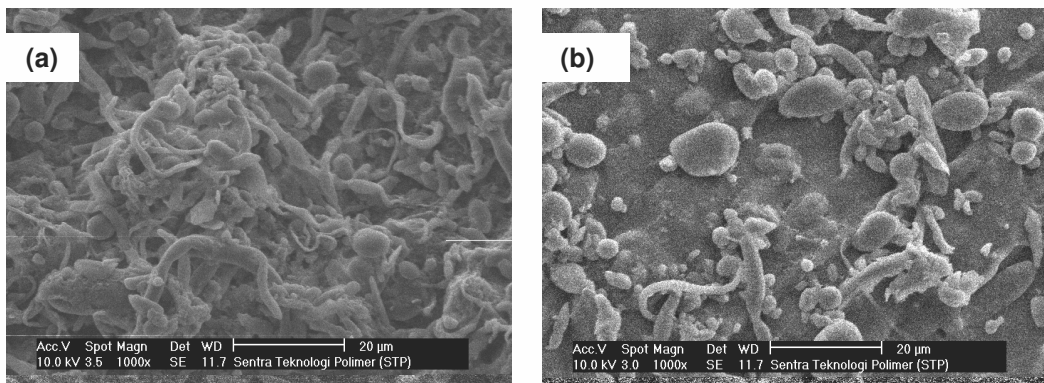
Nama Sampel	Tensile (MPa)	E-Modulus (GPa)	Elongasi (%)	Impact (kJ/m ²)
PP Murni	29.79	0.710	140.70	79.13
PET/PP/OC1	24.62	0.942	8.206	20.554
PET/PP/OC3	24.48	0.988	5.950	17.004
PET/PP/OC5	24.41	0.984	4.992	13.264
PET/PP/OC7	23.85	1.022	4.315	10.491
PET/PP/OC10	21.36	1.033	3.169	10.31

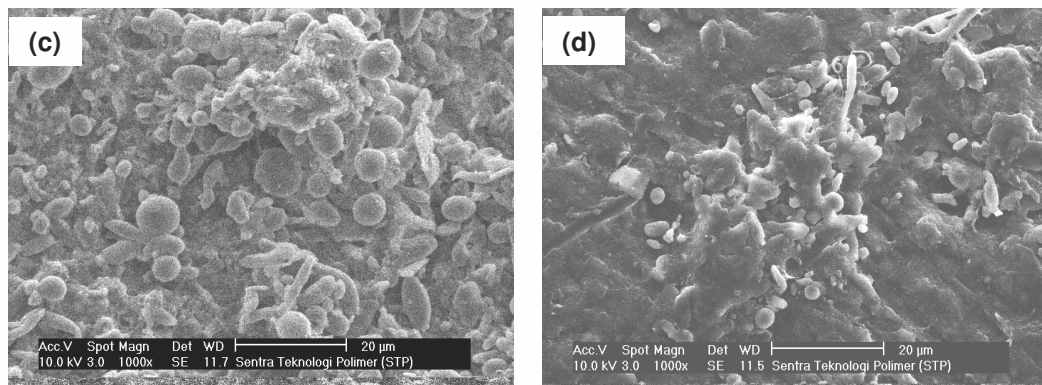
Hasil pengujian kekuatan tarik diperlihatkan pada gambar 4.7 yang menunjukkan bahwa kekuatan tarik *blending* PET/PP/PP-g-MA/filler *clay* belum mampu meningkatkan kekuatan tarik dari material dasarnya (polipropilena). Sebaliknya nilai *tensile modulus* (E-modulus) mengalami peningkatan dengan bertambahnya konsentrasi filler *clay*.



Gambar 4.7. Grafik *Tensile Modulus* dan *Tensile Strength* pencampuran PET/PP/PP-g-MA/filler clay

Dari data di atas juga terlihat bahwa penambahan filler *clay* belum meningkatkan kekuatan tarik bila dibandingkan dengan sampel sebelum ditambahkan filler yaitu sampel PET/PP/C7. Nilai kekuatan tarik material PET/PP/C7 sebesar 29.25 MPa. Sementara nilai sampel-sampel yang lain di bawah nilai PET/PP/C7. Turunnya kekuatan tarik ini dimungkinkan karena adanya penambahan filler *clay* dalam campuran PET/PP mengganggu pembentukan fiber selama proses ekstrusi. PET dalam campuran polimer cenderung membentuk *droplet* (butiran-butiran kecil) sehingga fungsi PET sebagai penguat sebagai benang menjadi berkurang. Hal ini dapat dilihat pada struktur mikro dari pengujian SEM di bawah ini.



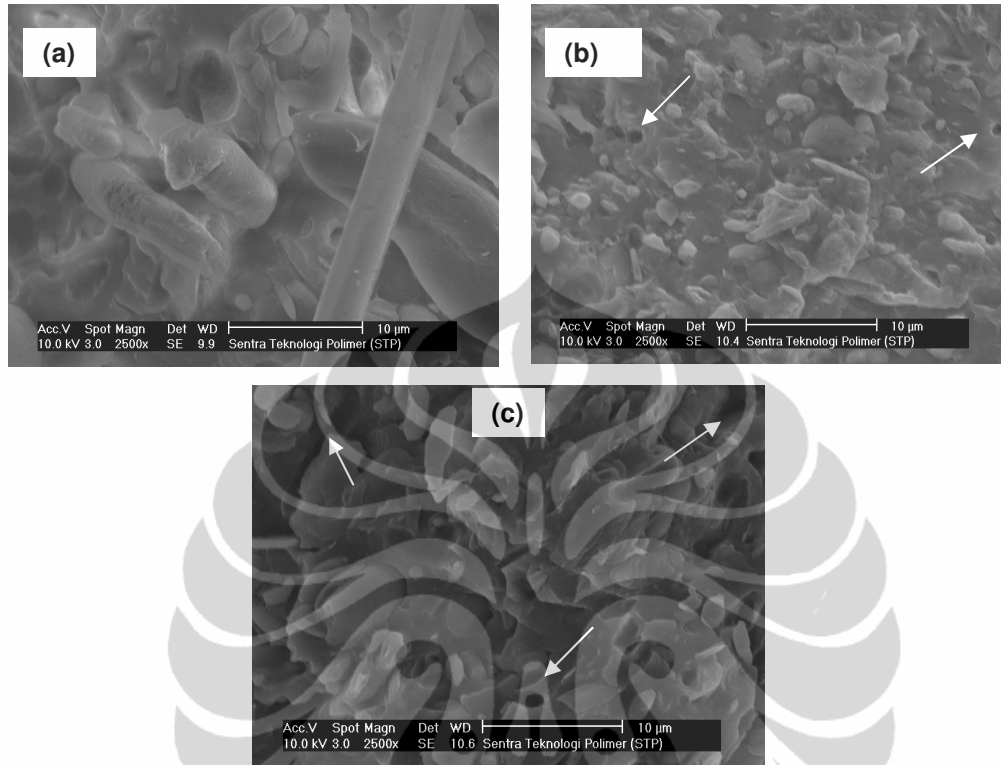


Gambar 4.8. Foto struktur mikro sebelum (a) dan setelah penambahan filler *clay* (b)-(d) pada spesimen uji *dogbone* setelah dietsa dengan xylene panas dengan perbesaran 1000 x : (a) Sampel PET/PP/C7, (b) sampel PET/PP/OC1, (c) sampel PET/PP/OC5 & (d) sampel PET/PP/OC10.

Gambar 4.8 (a) terlihat struktur mikro sampel PET/PP/C7 (sampel sebelum ditambahkan filler) terbentuk fiber yang banyak bila dibandingkan dengan sampel setelah ditambahkan filler *clay*. Fenomena inilah yang menyebabkan sifat kuat tarik dari penambahan filler campuran PET/PP menjadi turun. Alasan lain turunnya *tensile strength* ini dapat dilihat pada gambar 4.9. Gambar SEM ini diambil dari patahan spesimen *dog bone* hasil uji kekuatan tarik. Dari foto SEM terlihat jelas munculnya *void* (rongga) pada sampel penambahan filler 5 % dan 10 % rasio berat. Atau dengan kata lain semakin besar filler yang ditambahkan semakin banyak ditemukan *void* pada pencampuran PET/PP/PP-g-MA. Sehingga munculnya *void* inilah yang menyebabkan kekuatan tarik menjadi turun seiring bertambahnya filler yang dimasukkan. Pada gambar 4.9 (a) menunjukkan pencampuran PET/PP relatif kompak dan menyatu serta terbentuknya fiber yang banyak, menyebabkan kekuatan tarik pada sampel ini tertinggi.

Dibandingkan dengan sampel-sampel penambahan filler *clay* ini, terlihat sampel PET/PP/OC-1 mempunyai nilai kekuatan tarik tertinggi. Semakin tinggi konsentrasi penambahan filler *clay* semakin menurun kekuatan tarik campurannya. Kejadian ini diduga karena filler yang ditambahkan semakin banyak sedang kompatibilizer PP-g-MA yang digunakan tetap (7% berat) sehingga fungsi kompatibilizer tidak lagi berfungsi dengan bertambahnya filler. Akibat dari semua itu menyebabkan sebaran filler yang tidak kompatibel (ditandai

dengan munculnya *void*) semakin banyak dalam sistem campurannya sehingga nilai kekuatan tariknya menjadi menurun.



Gambar 4.9. *Void* (rongga) yang terlihat pada patahan spesimen *dog bone* setelah uji kekuatan tarik dengan perbesaran 2500 x : (a) sampel PET/PP/OC1, (b) sampel PET/PP/OC5 & (c) sampel PET/PP/OC10.

Dari gambar 4.7 menunjukkan data nilai E-modulus dalam campuran polimer PET/PP/PP-g-MA. Secara teori, modulus Young (E-Modulus) dari sebuah komposit akan meningkat dengan bertambahnya kandungan filler (penguat) yang dimasukkan, sebagaimana persamaan yang dinyatakan oleh Smallwood yang dikutip Zaeni Akhmad^[30] :

$$E_c = E_m(1+2,5V_f) \quad (4.1)$$

Dimana, E_c =Modulus Young komposit, E_m = Modulus Young matrik dan V_f adalah fraksi volume filler (penguat).

Hasil pengujian modulus dalam penambahan filler *clay* dalam percobaan ini sudah sesuai dengan persamaan di atas, yakni nilai modulus bertambah besar dengan meningkatnya konsentrasi filler. Di sisi lain, penambahan filler juga berdampak pada turunnya nilai elongasi (tabel 4.2) pada sampel campuran PET/PP/PP-g-MA. Hal ini sesuai dengan persamaan yang dikutip Nielsen dalam penelitian yang dilakukan Zaeni Akhmad^[30] yang menyatakan hubungan antara elongasi dengan fraksi volume pada gaya adhesi yang lemah antara matriks dan filler (penguat) digambarkan dengan persamaan :

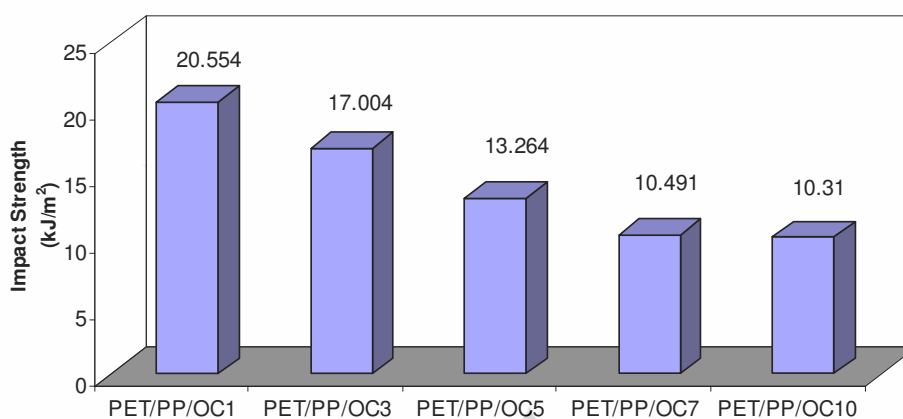
$$\epsilon_c = \epsilon_m (1 - V_f^{1/3}) \quad (4.2)$$

Senada dengan Nielsen, Smith mengungkapkan persamaan untuk elongasi pada komposit sebagai berikut :

$$\epsilon_c = \epsilon_m (1 - 1,105 V_f^{1/3}) \quad (4.3)$$

Dimana, $\epsilon_c = \text{strain at break}$ komposit, $\epsilon_m = \text{strain at break}$ (elongasi) matrik dan V_f adalah fraksi volume filler (penguat). Dari kedua persamaan elongasi di atas dapat dinyatakan semakin banyak filler (penguat) ditambahkan maka semakin kecil elongasi yang didapatkan. Alasan lain nilai E-modulus semakin besar dengan bertambahnya filler yang digunakan karena nilai E-modulus *clay* sendiri yang didominasi silika lebih besar dari pada nilai modulus PP dan PET. Sehingga nilai E-modulus campuran akan semakin meningkat dengan bertambahnya filler yang dimasukkan.

Sifat impak dari bahan polimer secara langsung berkaitan dengan ketangguhan material. Ketangguhan (*toughness*) didefinisikan sebagai kemampuan polimer untuk menyerap energi yang tersalurkan. Luas area di bawah kurva *stress-strain* berbanding lurus dengan ketangguhan dari suatu material. Energi impak adalah ukuran ketangguhan. Semakin tinggi energi impak material, semakin tinggi ketangguhan dan sebaliknya. Hasil pengujian kekuatan impak secara keseluruhan disajikan dalam gambar 4.10.



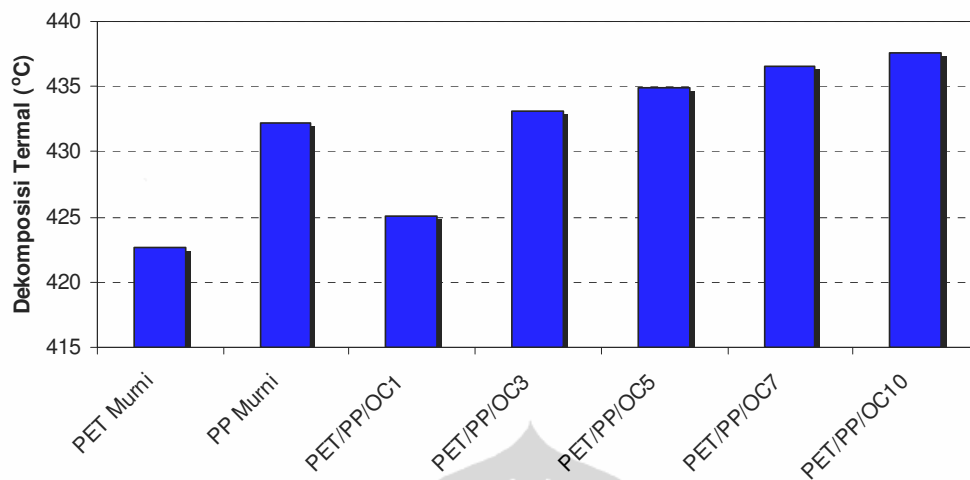
Gambar 4.10. Grafik Kekuatan Impak pada pencampuran PET/PP/PP-g-MA/filler *clay*

Dari grafik kekuatan impak terlihat bahwa semakin tinggi penambahan filler yang digunakan menyebabkan turunnya kekuatan impak. Fenomena ini dijelaskan dalam pembahasan hubungan antara derajat kristalinitas dengan sifat kuat tarik dan kekuatan impak (lihat persamaan 4.3).

4.2.3 Karakterisasi Sifat Termal

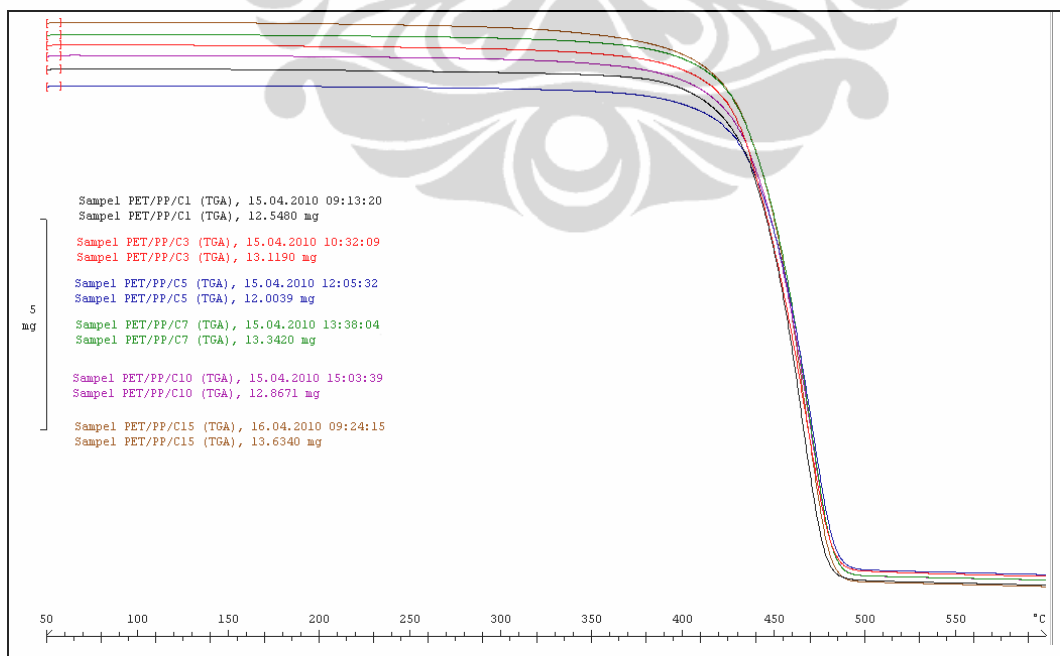
Untuk melihat efek termal penambahan filler dalam pencampuran PET/PP/PP-g-MA dilakukan pengujian dengan alat TGA dan DSC. Pengujian TGA dimaksudkan untuk melihat pengaruh kestabilan termal adanya penambahan filler. Sedang karakterisasi perilaku titik leleh dan derajat kristalinitas selama penambahan filler diamati dengan alat DSC.

Kestabilan termal adalah salah satu ukuran untuk melihat karakterisasi material menahan panas sehingga aplikasi material ini dipakai pada daerah sebelum terjadi dekomposisi termalnya. Gambar 4.11 memperlihatkan bahwa penambahan filler secara signifikan meningkatkan suhu dekomposisi termal dari PP murni. Semakin besar filler yang ditambahkan semakin meningkat suhu dekomposisi termal.



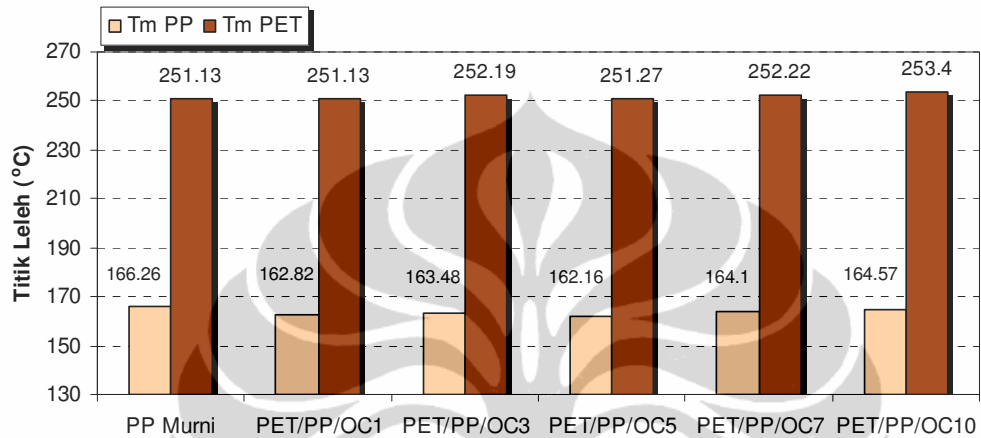
Gambar 4.11. Grafik Dekomposisi termal pada pencampuran PET/PP/PP-g-MA/filler *clay*

Suhu dekomposisi termal pada penambahan filler 1 % (berat) paling rendah dibandingkan sampel yang lain, bahkan lebih rendah dari PP murni. Hal ini dimungkinkan karena filler *clay* yang ditambahkan tidak terdispersi secara merata dalam campuran PET/PP. Termogram hasil pengujian TGA sampel campuran PET/PP/PP-g-MA/filler *clay* ditunjukkan pada gambar 4.12.

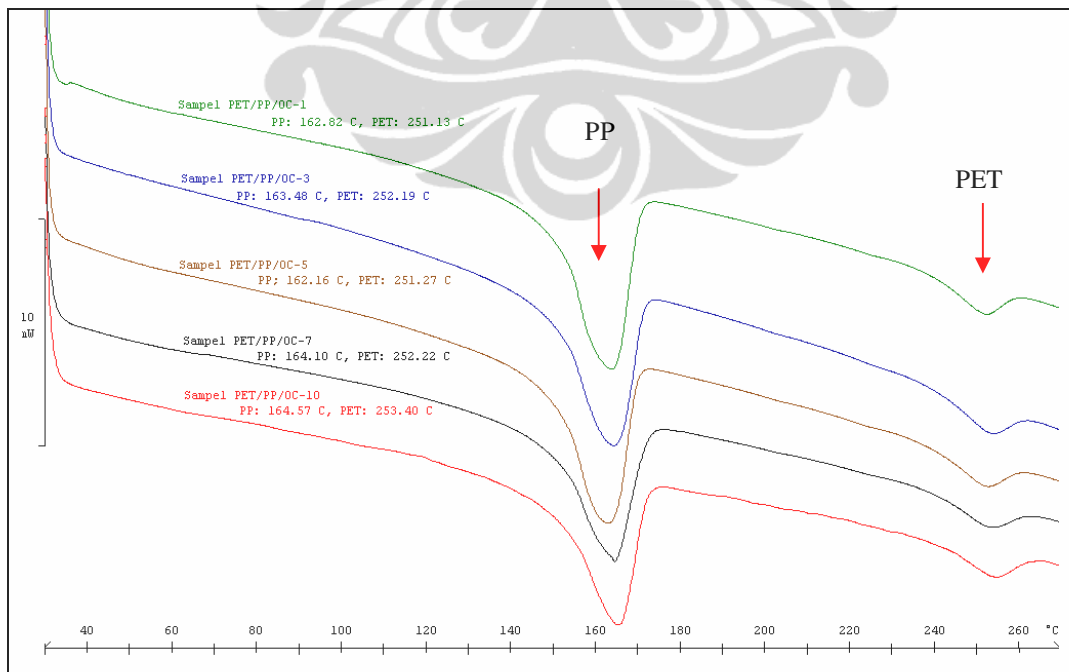


Gambar 4.12. Termogram TGA pada pencampuran PET/PP/PP-g-MA/filler *clay*

Pengamatan titik leleh polimer PP dan PET pada campuran PET/PP secara umum sedikit mengalami perubahan titik lelehnya (gambar 4.13). Pada titik leleh polimer PP campuran PET/PP terjadi penurunan T_m dibandingkan dengan PP murninya. Ini artinya penambahan kompatibilizer dan filler telah terjadi ikatan antara PP dan PET dengan bantuan kompatibilizernya.



Gambar 4.13. Grafik titik leleh (T_m) PP dan PET pada pencampuran PET/PP/PP-g-MA/filler clay



Gambar 4.14. Termogram DSC pada pencampuran PET/PP/PP-g-MA/filler clay

Derajat kristalinitas polimer salah satu parameter untuk melihat karakter dasar sifat polimer karena kristalinitas mempengaruhi sifat fisik seperti modulus penyimpanan (*storage modulus*), permeabilitas, densitas dan suhu leleh. Dengan menentukan derajat kristalinitas dari polimer dapat diprediksi sifat-sifat fisik dari polimer. DSC adalah salah satu teknik untuk mengukur aliran panas masuk atau keluar dari bahan sebagai fungsi waktu atau temperatur. Kristalinitas polimer dapat ditentukan dengan DSC dengan mengukur panas yang mengalami pelelehan dari polimer.^[28] Derajat kristalinitas dapat dihitung dengan menggunakan persamaan :

$$X = \frac{\Delta H_{f1}}{\Delta H_{f2}} * 100\% \quad (4.4)$$

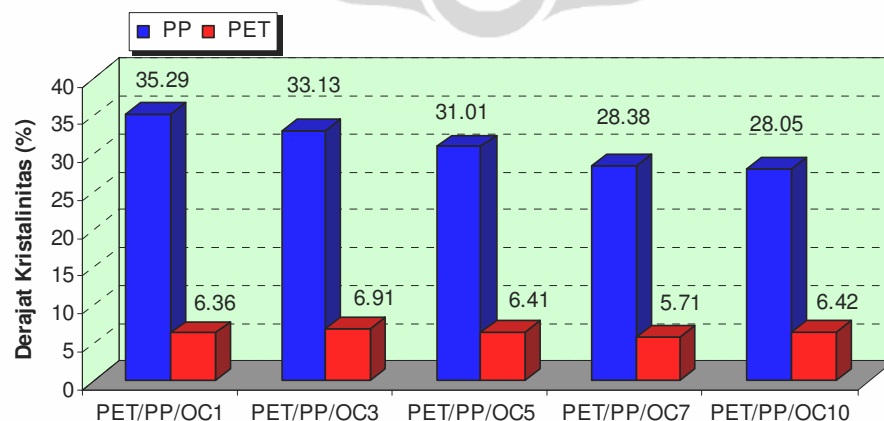
Dimana X = derajat kristalisasi (%)

ΔH_{f1} = *enthalpy* pelelehan sampel (J/g)

ΔH_{f2} = *enthalpy* pelelehan polimer murni (J/g)

untuk PP : 190J/g dan PET : 115 J/g

Dengan menggunakan rumus di atas, didapatkan data derajat kristalinitas dari campuran PET/PP/PP-g-MA/filler *clay*.

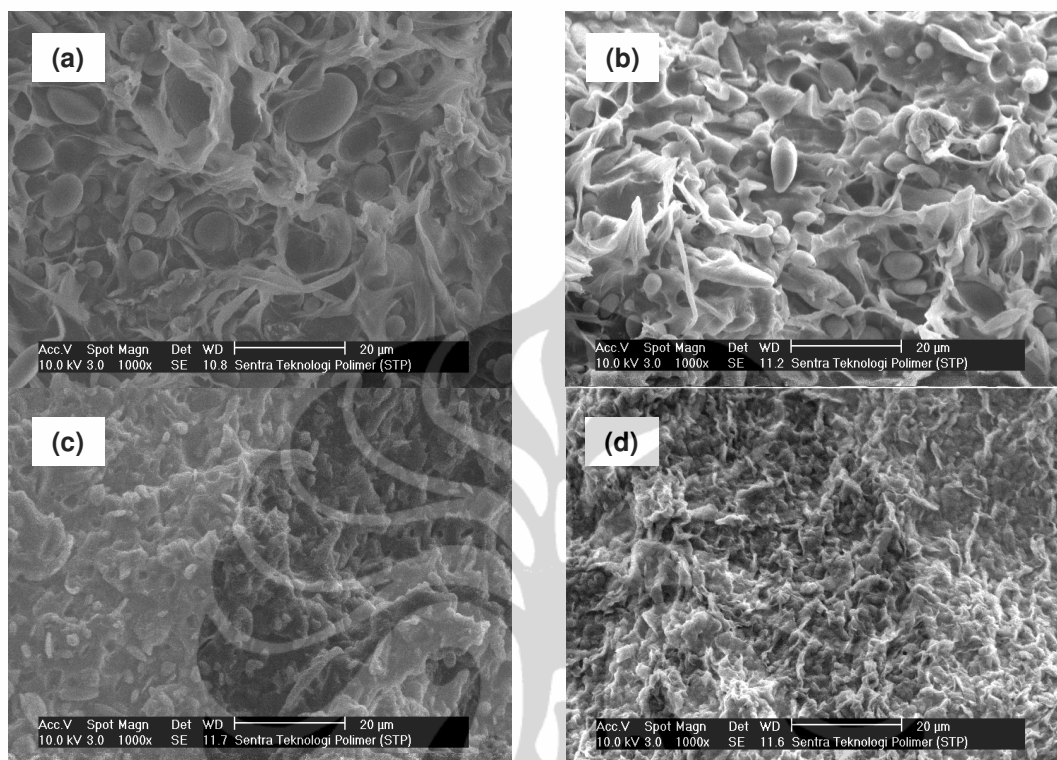


Gambar 4.15. Derajat kristalinitas PP dan PET pada pencampuran PET/PP/PP-g-MA/filler *clay*

Dari data pengukuran derajat kristalinitas menunjukkan semakin besar penambahan konsentrasi filler *clay* menyebabkan turunnya derajat kristalinitas PP dalam campuran PET/PP/PP-g-MA/filler *clay*. Akibatnya adalah sifat kuat tarik akan menurun dengan bertambahnya filler (gambar 4.7) karena derajat kristalinitas sangat terkait dengan sifat kuat tarik. Sebaliknya kekuatan impak akan mengalami kenaikan jika derajat kristalinitas itu turun. Dari data gambar 4.10 justru terjadi penurunan kekuatan impak dengan bertambahnya filler. Kasus ini bisa dijelaskan dari struktur mikro dari SEM yang menunjukkan semakin besar konsentrasi filler yang ditambahkan banyak ditemukan *void* (gambar 4.9) dalam campuran PET/PP/PP-g-MA/filler *clay*. Adanya *void* inilah yang menyebabkan kekuatan impak menjadi turun.

4.2.4 Morfologi Pencampuran PET/PP/PP-g-MA/Filler Clay

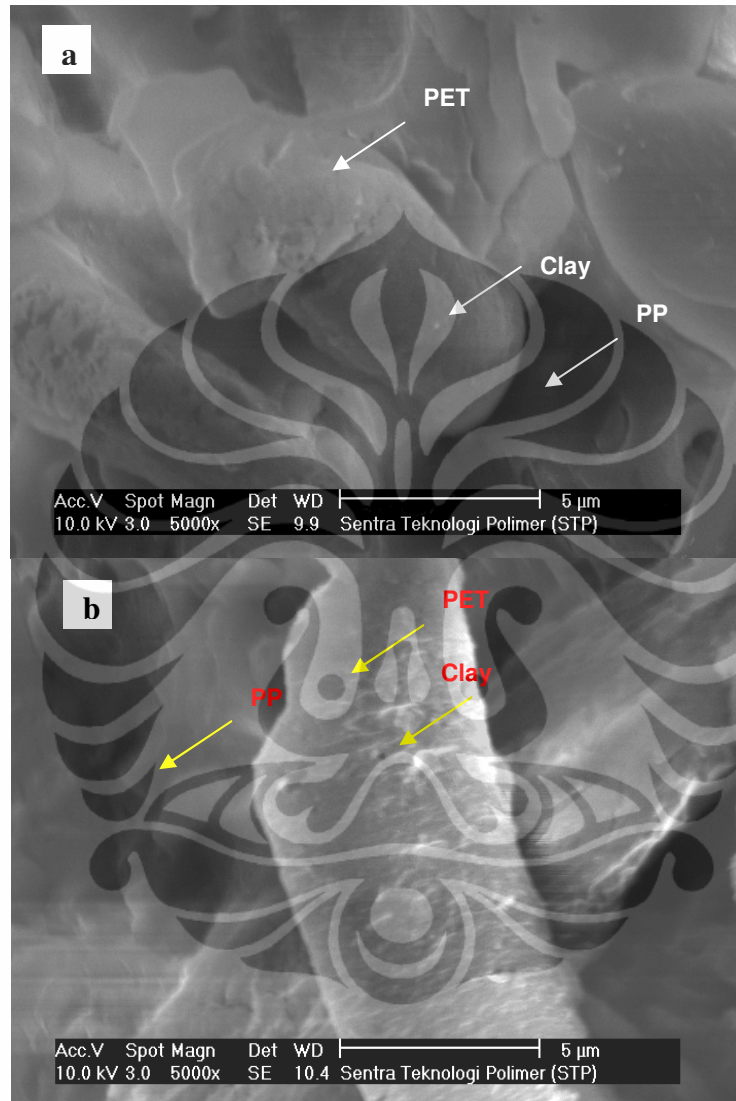
Gambar campuran PET/PP/PP-g-MA dengan filler *clay* ditunjukkan pada gambar 4.16. Dari gambar ini dengan jelas menunjukkan perbedaan fasa PET (butiran) dengan fasa PP sebagai matriks. Gambar 4.16 (a) sampel sebelum ditambahkan filler *clay*, dimana ukuran droplet PET terlihat lebih besar bila dibandingkan dengan setelah penambahan filler (gambar 4.16 (b)-(d)). Semakin besar konsentrasi penambahan filler maka ukuran *droplet* PET secara kualitatif terlihat semakin kecil. Berarti penambahan filler telah mempengaruhi pembentukan ukuran partikel *droplet* PET dalam campuran PET/PP/PP-g-MA. Ukuran *droplet* yang semakin kecil secara teori dapat meningkatkan daya adhesi antara PET dan PP sehingga dapat menyebabkan kenaikan sifat mekanik terutama kuat tariknya.



Gambar 4.16. Ukuran *droplet* (butiran) PET sebelum (a) dan setelah penambahan filler *clay* (b)-(d) pada patahan spesimen *dog bone* setelah uji kekuatan tarik dengan perbesaran 1000 x : (a) Sampel PET/PP/C7, (b) sampel PET/PP/OC1, (c) sampel PET/PP/OC5 & (d) sampel PET/PP/OC10.

Data percobaan yang ada (gambar 4.7) menunjukkan semakin tinggi konsentrasi penambahan filler maka kekuatan tarik justru semakin menurun. Dari gambar morfologi SEM di atas ternyata ukuran *droplet* bertambah kecil dengan bertambahnya konsentrasi filler tetapi di saat yang sama *void* (rongga) yang dihasilkan juga bertambah. Hal inilah yang menyebabkan mengapa kekuatan tarik menjadi menurun dengan bertambahnya filler yang dimasukkan.

Dispersi filler *clay* dalam pencampuran PET/PP/PP-g-MA dapat dilihat pada gambar di bawah ini. Filler cenderung berinteraksi dengan polimer PET yang sama-sama mempunyai sifat polar.



Gambar 4.17. Foto SEM interaksi *blending* PET/PP/PP-g-MA dengan filler *clay* pada perbesaran 5000 x : (a) Sampel PET/PP/OC-1 dan (b) Sampel PET/PP/OC-10.

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Penggunaan kompatibilizer PP-g-MA dalam pencampuran PET/PP dimaksudkan agar sifat *immisible* dalam campuran ini menjadi lebih *misible*. Pada penelitian ini didapatkan nilai optimal dari penambahan kompatibilizer PP-g-MA pada konsentrasi 7% (rasio berat) dengan nilai kuat tarik sebesar 29.25 MPa. Dari morfologi SEM terlihat bahwa konsentrasi 7% (rasio berat) terjadi pembentukan benang (*fiber*) yang relatif banyak dibandingkan dengan konsentrasi kompatibilizer yang lainnya. Sedangkan sifat mekanik yang lain seperti E-modulus cenderung menurun dengan penambahan konsentrasi kompatibilizer, sifat elongasi dan kekuatan impak tidak menunjukkan kecenderungan yang jelas. Sementara dari tinjauan sifat kestabilan termal terlihat konsentrasi kompatibilizer 7 % (rasio berat) memiliki nilai terbesar yaitu 435,05°C dibandingkan dengan lainnya.

Penambahan filler *clay* dalam sistem campuran PET/PP/PP-g-MA pada konsentrasi 7 % (rasio berat) berpengaruh terhadap sifat mekanik, termal dan sifat mikronya. Dari sifat mekanik terlihat bahwa semakin besar penggunaan filler *clay* menyebabkan sifat E-modulus meningkat, kuat tarik menurun, elongasi menurun dan kekuatan impak juga menurun. Kekuatan mekanik terbesar dicapai pada penambahan filler 1 %(rasio berat) dan nilai E-modulus terbesar pada penggunaan filler 10% (rasio berat).

Hasil pengamatan sifat termal dengan DSC dan TGA pada penambahan filler didapatkan kecenderungan meningkatnya kestabilan termal dan menurunnya derajat kristalinitas PP campuran PET/PP/PP-g-MA/filler *clay*. Sedangkan pembentukan kristal PET dalam campuran ini tidak secara signifikan mengalami perubahan.

Analisa morfologi SEM memperlihatkan penambahan filler menurunkan ukuran partikel *droplet* PET dalam sistem campuran PET/PP/PP-g-MA/filler *clay*. Sementara itu, efek penambahan filler yang semakin banyak menyebabkan *void* (rongga) yang terbentuk juga semakin banyak.

5.2 Saran

Pada penelitian ini, penulis menggunakan mesin ekstrusi jenis *single screw* yang menghasilkan pembentukan fiber PET dalam sistem campuran PET/PP kurang optimal. Untuk kelanjutan penelitian ini, perlu dilakukan modifikasi alat dengan menambahkan bak pendinginan 2 buah yaitu pendingin air biasa dan pendingin pada suhu 80°C. Pada bak pendingin kedua inilah akan banyak terbentuk orientasi *droplet* PET menjadi fiber PET. Sehingga harapannya didapatkan sifat mekanik yang lebih unggul. Dan perlu juga dilakukan penggunaan ekstrusi jenis *twin screw* agar didapatkan pencampuran yang lebih homogen.

Dalam tesis ini hanya dipelajari pengaruh penambahan filler *clay* pada konsentrasi kompatibilizer PP-g-MA tetap yaitu 7 % (rasio berat). Untuk melihat seberapa pengaruh penambahan filler *clay* pada konsentrasi kompatibilizer yang bertambah perlu dilakukan penelitian lebih lanjut sehingga diperoleh gambaran yang menyeluruh.

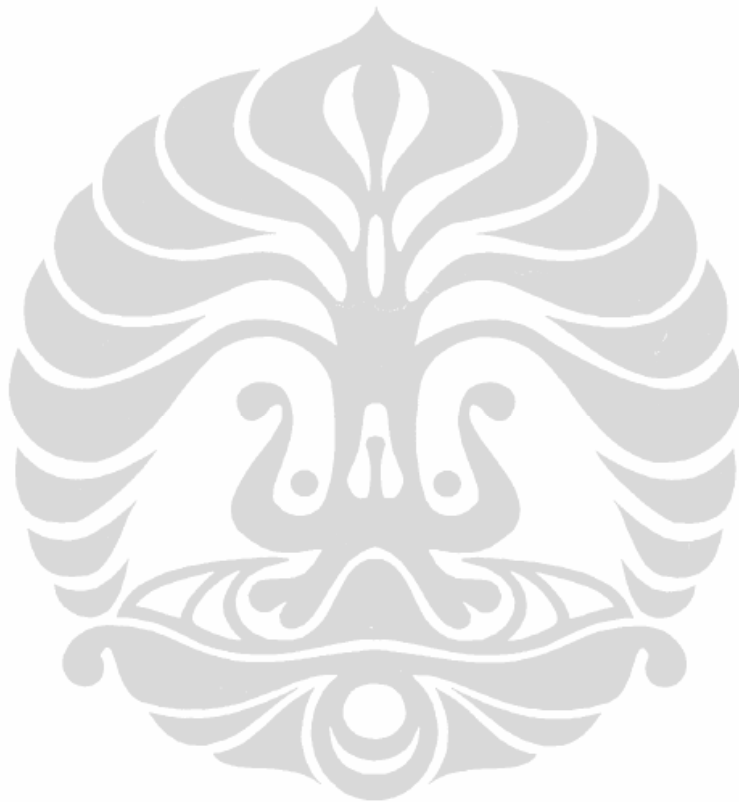
DAFTAR REFERENSI

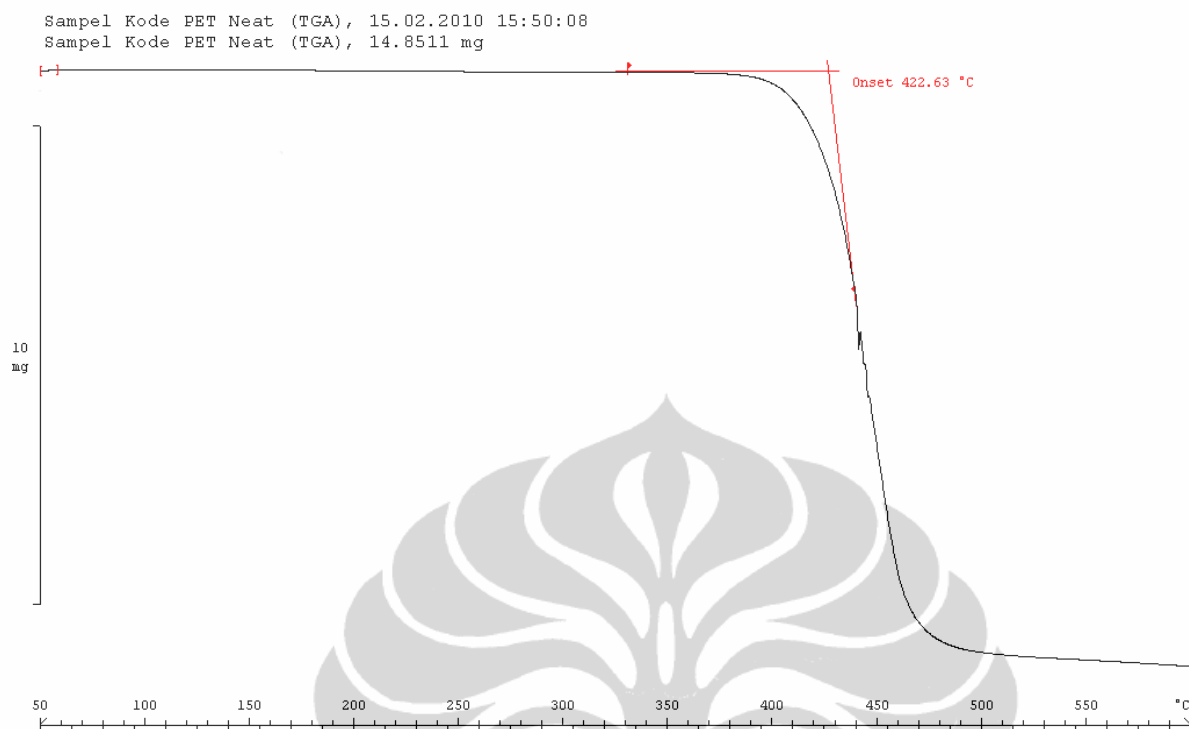
1. Wenjing Li, Alois K.Schlarb, Michael Evstatiev (2009). Effect of Viscosity Ratio on the Morphology of PET Microfibrils in Uncompatibilized and Compatibilized Drawn PET/PP/TiO₂ Blends. *Journal of Polymer Science : Part B: Polymer Physics*, 47, 555-562.
2. Wenjing Li (2009). *PET/PP-Based Polymer Composites: Effects of Compatibilizer and Nanofillers on the Processing Structure Property Relationships*, Dissertation Dr.-Ing, Technical University of Kaiserslautern, Germany.
3. M.Akbari, A.Zadhoush,& M.Haghighat (2007). PET/PP Blending by Using PP-g-MA Synthesized by Solid Phase. *Journal of Applied Polymer Science*, 104,3986-3993.
4. Raha Sarami, Nadereh Golshan Ebrahimi, Mehdi Razzaghi Kashani (2008). Study of Polypropylene/Polyethylene Terephthalate Blend Fibres Compatibilized with Glycidyl Methacrylate. *Iranian Polymer Journal*, 17 (4), 243-250.
5. M.Krumova, G.H Michler, M.Evstatiev, K.Friederich, N.Stribeck, S.Fakirov (2005). Transcrystallisation with Reorientation of Polypropilene in drawn PET/PP and PA66/PP blends. Part 2. Electron Microscopic Observation on the PET/PP Blend. *Progress in Colloid and Polymer Science*. 130, 167-173.
6. Wenjing Li, Alois K.Schlarb, Michael Evstatiev (2009). Study of PET/PP/TiO₂ Microfibrillar Structured Composites, Part 1: Preparation, Morphology, and Dynamic Mechanical Analysis of Fibrillezed Blends. *Journal of Applied Polymer Science*, 113,1471-1479.
7. Wenjing Li, Alois K.Schlarb, Michael Evstatiev (2009). Study of PET/PP/TiO₂ Microfibrillar Structured Composites, Part 2: Morphology, and Mechanical Properties. *Journal of Applied Polymer Science*, 113,3300-3306.
8. Wenjing Li, Alois K.Schlarb, Michael Evstatiev (2009). Influence of Processing Window and Weight Ratio on the Morphology of the Extruded and Drawn PET/PP Blends. *Polymer Engineering and Science*, 49, 1929-1936.

9. Wenjing Li, Jozsef Karger-Kocsis, Ralf Thomann (2009). Compatibilization Effect of TiO₂ nanoparticles on the Phase Structure of PET/PP/TiO₂ Nanocomposites. *Journal of Polymer Science: Part B: Polymer Physics*, Vol. 47, 1616–1624.
10. Elias Georg H. (1997). *An Introduction to Polymer Science*, Germany :VCH.
11. Karian, Harutun. (2003). *Handbook of Polypropylene and Polypropylene Composites*. New York : CRC Press.
12. Stevens, Malcolm R. (2001). *Kimia Polimer* (Iis Sopyan, Penerjemah). Jakarta : Pradnya Paramita.
13. Fried, Joel R. (1995). *Polymer Science and Technology*. New Jersey : Prentice Hall PTR.
14. http://en.wikipedia.org/wiki/Polyethylene_terephthalate, akses tanggal 23 April 2010.
15. Ulla Hippel (2005). *Novel Functionalized Polyolefins as Compatibilizers in Polyolefin/polyamide 6 blends and Polyethylene/metal hydroxide Composites*, Dissertation for the degree of Doctor of Science in Technology at Helsinki University of Technology, Finlandia.
16. Mark, H. F. (2005). *Encyclopedia of Polymer Science and Technology*, New York : John Wiley & Sons.
17. Koning, C., Van Duin, M., Pagnouille, C., Jerome, R (1998). Strategies for compatibilization of polymer blends. *Progress in Polymer Science*, 23, 707-757.
18. Baker, W.E., Scott, C.E., Hu, G.-H. (2001). *Reactive Polymer Blending*. Munich : Hanser Gardner Publishers.
19. R. J. Shields, D. Bhattacharyya, S. Fakirov (2008). Fibrillar polymer–polymer composites: morphology, properties and applications. *Journal of Materials Science*, 43, 6758-6770.
20. Feng, M., Gong, F., Zhao, C., Chen, G., Zhang, S., Yang, M. (2004). Effect of clay on the morphology of blends of poly(propylene) and polyamide 6/clay nanocomposites. *Polymer International*, 53, 1529-1537.

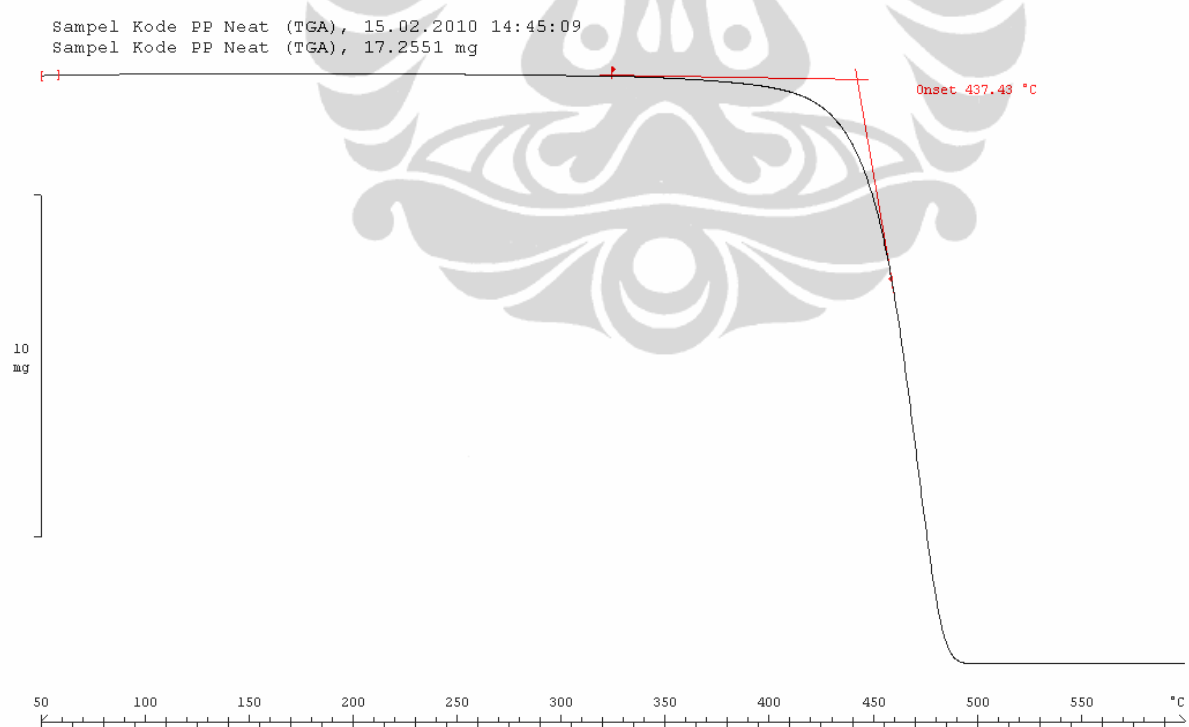
21. Mayu Si, Tohru Araki, Harald Ade, A. L. D. Kilcoyne, Robert Fisher, Jonathan C. Sokolov, and Miriam H. Rafailovich. (2006). Compatibilizing Bulk Polymer Blends by Using Organoclays. *Macromolecules*, 39, 4793-4801.
22. Elias L, Fenouillot F, Majeste J.C., Alcouffe P, Cassagnau P. (2008). Immiscible polymer blends stabilized with nano-silica particles: Rheology and effective interfacial tension, *Polymer*, 49, 4378–4385.
23. Austin, J. R., Kontopoulou, M. (2006). Effect of organoclay content on the rheology, morphology and physical properties of polyolefin elastomers and their blends with polypropylene. *Polymer Engineering and Science*, 46, 1491-1501.
24. Ke Wang, Cong Wang, Jiang Li, Juanxia Su, Qin Zhang, Rongni Du, Qiang Fu. (2007). Effects of clay on phase morphology and mechanical properties in polyamide 6/EPDM-g-MA/organoclay ternary nanocomposites, *Polymer*, 48, 2144-2154.
25. Chandra Liza. (2005). *Pengaruh Konsentrasi Organo Clay pada Pendispersian Lapisan Silikat Nanokomposit Polipropilen – Organo Clay dengan Compatibilizer PP-g-MA*, Tesis Pascasarjana Ilmu Material FMIPA Universitas Indonesia.
26. O.Evstatiev, M.Evstaiiev, K.Friedrich (2005). Effect of Compatibilizer on the Properties of Microfibrillar Reinforced Composites Based on PET and PP, Report for Max Buchner Stiftung, Germany.
27. Mark, H. F. (1989). *Encyclopedia of Polymer Science and Engineering*, New York : John Wiley & Sons.
28. Roger L. Blaine, *Determination of Polymer Crystallinity by DSC*, www.tainstruments.co.jp/application/pdf/Thermal.../TA123.PDF
29. Moore, Edward P. (1996). *Polypropylene Handbook*, Munich : Hanser,
30. Zaeni, Akhmad. (2009). *Modification of Fly Ash Color from Grey Black to Near White and Incorporation of Fly Ash in Polypropylene Polymer*, Dissertation of Doctor in Philosophy in Material Science and Engineering, University of New South Wales, Australia.
31. Standard Test Method for Determination of Tensile Properties -- Part 2: Test conditions for moulding and extrusion plastics, ISO 527-2:1993.

32. Plastics – Determination of Charpy impact strength – Part 1: Non – instrumented impact test, ISO/DIS 179-1:1997.
33. Standard Test Method for Compositional Analysis by Thermogravimetry, ASTM E 1131–2008.
34. Standard Test Method for Transition Temperatures and Enthalpies of Fusion and Crystallization of Polymers by Differential Scanning Calorimetry, ASTM D3418-08.



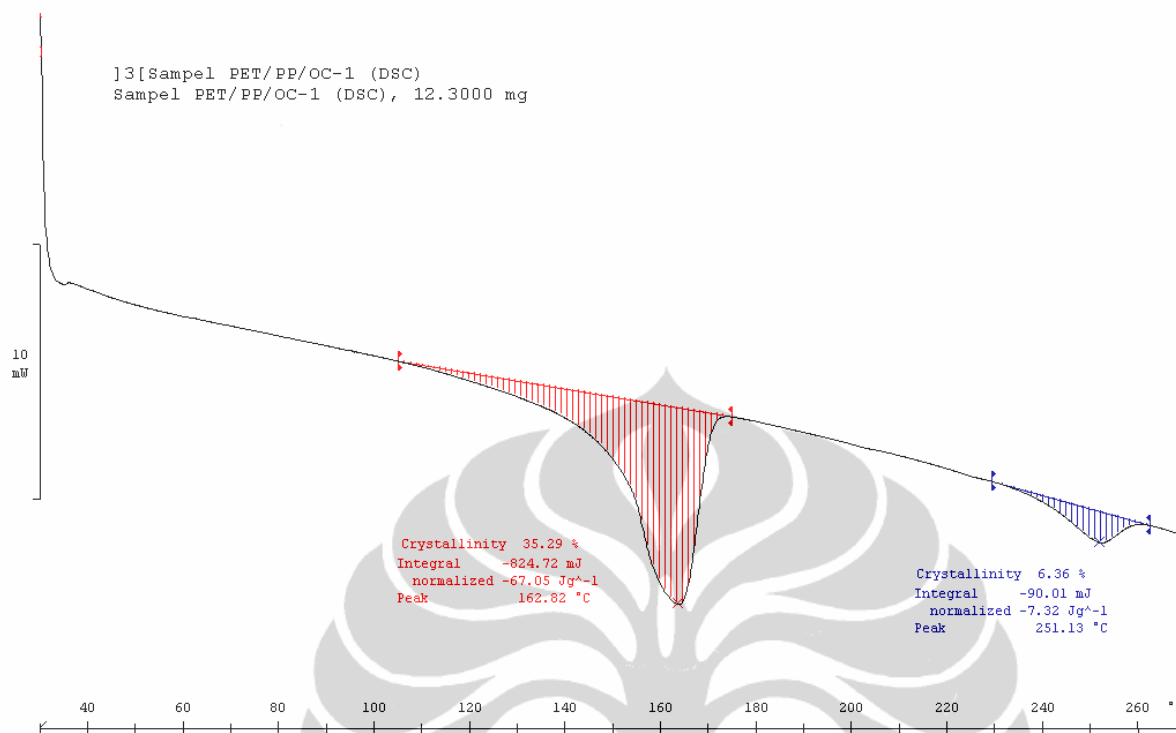
LAMPIRAN D. GAMBAR TERMOGRAM TGA SAMPEL PET DAN PP MURNI

Gambar D.1 Termogram TGA sampel PET Murni

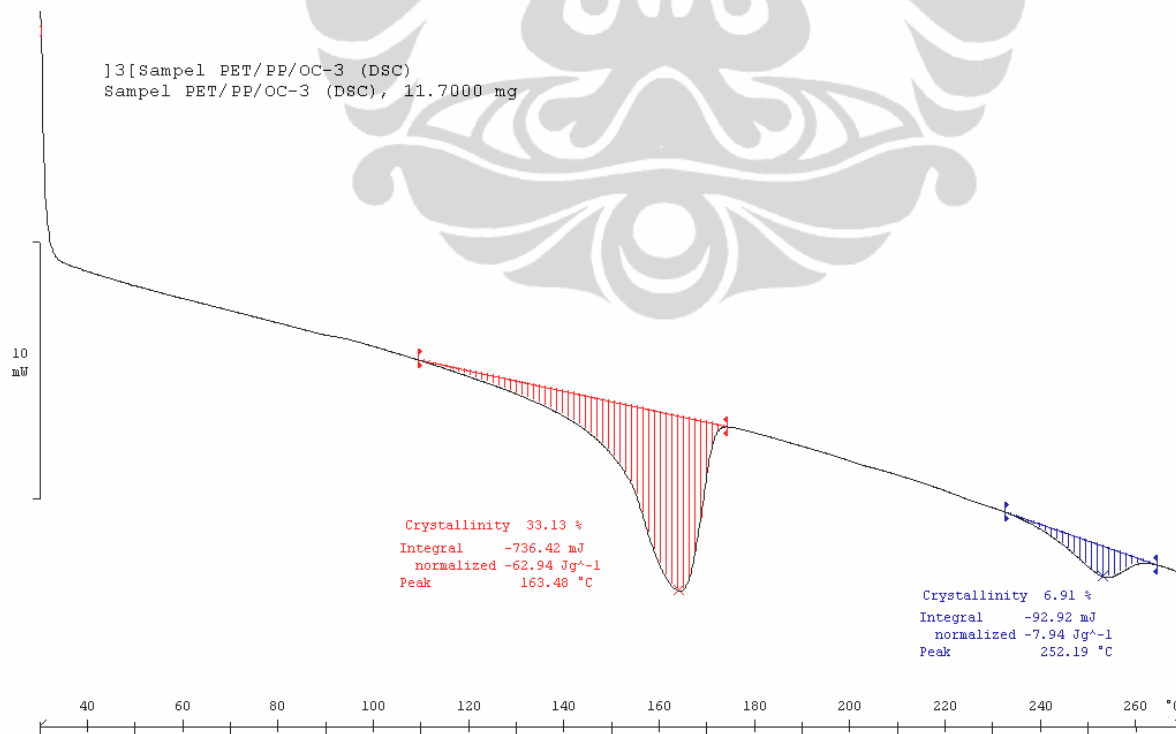


Gambar D.2 Termogram TGA sampel PP Murni

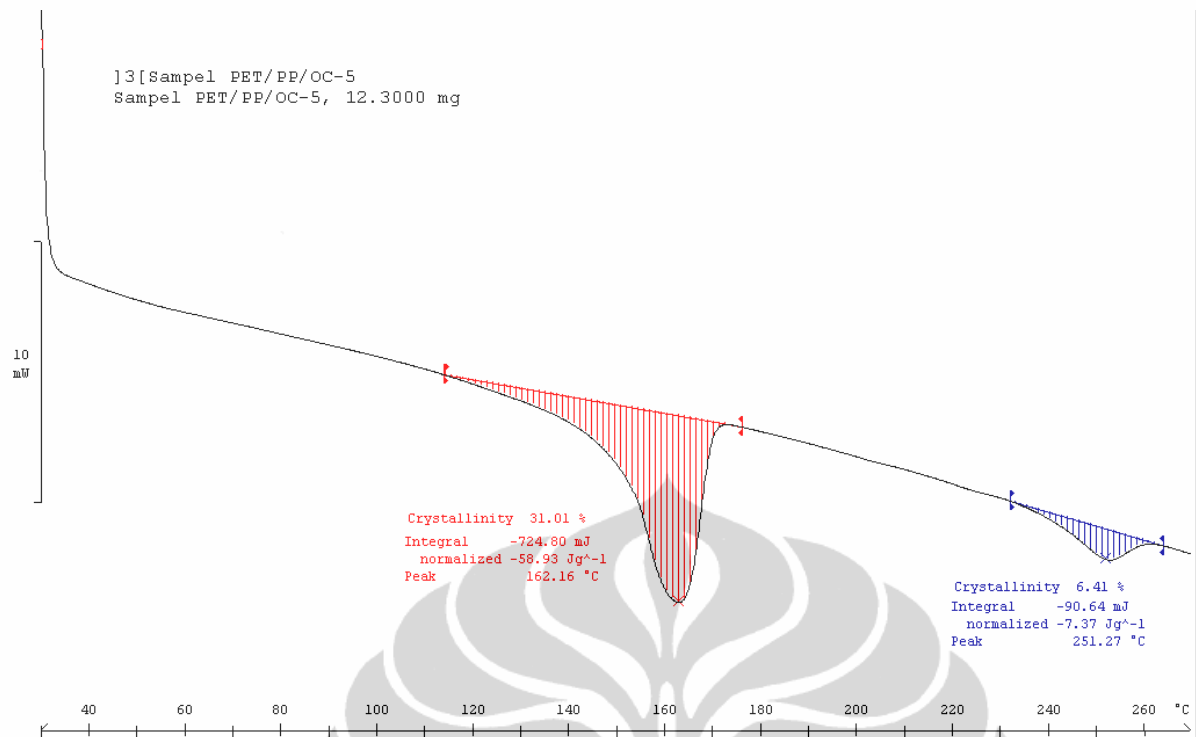
LAMPIRAN C. GAMBAR TERMOGRAM DSC *BLENDING PET/PP/PP-g-MA/FILLER CLAY*



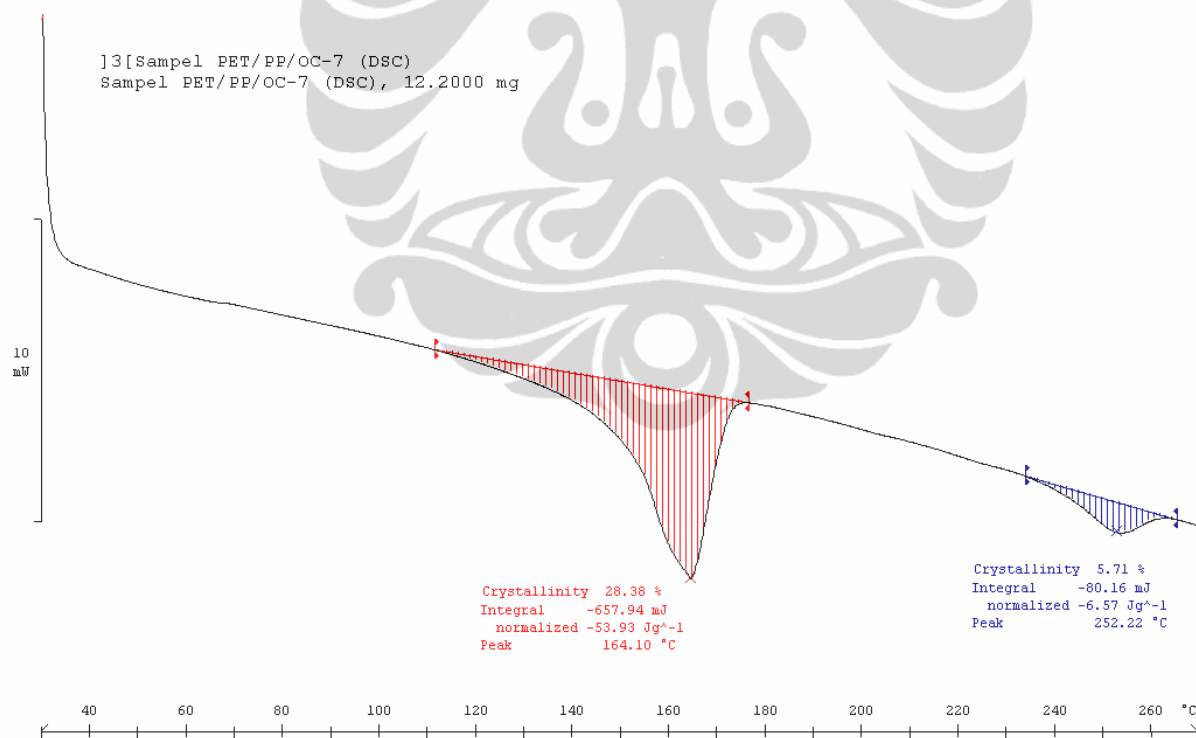
Gambar C.1 Termogram DSC sampel PET/PP/OC-1



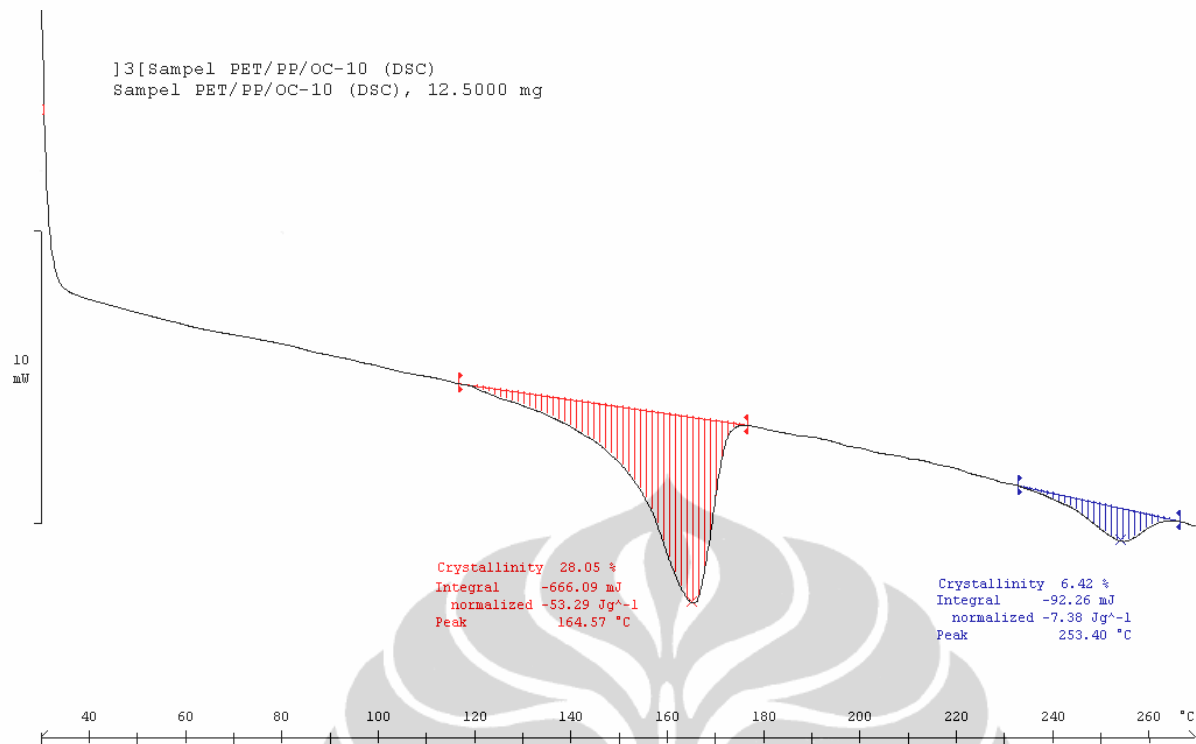
Gambar C.2 Termogram DSC sampel PET/PP/OC-3



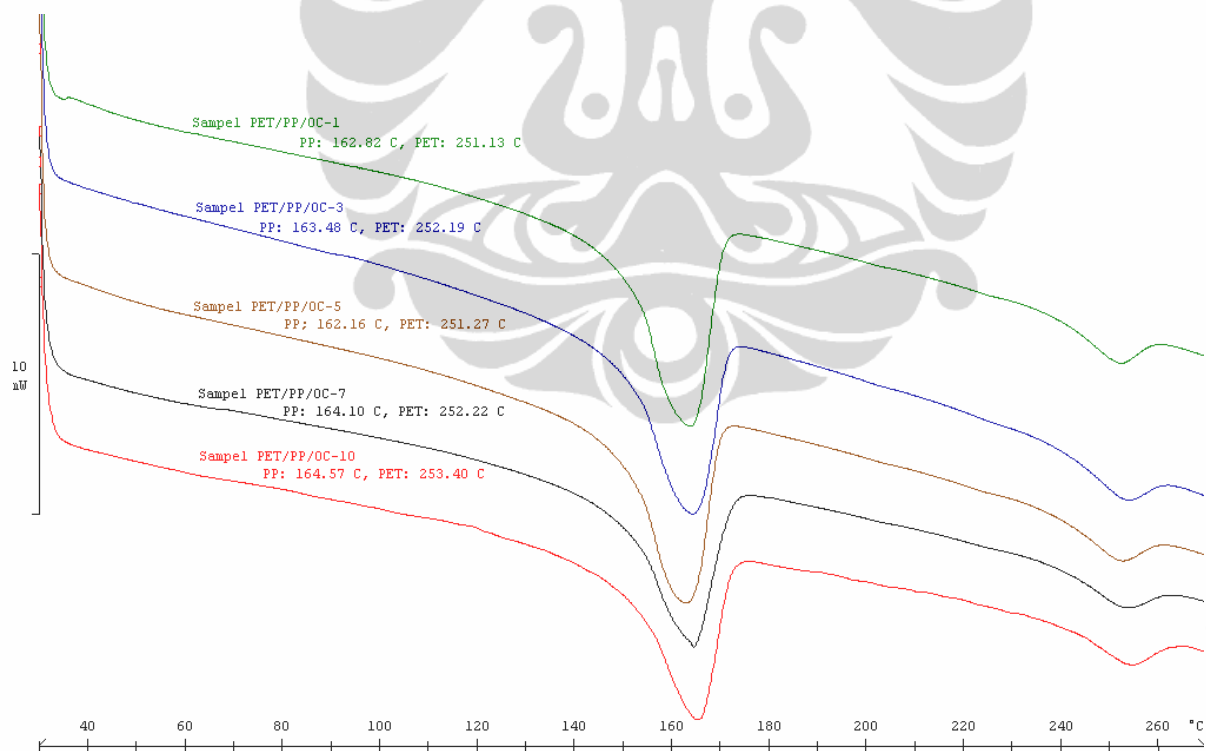
Gambar C.3 Termogram DSC sampel PET/PP/OC-5



Gambar C.4 Termogram DSC sampel PET/PP/OC-7

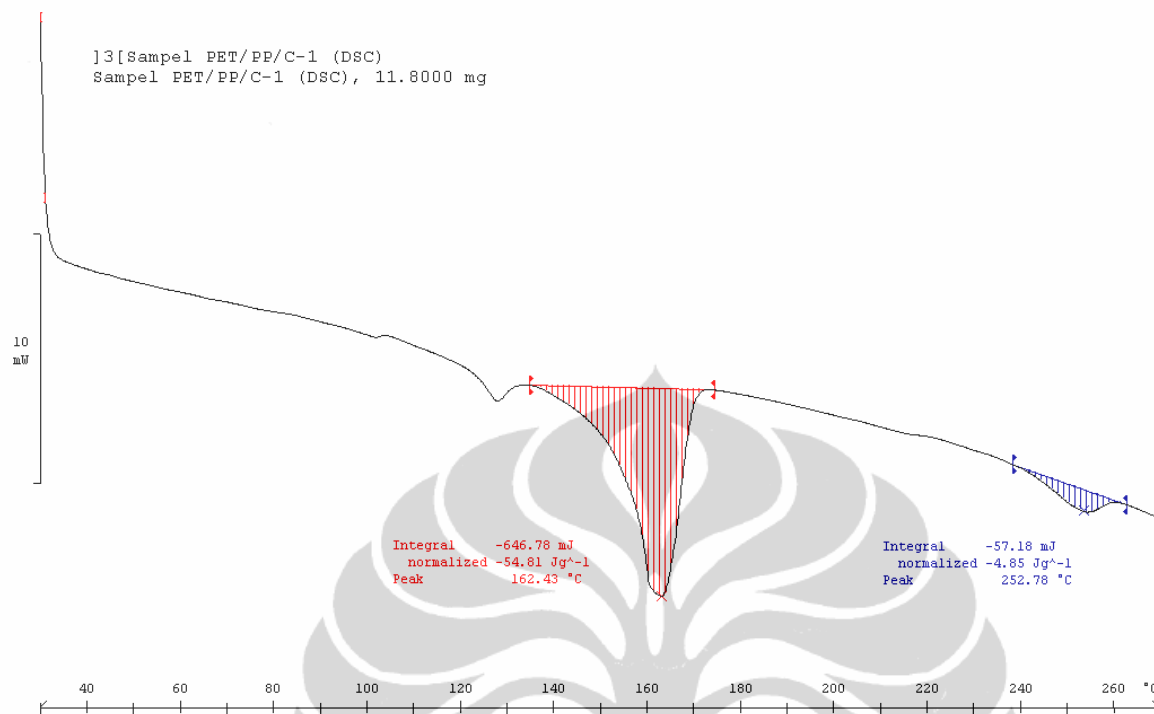


Gambar C.5 Termogram DSC sampel PET/PP/OC-10

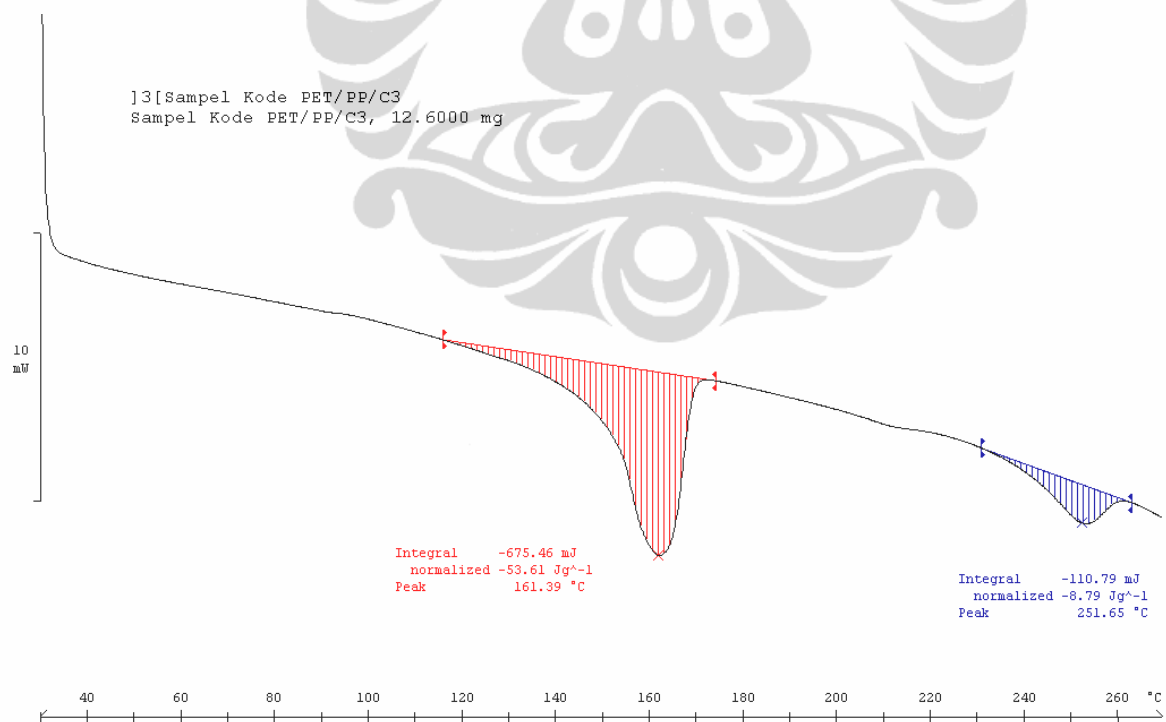


Gambar C.6 Overlay Termogram DSC sampel Blending PET/PP/PP-g-MA/Filler Clay

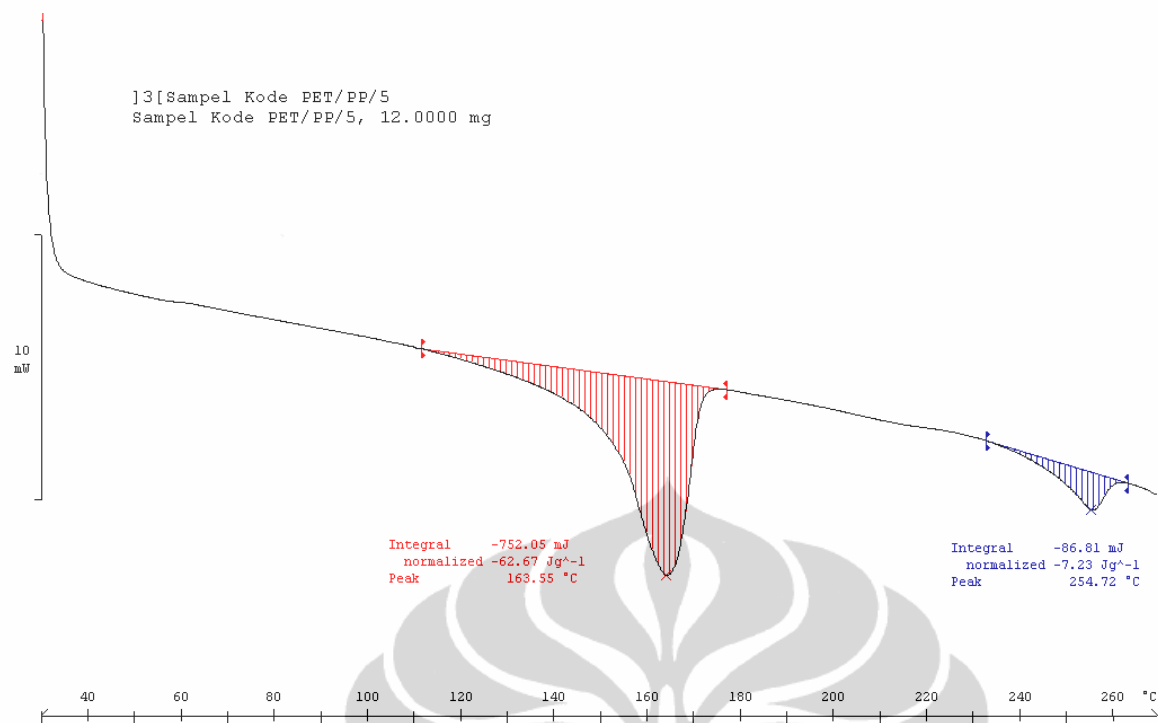
LAMPIRAN B. GAMBAR TERMOGRAM DSC BLENDING PET/PP/PP-g-MA



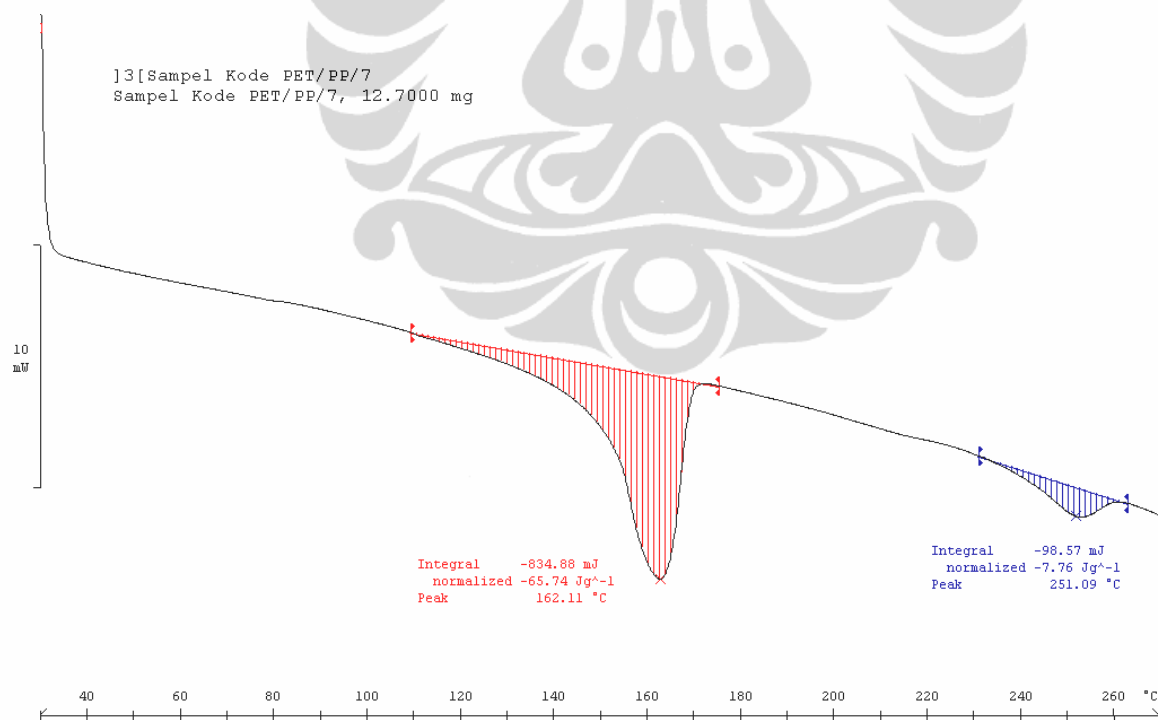
Gambar B.1 Termogram DSC sampel PET/PP/C-1



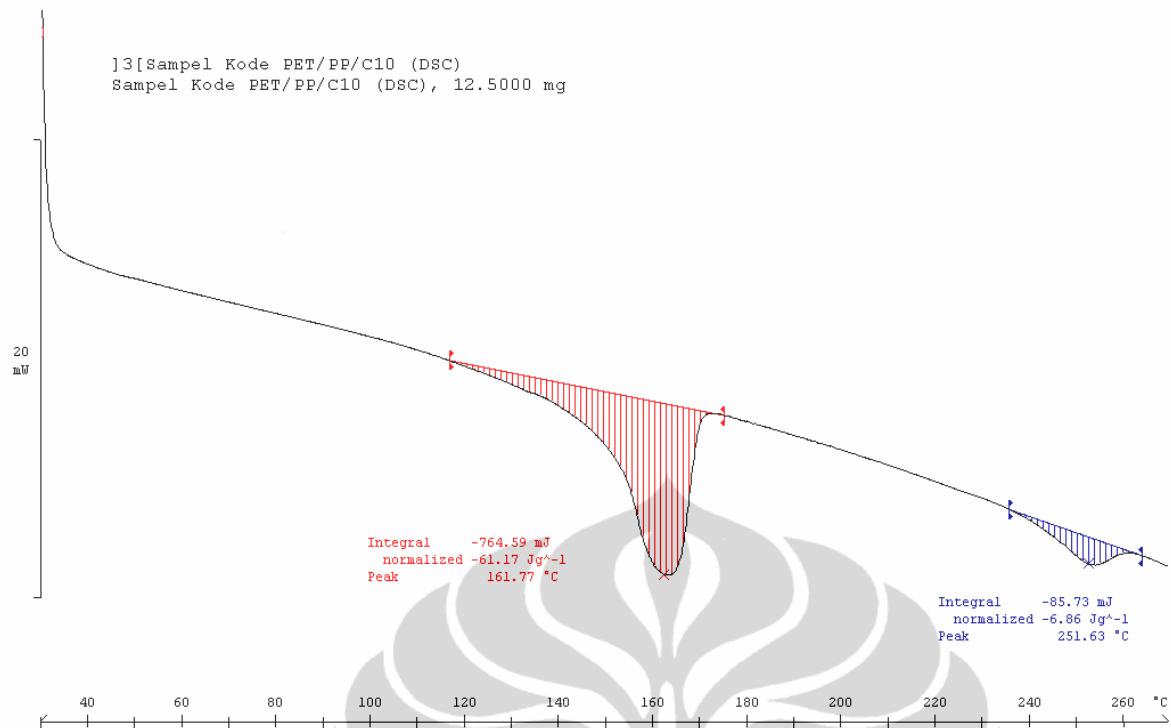
Gambar B.2 Termogram DSC sampel PET/PP/C-3



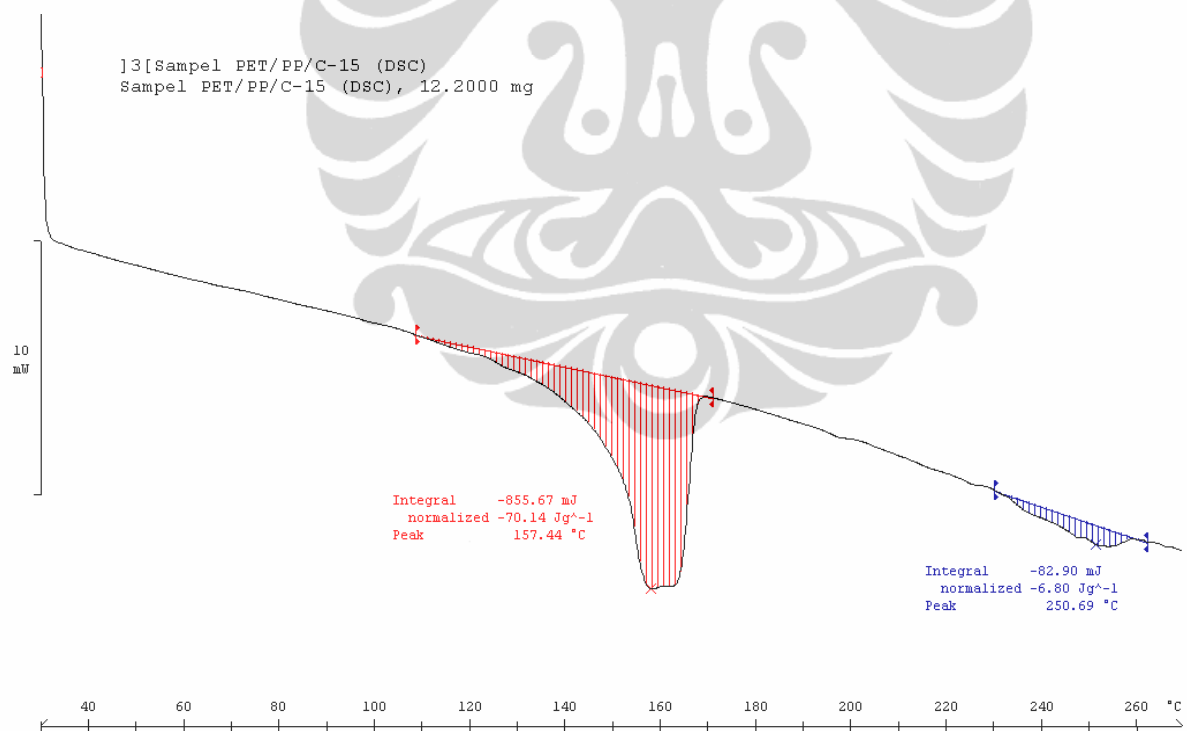
Gambar B.3 Termogram DSC sampel PET/PP/C-5



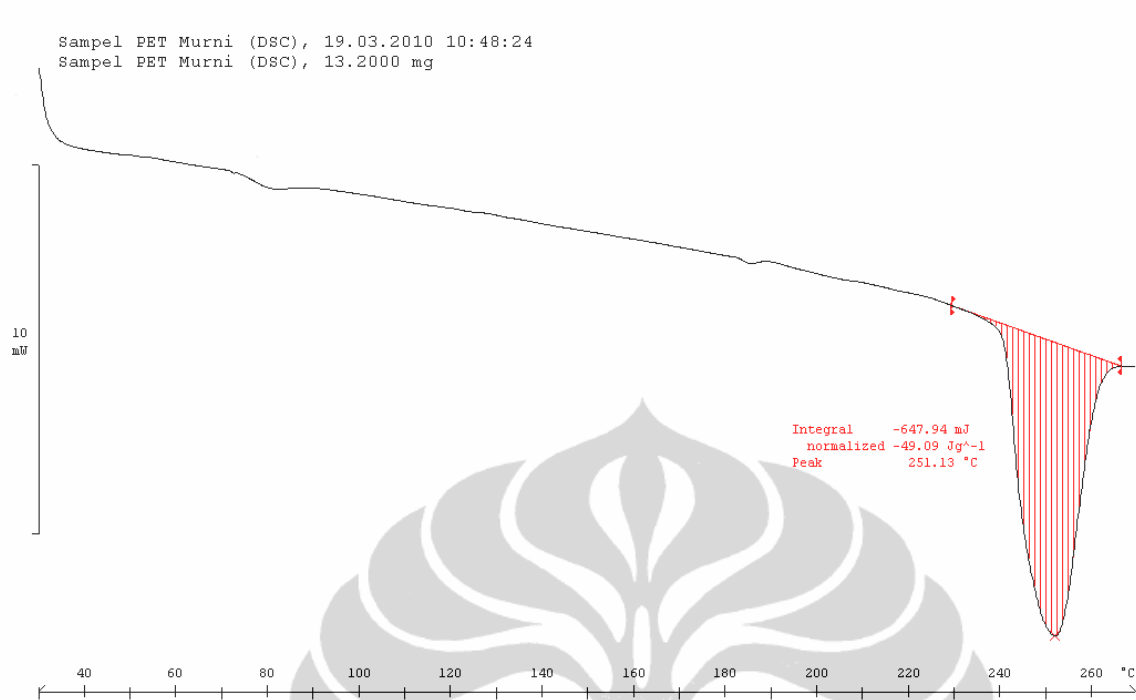
Gambar B.4 Termogram DSC sampel PET/PP/C-7



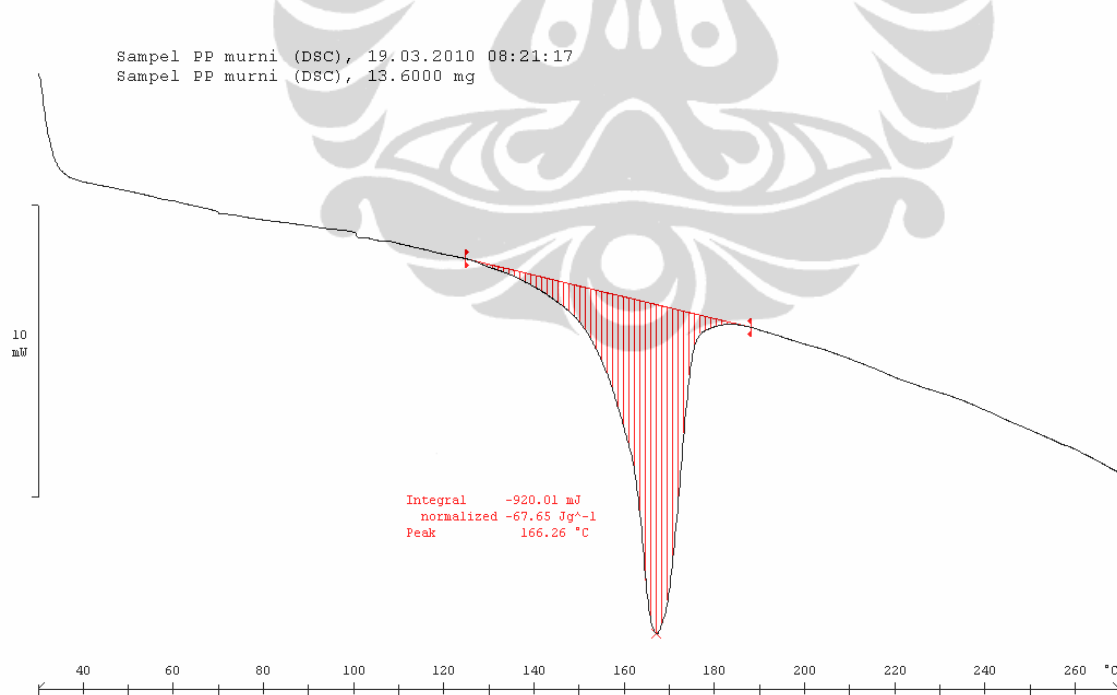
Gambar B.5 Termogram DSC sampel PET/PP/C-10



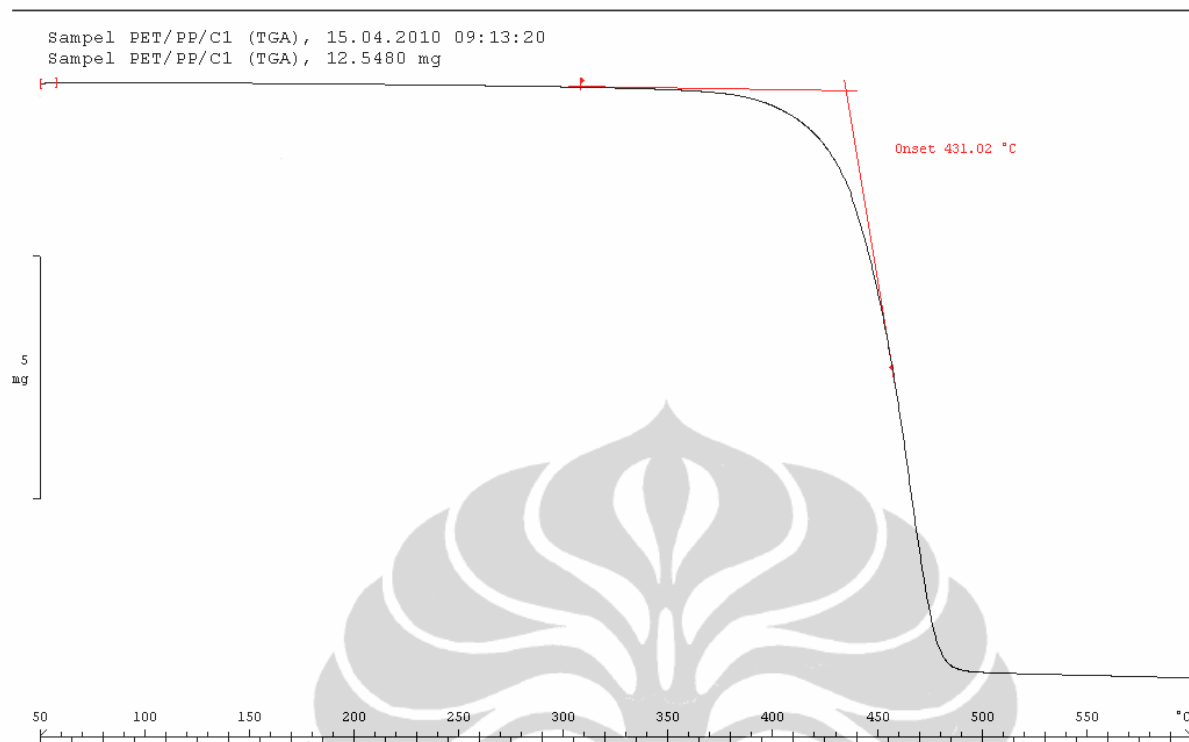
Gambar B.6 Termogram DSC sampel PET/PP/C-15

LAMPIRAN A. GAMBAR TERMOGRAM DSC SAMPEL PET DAN PP MURNI

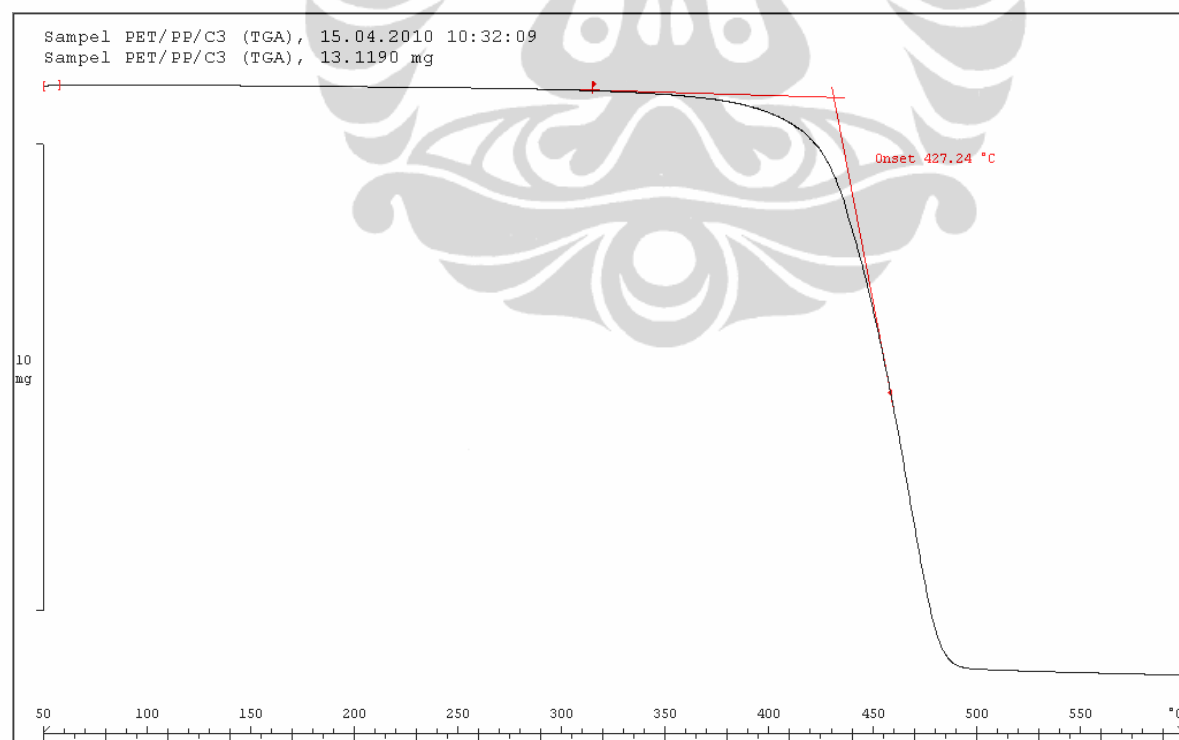
Gambar A.1 Termogram DSC sampel PET Murni



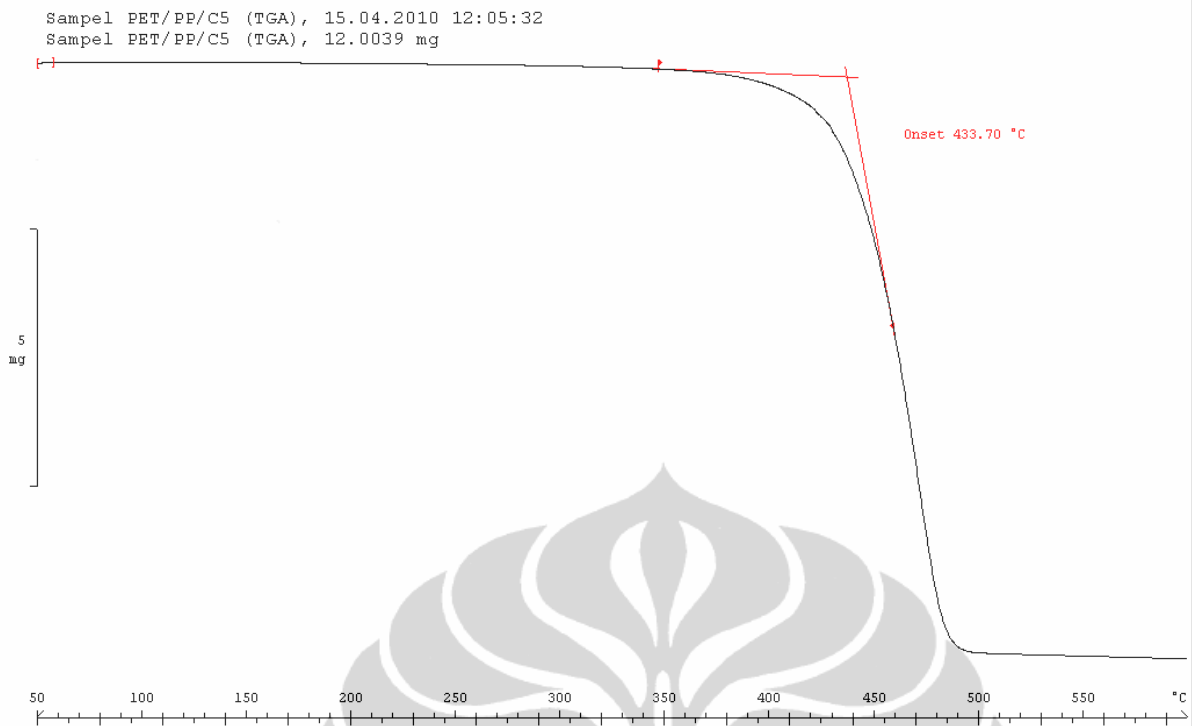
Gambar A.2 Termogram DSC sampel PP Murni

LAMPIRAN E. GAMBAR TERMOGRAM TGA *BLENDING* PET/PP/PP-g-MA

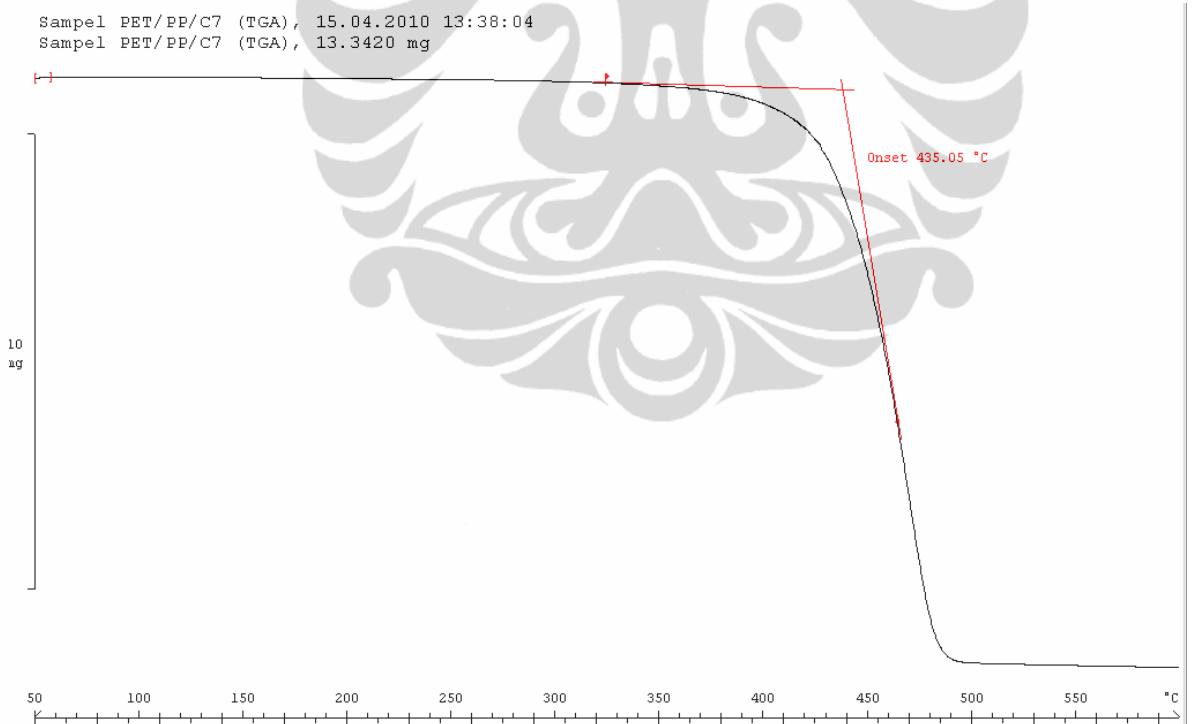
Gambar E.1 Termogram TGA sampel PET/PP/C-1



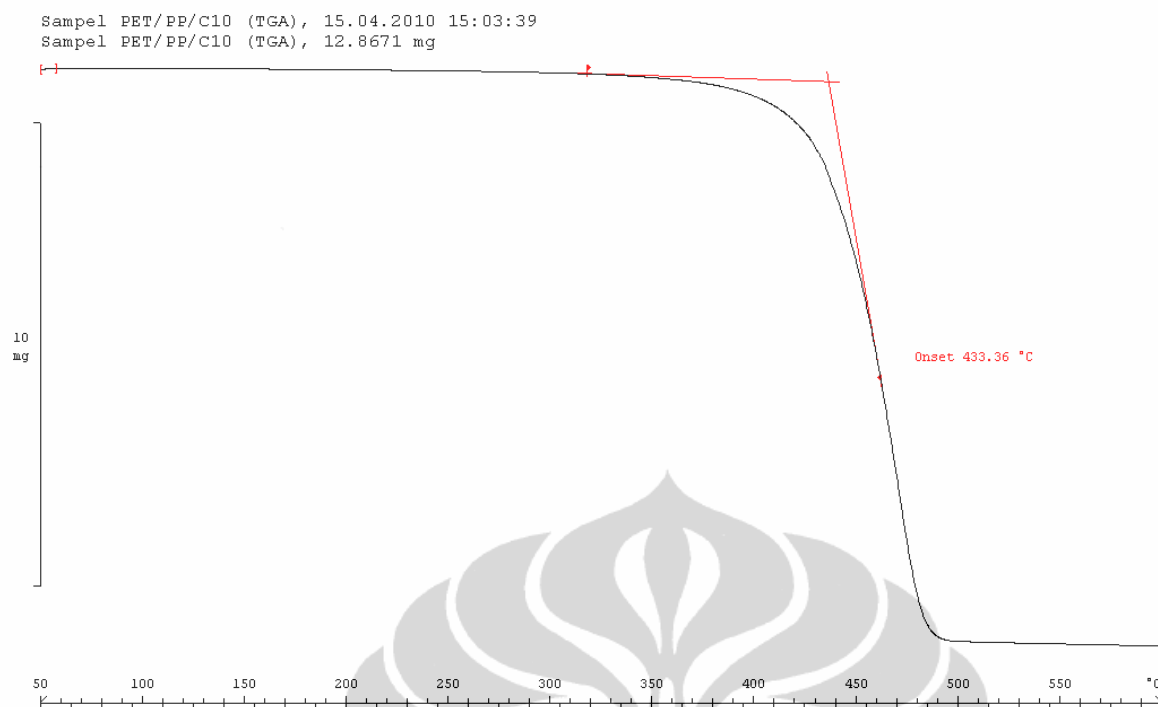
Gambar E.2 Termogram TGA sampel PET/PP/C-3



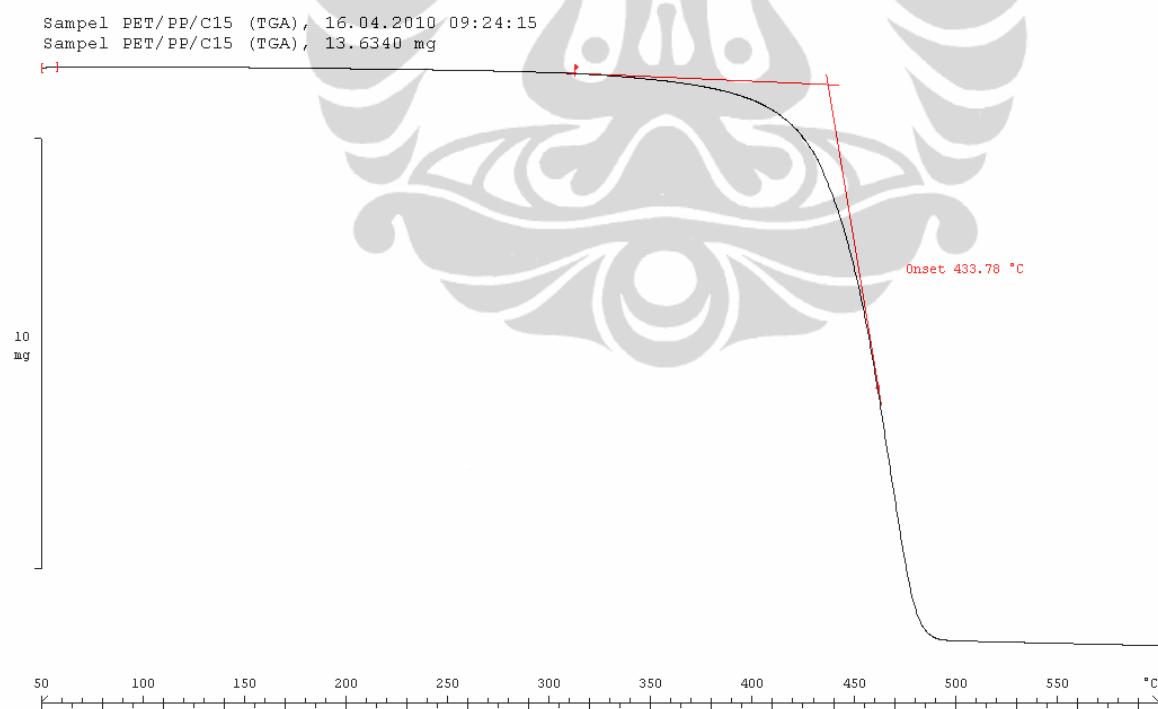
Gambar E.3 Termogram TGA sampel PET/PP/C-5



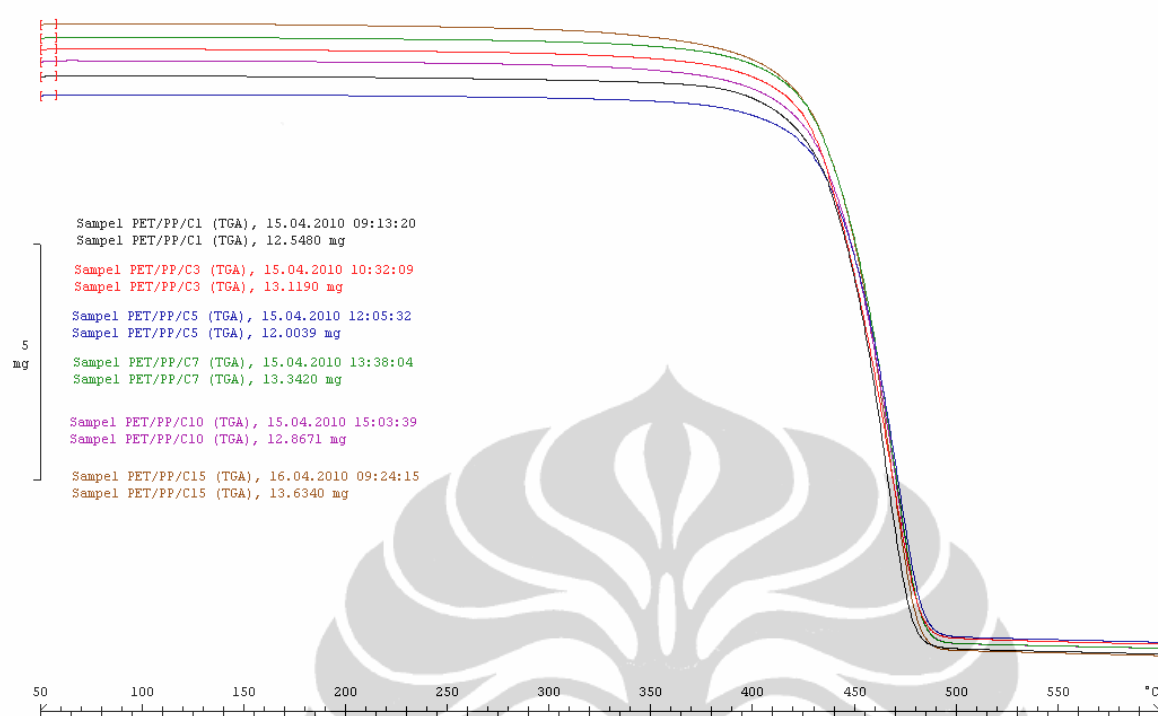
Gambar E.4 Termogram TGA sampel PET/PP/C-7



Gambar E.5 Termogram TGA sampel PET/PP/C-10



Gambar E.6 Termogram TGA sampel PET/PP/C-15



Gambar E.7 Overlay Termogram TGA sampel *Blending* PET/PP/PP-g-MA

LAMPIRAN G. DATA PENGUJIAN UTM SIFAT MEKANIK *BLENDING* PET/PP

Test Certificate
Plastics Tensile Test

Order No.....J3100001
Teststandard.....ISO 527
Tester.....abd

No Sample.....PET murni
Tested on.....2010-03-29
Kondisi Uji.....25.3oC , RH 52.5%

Testing machine.....AGS-G
Pretension.....0.01 N
Gripped length.....115 mm
Test speed 1.....0 % -> 1 mm/min
Test speed 2.....1.5 % -> 50 mm/min

Directory.....J3100001
Parameterset.....ISO 527

Legend

BNo.....Batch number
a.....Thickness
b.....Width
E.....E-Modulus
*M.....Tensile strength
*Y.....Yield stress
*Y.....Yield strain
*B.....Strain at Break
Fmax.....Maximum load
Comment.....Comment

Test No	BNo	a mm	b mm	E GPa	*M MPa	*Y MPa	*Y %	*B %	Fmax N	Comment
117	PET - 1	4.100	9.870	1.310	61.44	61.44	8.112	30.10	2486	
118	PET - 2	4.100	9.880	1.198	60.88	60.88	9.588	31.60	2466	
119	PET - 3	4.270	10.12	1.225	60.57	60.57	9.851	36.32	2618	
120	PET - 4	4.540	9.720	0.894	66.45	66.45	9.431	26.30	2933	
121	PET - 5	3.900	9.750	0.935	64.23	64.23	9.293	45.84	2443	
Mean:		4.182	9.868	1.112	62.71	62.71	9.255	34.03	2589	
Minimum:		3.900	9.720	0.894	60.57	60.57	8.112	26.30	2443	
Maximum:		4.540	10.12	1.310	66.45	66.45	9.851	45.84	2933	
Std.dev.:		0.239	0.158	0.186	2.542	2.542	0.872	7.514	203.9	
W(0.95) %:		7.101	1.984	20.75	5.031	5.031	9.011	27.41	9.775	
Values:		5	5	5	5	5	5	5	5	

Gambar G.1 Data pengujian UTM sampel PET Murni

Test Certificate
Plastics Tensile Test

Order No.....J3100001
Teststandard.....ISO 527-2 type 1A
Tester.....abd

No Sample.....PP
Tested on.....2010-02-05
Kondisi Uji.....24.3oC , RH 55.5%

Testing machine.....AGS-G
Pretension.....0.01 N
Gripped length.....115 mm
Test speed 1.....0 % -> 1 mm/min
Test speed 2.....0.5 % -> 50 mm/min

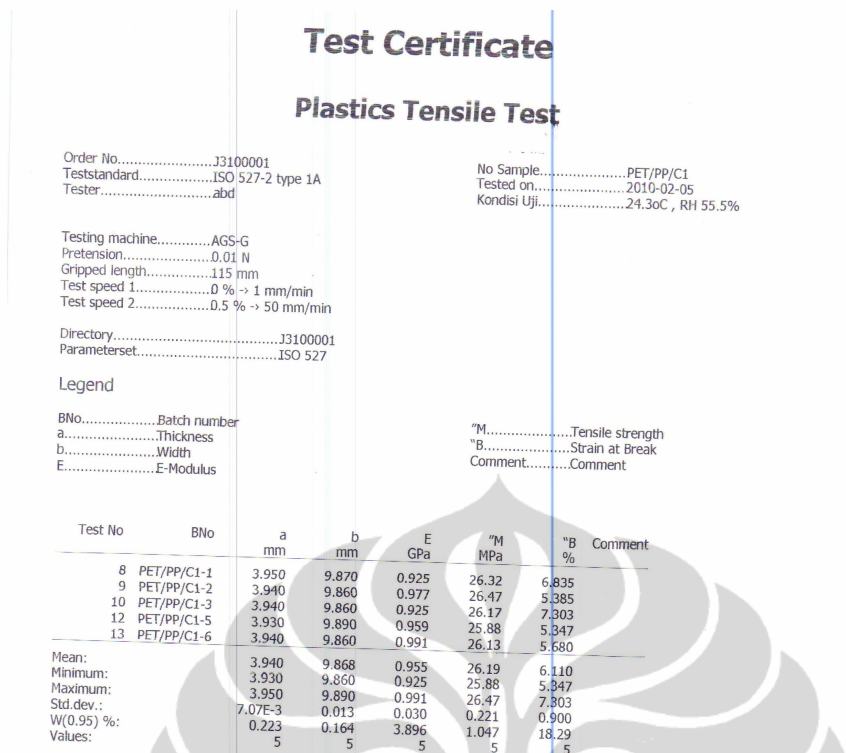
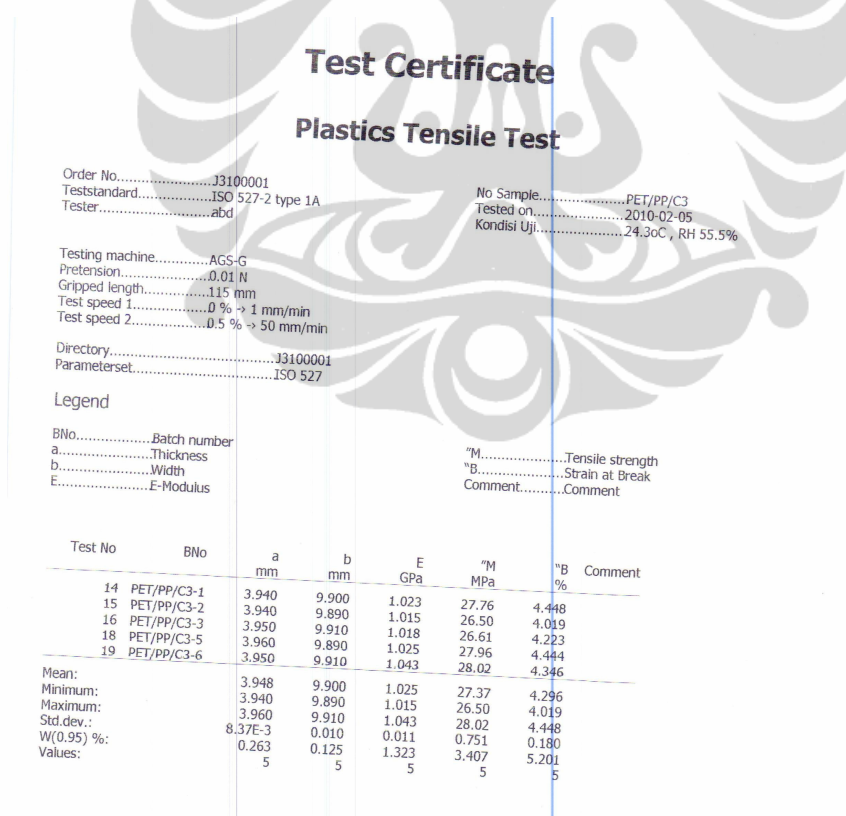
Directory.....J3100001
Parameterset.....ISO 527

Legend

BNo.....Batch number
a.....Thickness
b.....Width
E.....E-Modulus
*M.....Tensile strength
*Y.....Yield strain
*B.....Strain at Break
Comment.....Comment

Test No	BNo	a mm	b mm	E GPa	*M MPa	*Y %	*B %	Comment
1	PP-1	3.940	9.890	0.744	29.99	13.43	145.2	
2	PP-2	3.950	9.870	0.708	29.87	13.55	121.8	
4	PP-4	3.950	9.870	0.752	30.10	13.80	157.7	
6	PP-6	3.950	9.890	0.569	29.26	13.60	148.2	
7	PP-7	3.930	9.890	0.778	29.75	13.62	130.7	
Mean:		3.944	9.882	0.710	29.79	13.60	140.7	
Minimum:		3.930	9.870	0.569	29.26	13.43	121.8	
Maximum:		3.950	9.890	0.778	30.10	13.80	157.7	
Std.dev.:		8.94E-3	0.011	0.083	0.326	0.134	14.34	
W(0.95) %:		0.282	0.138	14.48	1.358	1.223	12.65	
Values:		5	5	5	5	5	5	

Gambar G.2 Data pengujian UTM sampel PP Murni

Gambar G.3 Data pengujian UTM sampel *Blending* PET/PP/C-1Gambar G.4 Data pengujian UTM sampel *Blending* PET/PP/C-3

Test Certificate

Plastics Tensile Test

Order No.....J3100001
 Teststandard.....ISO 527-2 type 1A
 Tester.....abd

No Sample.....PET/PP/C5
 Tested on.....2010-02-05
 Kondisi Uji.....24.3oC , RH 55.5%

Testing machine.....AGS-G
 Pretension.....0.01 N
 Gripped length.....115 mm
 Test speed 1.....0 % -> 1 mm/min
 Test speed 2.....0.5 % -> 50 mm/min

Directory.....J3100001
 Parameterset.....ISO 527

Legend

BNo.....Batch number
 a.....Thickness
 b.....Width
 E.....E-Modulus

"M.....Tensile strength
 "B.....Strain at Break
 Comment.....Comment

Test No	BNo	a mm	b mm	E GPa	"M MPa	"B %	Comment
21	PET/PP/C5-2	3.940	9.870	0.974	27.66	5.627	
22	PET/PP/C5-3	3.940	9.860	1.003	28.86	5.788	
23	PET/PP/C5-4	3.940	9.880	0.989	27.77	5.113	
24	PET/PP/C5-5	3.960	9.890	0.968	27.75	5.137	
25	PET/PP/C5-6	3.960	9.890	0.984	28.71	6.008	
Mean:		3.948	9.878	0.984	28.15	5.535	
Minimum:		3.940	9.860	0.968	27.66	5.113	
Maximum:		3.960	9.890	1.003	28.86	6.008	
Std.dev.:		0.011	0.013	0.014	0.584	0.398	
W(0.95) %:		0.344	0.164	1.718	2.574	8.921	
Values:		5	5	5	5	5	

Gambar G.5 Data pengujian UTM sampel *Blending* PET/PP/C-5

Test Certificate

Plastics Tensile Test

Order No.....J3100001
 Teststandard.....ISO 527-2 type 1A
 Tester.....abd

No Sample.....PET/PP/C7
 Tested on.....2010-02-05
 Kondisi Uji.....24.3oC , RH 55.5%

Testing machine.....AGS-G
 Pretension.....0.01 N
 Gripped length.....115 mm
 Test speed 1.....0 % -> 1 mm/min
 Test speed 2.....0.5 % -> 50 mm/min

Directory.....J3100001
 Parameterset.....ISO 527

Legend

BNo.....Batch number
 a.....Thickness
 b.....Width
 E.....E-Modulus

"M.....Tensile strength
 "B.....Strain at Break
 Comment.....Comment

Test No	BNo	a mm	b mm	E GPa	"M MPa	"B %	Comment
27	PET/PP/C7-2	3.940	9.870	0.924	28.98	5.936	
28	PET/PP/C7-3	3.950	9.870	0.979	29.45	6.385	
29	PET/PP/C7-4	3.950	9.880	0.976	29.70	6.948	
30	PET/PP/C7-5	3.950	9.890	0.965	29.09	6.460	
31	PET/PP/C7-6	3.940	9.890	0.962	29.05	6.325	
Mean:		3.946	9.880	0.961	29.25	6.411	
Minimum:		3.940	9.870	0.924	28.98	5.936	
Maximum:		3.950	9.890	0.979	29.70	6.948	
Std.dev.:		5.48E-3	10.00E-3	0.022	0.309	0.362	
W(0.95) %:		0.172	0.126	2.841	1.310	7.012	
Values:		5	5	5	5	5	

Gambar G.6 Data pengujian UTM sampel *Blending* PET/PP/C-7

Test Certificate

Plastics Tensile Test

Order No.....J3100001
 Teststandard.....ISO 527-2 type 1A
 Tester.....abd

No Sample.....PET/PP/C10
 Tested on.....2010-02-11
 Kondisi Uji.....24.4oC , RH 53%

Testing machine.....AGS-G
 Pretension.....0.01 N
 Gripped length.....115 mm
 Test speed 1.....0 % -> 1 mm/min
 Test speed 2.....0.5 % -> 50 mm/min

Directory.....J3100001
 Parameterset.....ISO 527

Legend

BNo.....Batch number
 a.....Thickness
 b.....Width
 E.....E-Modulus

"M.....Tensile strength
 "B.....Strain at Break
 Comment.....Comment

Test No	BNo	a mm	b mm	E GPa	"M MPa	"B %	Comment
35	PET/PP/C10-1	3.970	9.900	0.949	29.30	5.728	
36	PET/PP/C10-2	3.970	9.900	0.977	29.48	6.209	
37	PET/PP/C10-3	3.970	9.900	0.949	28.85	6.370	
38	PET/PP/C10-4	3.910	9.920	0.956	28.46	5.692	
40	PET/PP/C10-6	3.900	9.910	0.940	28.02	5.352	
Mean:		3.944	9.906	0.954	28.82	5.870	
Minimum:		3.900	9.900	0.940	28.02	5.352	
Maximum:		3.970	9.920	0.977	29.48	6.370	
Std.dev.:		0.036	8.94E-3	0.014	0.599	0.414	
W(0.95) %:		1.126	0.112	1.815	2.581	8.752	
Values:		5	5	5	5	5	

Gambar G.7 Data pengujian UTM sampel *Blending* PET/PP/C-10

Test Certificate

Plastics Tensile Test

Order No.....J3100001
 Teststandard.....ISO 527-2 type 1A
 Tester.....abd

No Sample.....PET/PP/C15
 Tested on.....2010-02-11
 Kondisi Uji.....24.4oC , RH 53%

Testing machine.....AGS-G
 Pretension.....0.01 N
 Gripped length.....115 mm
 Test speed 1.....0 % -> 1 mm/min
 Test speed 2.....0.5 % -> 50 mm/min

Directory.....J3100001
 Parameterset.....ISO 527

Legend

BNo.....Batch number
 a.....Thickness
 b.....Width
 E.....E-Modulus

"M.....Tensile strength
 "B.....Strain at Break
 Comment.....Comment

Test No	BNo	a mm	b mm	E GPa	"M MPa	"B %	Comment
43	PET/PP/C15-3	3.890	9.900	0.942	29.19	7.175	
44	PET/PP/C15-4	3.870	9.900	0.933	29.29	6.740	
45	PET/PP/C15-5	3.900	9.880	0.954	29.42	6.321	
46	PET/PP/C15-6	3.870	9.900	0.943	29.30	6.683	
47	PET/PP/C15-7	3.940	9.890	0.879	28.32	7.431	
Mean:		3.894	9.894	0.930	29.10	6.870	
Minimum:		3.870	9.880	0.879	28.32	6.321	
Maximum:		3.940	9.900	0.954	29.42	7.431	
Std.dev.:		0.029	8.94E-3	0.030	0.446	0.436	
W(0.95) %:		0.918	0.112	3.947	1.902	7.882	
Values:		5	5	5	5	5	

Gambar G.8 Data pengujian UTM sampel *Blending* PET/PP/C-15

Test Certificate

Plastics Tensile Test

Order No.....J3100001
 Teststandard.....ISO 527-2Type 1A
 Tester.....abd

No Sample.....PET/PP/OC
 Tested on.....2010-02-19
 Kondisi Uji.....23.7oC , RH 56.5%

Testing machine.....AGS-G
 Pretension.....0.01 N
 Gripped length.....115 mm
 Test speed 1.....0 % -> 1 mm/min
 Test speed 2.....0.5 % -> 50 mm/min

Directory.....J3100001
 Parameterset.....ISO 527

Legend

BNo.....Batch number
 a.....Thickness
 b.....Width
 E.....E-Modulus

*M.....Tensile strength
 *B.....Strain at Break
 Comment.....Comment

Test No	BNo	a mm	b mm	E GPa	*M MPa	*B %	Comment
48	PET/PP/OC-1	3.930	9.890	0.912	24.27	7.630	
49	PET/PP/OC-1-2	3.920	9.880	0.974	24.66	7.186	
50	PET/PP/OC-1-3	3.930	9.890	0.966	24.87	10.13	
51	PET/PP/OC-1-4	3.940	9.890	0.946	24.67	8.111	
52	PET/PP/OC-1-5	3.930	9.870	0.911	24.62	7.973	
Mean:		3.930	9.884	0.942	24.62	8.206	
Minimum:		3.920	9.870	0.911	24.27	7.186	
Maximum:		3.940	9.890	0.974	24.87	10.13	
Std.dev.:		7.07E-3	8.94E-3	0.029	0.217	1.133	
W(0.95) %:		0.223	0.112	3.886	1.096	17.15	
Values:		5	5	5	5	5	

Gambar G.9 Data pengujian UTM sampel *Blending* PET/PP/OC-1

Test Certificate

Plastics Tensile Test

Order No.....J3100001
 Teststandard.....ISO 527-2Type 1A
 Tester.....abd

No Sample.....PET/PP/OC
 Tested on.....2010-02-19
 Kondisi Uji.....23.7oC , RH 56.5%

Testing machine.....AGS-G
 Pretension.....0.01 N
 Gripped length.....115 mm
 Test speed 1.....0 % -> 1 mm/min
 Test speed 2.....0.5 % -> 50 mm/min

Directory.....J3100001
 Parameterset.....ISO 527

Legend

BNo.....Batch number
 a.....Thickness
 b.....Width
 E.....E-Modulus

*M.....Tensile strength
 *B.....Strain at Break
 Comment.....Comment

Test No	BNo	a mm	b mm	E GPa	*M MPa	*B %	Comment
53	PET/PP/OC3-1	3.920	9.880	1.005	24.94	6.241	
54	PET/PP/OC3-2	3.940	9.870	0.909	24.18	5.759	
56	PET/PP/OC3-4	3.920	9.880	0.934	24.54	5.949	
58	PET/PP/OC3-6	3.940	9.880	1.038	24.39	5.634	
59	PET/PP/OC3-7	3.920	9.870	1.056	24.35	6.169	
Mean:		3.928	9.876	0.988	24.48	5.950	
Minimum:		3.920	9.870	0.909	24.18	5.634	
Maximum:		3.940	9.880	1.056	24.94	6.241	
Std.dev.:		0.011	5.48E-3	0.064	0.287	0.259	
W(0.95) %:		0.346	0.069	8.084	1.457	5.410	
Values:		5	5	5	5	5	

Gambar G.10 Data pengujian UTM sampel *Blending* PET/PP/OC-3

Test Certificate

Plastics Tensile Test

Order No.....J3100001
 Teststandard.....ISO 527-2Type 1A
 Tester.....abd

No Sample.....PET/PP/OC
 Tested on.....2010-02-19
 Kondisi Uji.....23.7oC , RH 56.5%

Testing machine.....AGS-G
 Pretension.....0.01 N
 Gripped length.....115 mm
 Test speed 1.....0 % -> 1 mm/min
 Test speed 2.....0.5 % -> 50 mm/min

Directory.....J3100001
 Parameterset.....ISO 527

Legend

BNo.....Batch number
 a.....Thickness
 b.....Width
 E.....E-Modulus

"M.....Tensile strength
 "B.....Strain at Break
 Comment.....Comment

Test No	BNo	a mm	b mm	E GPa	"M MPa	"B %	Comment
60	PET/PP/OC5-1	3.920	9.870	0.966	24.22	5.183	
61	PET/PP/OC5-2	3.910	9.870	1.025	24.41	4.335	
63	PET/PP/OC5-4	3.910	9.890	1.051	24.59	5.222	
64	PET/PP/OC5-5	3.920	9.880	0.937	24.66	5.118	
65	PET/PP/OC5-6	3.920	9.890	0.939	24.19	5.103	
Mean:		3.916	9.880	0.984	24.41	4.992	
Minimum:		3.910	9.870	0.937	24.19	4.335	
Maximum:		3.920	9.890	1.051	24.66	5.222	
Std.dev.:		5.48E-3	10.00E-3	0.052	0.212	0.371	
W(0.95) %:		0.174	0.126	6.536	1.077	9.215	
Values:		5	5	5	5	5	

Gambar G.11 Data pengujian UTM sampel *Blending* PET/PP/OC-5

Test Certificate

Plastics Tensile Test

Order No.....J3100001
 Teststandard.....ISO 527-2Type 1A
 Tester.....abd

No Sample.....PET/PP/OC
 Tested on.....2010-02-19
 Kondisi Uji.....23.7oC , RH 56.5%

Testing machine.....AGS-G
 Pretension.....0.01 N
 Gripped length.....115 mm
 Test speed 1.....0 % -> 1 mm/min
 Test speed 2.....0.5 % -> 50 mm/min

Directory.....J3100001
 Parameterset.....ISO 527

Legend

BNo.....Batch number
 a.....Thickness
 b.....Width
 E.....E-Modulus

"M.....Tensile strength
 "B.....Strain at Break
 Comment.....Comment

Test No	BNo	a mm	b mm	E GPa	"M MPa	"B %	Comment
66	PET/PP/OC7-1	3.920	9.890	1.094	23.64	4.504	
67	PET/PP/OC7-2	3.920	9.880	1.070	24.06	4.188	
68	PET/PP/OC7-3	3.920	9.880	0.918	23.75	4.042	
69	PET/PP/OC7-4	3.920	9.870	1.020	23.88	4.191	
70	PET/PP/OC7-5	3.920	9.880	1.007	23.90	4.652	
Mean:		3.920	9.880	1.022	23.85	4.315	
Minimum:		3.920	9.870	0.918	23.64	4.042	
Maximum:		3.920	9.890	1.094	24.06	4.652	
Std.dev.:		0.000	7.07E-3	0.068	0.159	0.253	
W(0.95) %:		0.000	0.089	8.270	0.829	7.268	
Values:		5	5	5	5	5	

Gambar G.12 Data pengujian UTM sampel *Blending* PET/PP/OC-7

Test Certificate

Plastics Tensile Test

Order No.....J3100001
 Teststandard.....ISO 527-2Type 1A
 Tester.....abd

No Sample.....PET/PP/OC
 Tested on.....2010-02-19
 Kondisi Uji.....23.7oC , RH 56.5%

Testing machine.....AGS-G
 Pretension.....0.01 N
 Gripped length.....115 mm
 Test speed 1.....0 % -> 1 mm/min
 Test speed 2.....0.5 % -> 50 mm/min

Directory.....J3100001
 Parameterset.....ISO 527

Legend

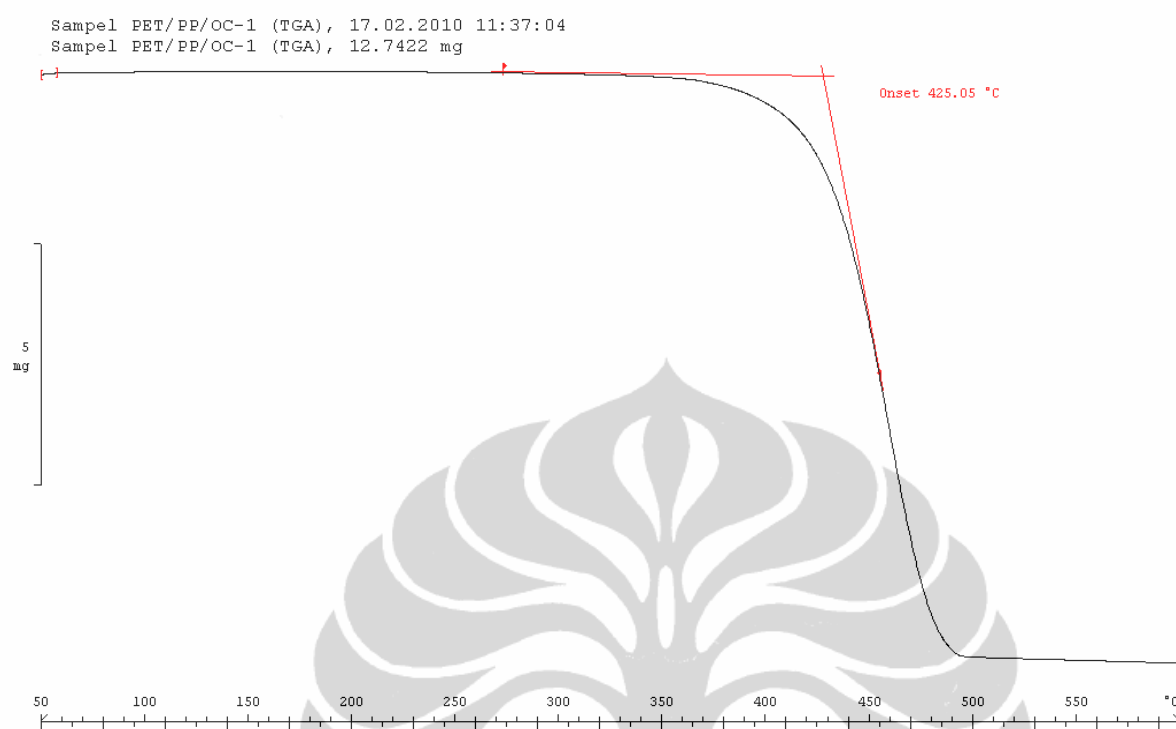
BNo.....Batch number
 a.....Thickness
 b.....Width
 E.....E-Modulus

"M.....Tensile strength
 "B.....Strain at Break
 Comment.....Comment

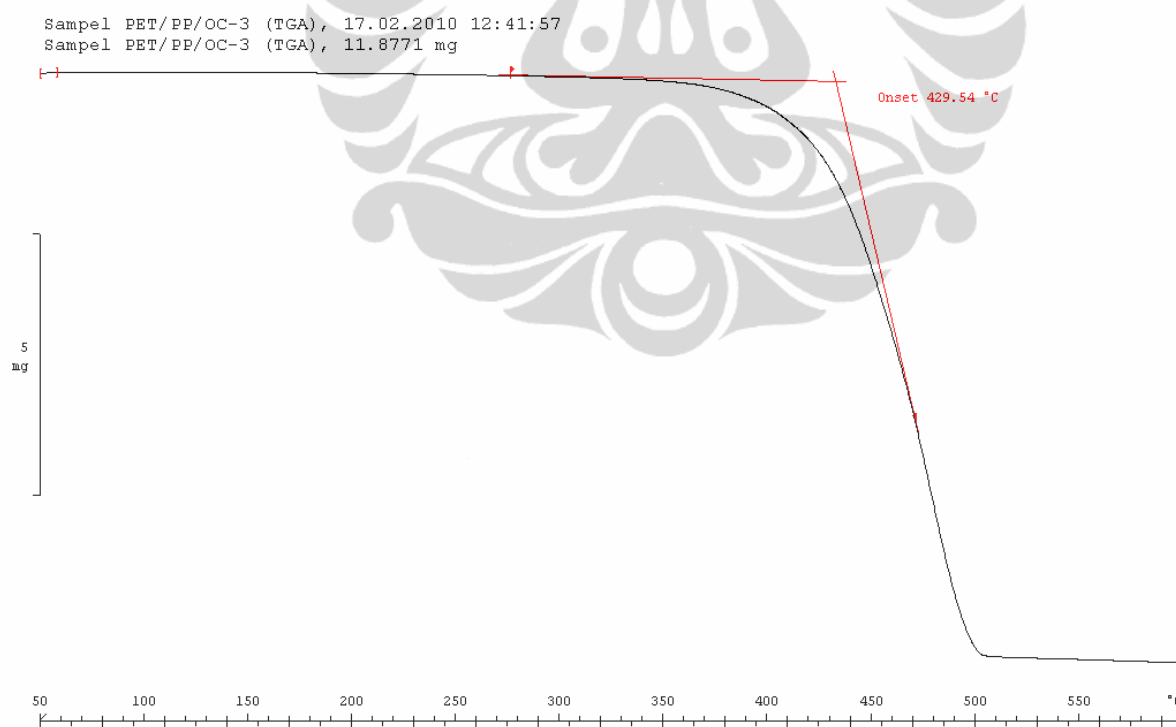
Test No	BNo	a mm	b mm	E GPa	"M MPa	"B %	Comment
71	PET/PP/OC10-1	3.920	9.870	1.008	22.63	3.545	
72	PET/PP/OC10-2	3.910	9.870	1.072	20.62	2.368	
73	PET/PP/OC10-3	3.930	9.860	1.055	22.77	3.389	
74	PET/PP/OC10-4	3.940	9.860	0.998	20.44	3.206	
75	PET/PP/OC10-5	3.930	9.880	1.033	20.35	3.337	
Mean:		3.926	9.868	1.033	21.36	3.169	
Minimum:		3.910	9.860	0.998	20.35	2.368	
Maximum:		3.940	9.880	1.072	22.77	3.545	
Std.dev.:		0.011	8.37E-3	0.031	1.226	0.464	
W(0.95) %:		0.361	0.105	3.730	7.127	18.18	
Values:		5	5	5	5	5	

Gambar G.13 Data pengujian UTM sampel *Blending* PET/PP/OC-10

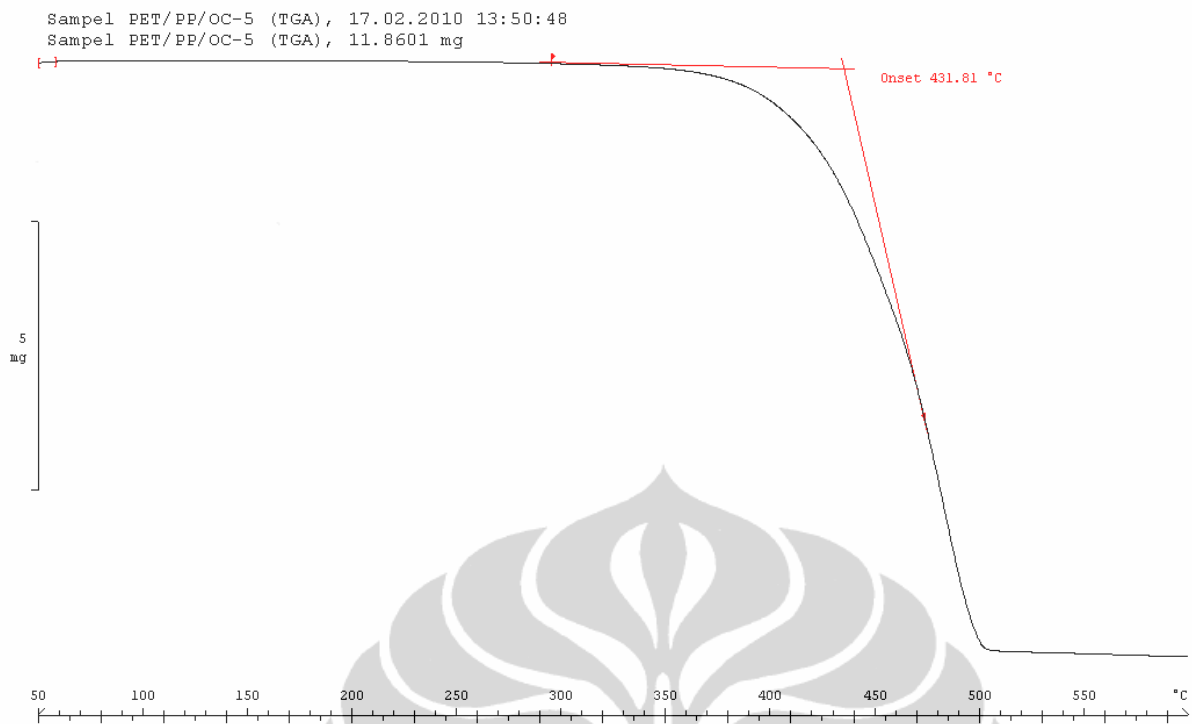
LAMPIRAN F. GAMBAR TERMOGRAM TGA *BLENDING* PET/PP/PP-g-MA/FILLER CLAY



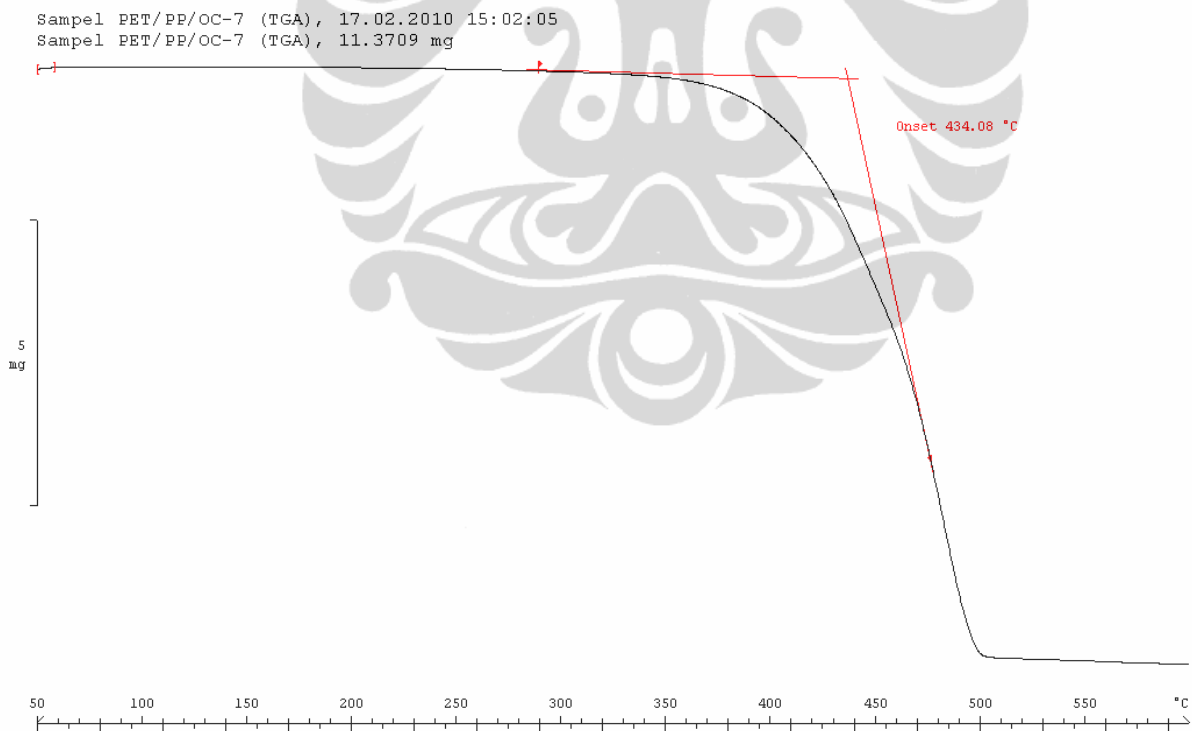
Gambar F.1 Termogram TGA sampel PET/PP/OC-1



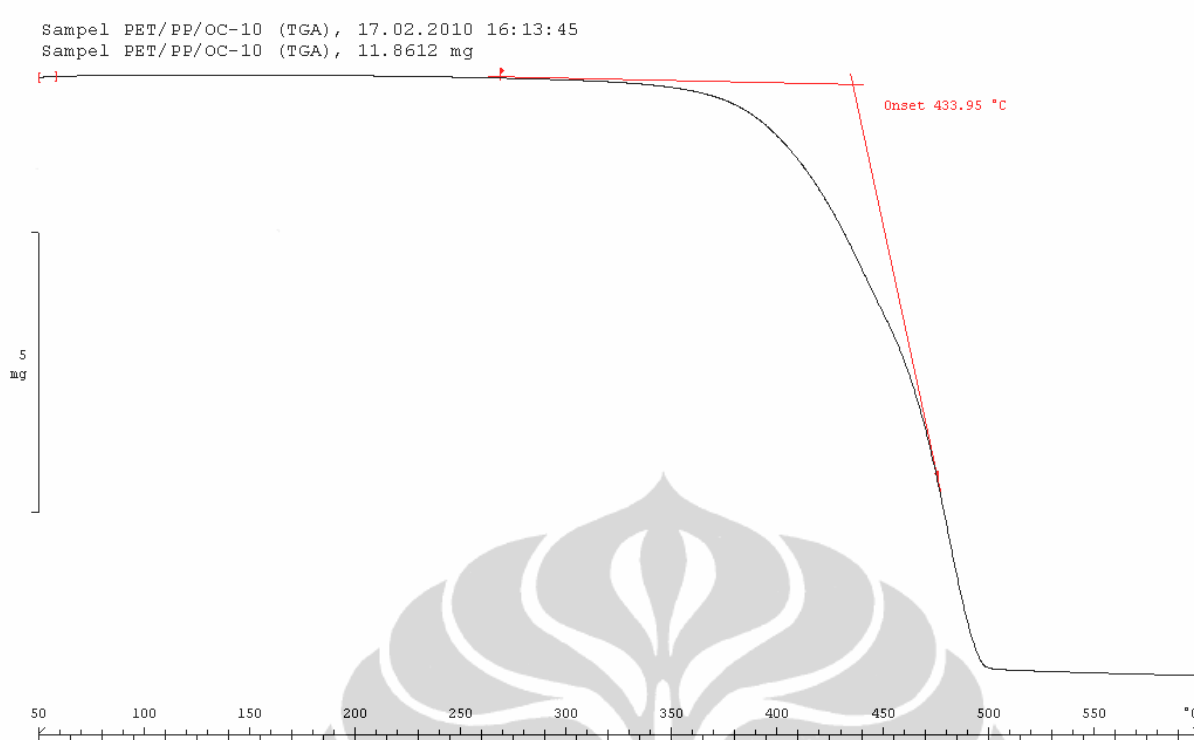
Gambar F.2 Termogram TGA sampel PET/PP/OC-3



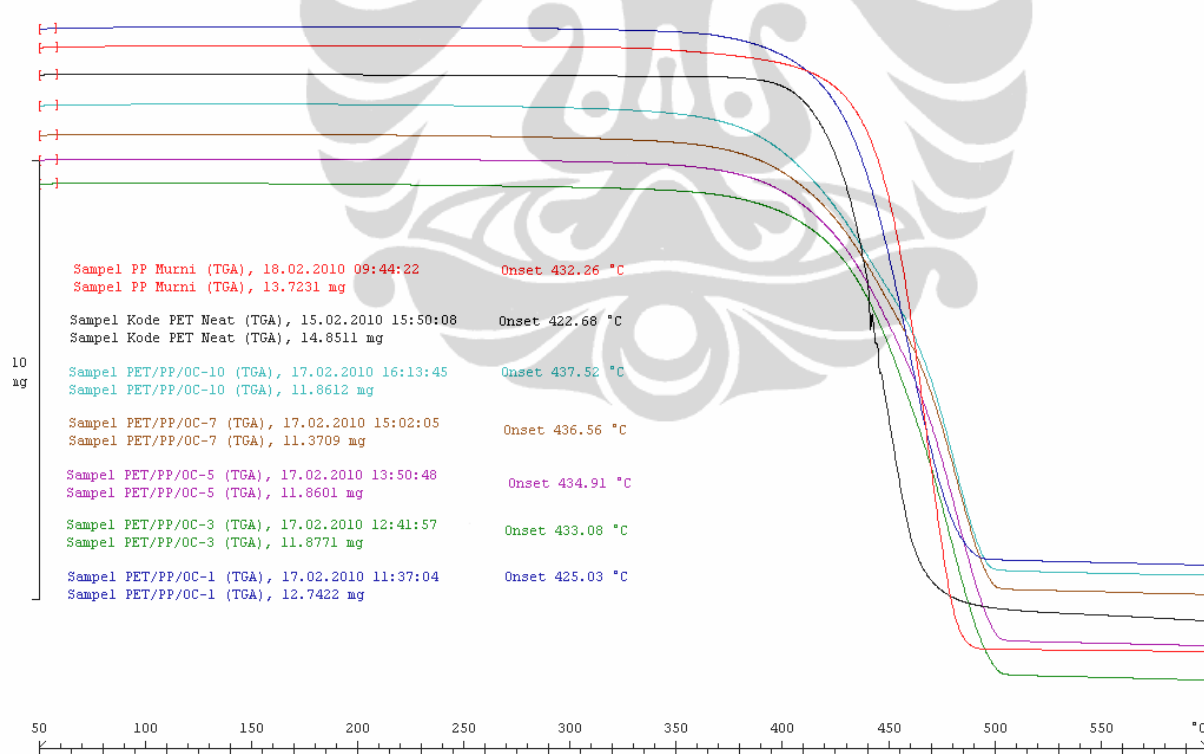
Gambar F.3 Termogram TGA sampel PET/PP/OC-5



Gambar F.4 Termogram TGA sampel PET/PP/OC-7



Gambar F.5 Termogram TGA sampel PET/PP/OC-10



Gambar F.6 Overlay Termogram TGA sampel Blending PET/PP/PP-g-MA/Filler Clay

LAMPIRAN H. DATA PENGUJIAN KEKUATAN IMPAK *BLENDING* PET/PP

IMPACT TEST REPORT

Date of testing : 29-Mar-10
 Order Number : J31100001
 Order from :
 Material Tested : **PET Heat**

 Humidity : 54.5 %
 Temp. : 24.3 °C

 Methode : ISO 179/1 eU Determination of Charpy impact properties
 Methode of tested : ~~Notch~~/ Unnotched/ edgewise/ ~~flatwise~~

 Velocity of Impact : 3.8 m/sec²
 Pendulum Energy : 7.5 J
 Correction Energy : 0.020 J
 Span Length : 62 mm

 Equipment : Impact tool : Resil Impactor CEAST
 Micrometer : Preisser Digi-Met ID-NR 150994129
 Thermohygraph : Opus

No.	Width (mm)	Thickness (mm)	Impact Energy (Joule)	Corrected Energy (Joule)	Impact Charpy Strength (kJ/m ²)	Type of failure
1	9.86	3.99	4.780	4.760	120.992	C
2	9.85	3.92	4.540	4.520	117.062	C
3	9.89	3.94	4.910	4.890	125.492	C
4	9.95	4.02	4.240	4.220	105.503	C
5	9.85	3.93	4.860	4.840	125.031	C
6	9.82	4.47	4.580	4.560	103.883	C
7	9.79	3.88	4.400	4.380	115.308	C
8	9.78	3.89	4.220	4.200	110.398	C
9	9.84	3.89	4.850	4.830	126.183	C
10	9.90	3.94	4.660	4.640	118.956	C
Mean					116.881	
Standard Deviation					8.105	
Standard Deviation (%)					7%	

Gambar H.1 Data pengujian Kekuatan Impak sampel PET Murni

IMPACT TEST REPORT

Date of testing : 4-Feb-10
 Order Number : J31100001
 Order from :
 Material Tested : **PP Treat**

Humidity : 54.5 %
 Temp. : 24.3 °C

Methode : ISO 179/eU Determination of Charpy impact properties
 Methode of tested : ~~Notch/ Unnotched/ edgewise/ flatwise~~

Velocity of Impact : 3.8 m/sec²
 Pendulum Energy : 7.5 J
 Correction Energy : 0.020 J
 Span Length : 62 mm

Equipment : Impact tool : Resil Impactor CEAST
 Micrometer : Preisser Digi-Met ID-NR 150994129
 Thermohygraph : Opus

H.o.	Width (mm)	Thickness (mm)	Impact Energy (Joule)	Corrected Energy (Joule)	Impact Charpy Strength (kJ/m ²)	Type of failure
1	9.92	3.75	2.950	2.930	78.763	C
2	9.86	3.69	2.550	2.530	69.537	C
3	9.93	3.77	2.940	2.920	78.000	C
4	9.89	3.77	3.020	3.000	80.461	C
5	9.90	3.73	3.580	3.560	96.406	C
6	9.91	3.71	2.990	2.970	80.781	C
7	9.89	3.74	2.870	2.850	77.051	C
8	9.90	3.73	2.130	2.110	57.140	C
9	9.90	3.69	3.130	3.110	85.133	C
10	9.92	3.70	3.250	3.230	88.001	C
Mean					79.127	
Standard Deviation					10.536	
Standard Deviation (%)					13%	

Gambar H.2 Data pengujian Kekuatan Impak sampel PP Murni



IMPACT TEST REPORT

Date of testing : 4-Feb-10
 Order Number : J31100001
 Order from :
 Material Tested : **PET/PP/C1**

 Humidity : 54.5 %
 Temp. : 24.3 °C

 Methode : ISO 179/eU Determination of Charpy impact properties
 Methode of tested : ~~Notch/~~ Unnotched/ edgewise/ ~~flatwise~~

 Velocity of Impact : 2.9 m/sec²
 Pendulum Energy : 4 J
 Correction Energy : 0.013 J
 Span Length : 62 mm

 Equipment : Impact tool : Resil Impactor CEAST
 Micrometer : Preisser Digi-Met ID-NR 150994129
 Thermohygrograph : Opus

No.	Width (mm)	Thickness (mm)	Impact Energy (Joule)	Corrected Energy (Joule)	Impact Charpy Strength (kJ/m ²)	Type of failure
1	9.86	3.81	0.746	0.733	19.512	C
2	9.86	3.84	0.900	0.887	23.427	C
3	9.87	3.80	0.654	0.641	17.091	C
4	9.86	3.84	0.723	0.710	18.752	C
5	9.87	3.86	0.664	0.651	17.087	C
6	9.86	3.85	0.850	0.837	22.049	C
7	9.86	3.85	0.742	0.729	19.204	C
8	9.88	3.86	0.746	0.733	19.220	C
9	9.87	3.80	0.676	0.663	17.677	C
10	9.87	3.86	0.723	0.710	18.636	C
Mean					19.266	
Standard Deviation					2.049	
Standard Deviation (%)					11%	

Gambar H.3 Data pengujian Kekuatan Impak sampel *Blending* PET/PP/C-1

IMPACT TEST REPORT

Date of testing : 4-Feb-10
 Order Number : J31100001
 Order from :
 Material Tested : **PET/PP/C3**

Humidity : 54.5 %
 Temp. : 24.3 °C

Methode : ISO 179/eU Determination of Charpy impact properties
 Methode of tested : ~~Notch/ U notched/ edgewise/ flatwise~~

Velocity of Impact : 2.9 m/sec²
 Pendulum Energy : 4 J
 Correction Energy : 0.013 J
 Span Length : 62 mm

Equipment : Impact tool : Resil Impactor CE AST
 Micrometer : Preisser Digi-Met ID-NR 150994129
 Thermohygraph : Opus

No.	Width (mm)	Thickness (mm)	Impact Energy (Joule)	Corrected Energy (Joule)	Impact Charpy Strength (kJ/m ²)	Type of failure
1	9.91	3.84	0.545	0.532	13.980	C
2	9.89	3.92	0.536	0.523	13.490	C
3	9.87	3.93	0.670	0.657	16.938	C
4	9.88	3.93	0.685	0.672	17.307	C
5	9.89	3.85	0.853	0.840	22.061	C
6	9.89	3.85	0.516	0.503	13.210	C
7	9.88	3.87	0.781	0.768	20.086	C
8	9.89	3.80	0.623	0.610	16.231	C
9	9.90	3.79	0.504	0.491	13.086	C
10	9.89	3.90	0.536	0.523	13.559	C
Mean					15.995	
Standard Deviation					3.139	
Standard Deviation (%)					20%	

Gambar H.4 Data pengujian Kekuatan Impak sampel *Blending* PET/PP/C-3

IMPACT TEST REPORT

Date of testing : 4-Feb-10
 Order Number : J31100001
 Order from :
 Material Tested : **PET/PP/C5**

Humidity : 54.5 %
 Temp. : 24.3 °C

Method : ISO 179/1eU Determination of Charpy impact properties
 Methode of tested : ~~Notch~~/ Unnotched/ edgewise/ ~~flatwise~~

Velocity of Impact : 2.9 m/sec²
 Pendulum Energy : 4 J
 Correction Energy : 0.013 J
 Span Length : 62 mm

Equipment : Impact tool : Resil Impactor CEAST
 Micrometer : Preisser Digi-Met ID-NR 150994129
 Thermohygraph : Opus

No.	Width (mm)	Thickness (mm)	Impact Energy (Joule)	Corrected Energy (Joule)	Impact Charpy Strength (kJ/m ²)	Type of failure
1	9.88	3.97	0.504	0.491	12.518	C
2	9.88	3.86	0.720	0.707	18.539	C
3	9.87	3.84	0.639	0.626	16.517	C
4	9.86	3.85	0.402	0.389	10.247	C
5	9.87	3.83	0.667	0.654	17.301	C
6	9.89	3.89	0.519	0.506	13.152	C
7	9.87	3.84	0.554	0.541	14.274	C
8	9.89	3.90	0.533	0.520	13.482	C
9	9.88	3.85	0.701	0.688	18.087	C
10	9.86	3.86	0.679	0.666	17.499	C
Mean					15.162	
Standard Deviation					2.801	
Standard Deviation (%)					18%	

Gambar H.5 Data pengujian Kekuatan Impak sampel *Blending* PET/PP/C-5



IMPACT TEST REPORT

Date of testing : 4-Feb-10
 Order Number : J31100001
 Order from :
 Material Tested : **PET/PP/C7**

 Humidity : 54.5 %
 Temp. : 24.3 °C

 Methode : ISO 179/1eU Determination of Charpy impact properties
 Methode of tested : ~~Notch/~~ Unnotched/ ~~edgewise/~~ ~~flatwise~~

 Velocity of Impact : 2.9 m/sec²
 Pendulum Energy : 4 J
 Correction Energy : 0.013 J
 Span Length : 62 mm

 Equipment : Impact tool : Resil Impactor CE AST
 Micrometer : Preisser Digi-Met ID-NR 150994129
 Thermohygraph : Opus

No.	Width (mm)	Thickness (mm)	Impact Energy (Joule)	Corrected Energy (Joule)	Impact Charpy Strength (kJ/m ²)	Type of failure
1	9.87	3.86	0.623	0.610	16.011	C
2	9.88	3.85	0.840	0.827	21.741	C
3	9.86	3.86	0.563	0.550	14.451	C
4	9.87	3.88	0.620	0.607	15.850	C
5	9.89	3.86	0.807	0.794	20.799	C
6	9.89	3.89	0.794	0.781	20.300	C
7	9.88	3.88	0.920	0.907	23.660	C
8	9.88	3.87	0.730	0.717	18.752	C
9	9.92	3.87	0.775	0.762	19.849	C
10	9.89	3.88	0.611	0.598	15.584	C
Mean					18.700	
Standard Deviation					3.078	
Standard Deviation (%)					16%	

Gambar H.6 Data pengujian Kekuatan Impak sampel *Blending* PET/PP/C-7



IMPACT TEST REPORT

Date of testing : 11 Feb-10
 Order Number : J31100001
 Order from :
 Material Tested : **PET/PP/C10**

 Humidity : 52.5 %
 Temp. : 24.3 °C

 Methode : ISO 179/1eU Determination of Charpy impact properties
 Methode of tested : ~~Notch/ Unnotched/ edgewise/ flatwise~~

 Velocity of Impact : 2.9 m/sec²
 Pendulum Energy : 4 J
 Correction Energy : 0.013 J
 Span Length : 62 mm

 Equipment : Impact tool : Resil Impactor CEAST
 Micrometer : Preisser Digi-Met ID-NR 150994129
 Thermohygraph : Opus

No.	Width (mm)	Thickness (mm)	Impact Energy (Joule)	Corrected Energy (Joule)	Impact Charpy Strength (kJ/m ²)	Type of failure
1	9.92	3.95	1.102	1.089	27.792	C
2	9.93	3.97	1.057	1.044	26.483	C
3	9.92	3.96	0.827	0.814	20.721	C
4	9.90	3.96	0.778	0.765	19.513	C
5	9.91	3.93	0.804	0.791	20.310	C
6	9.91	3.91	0.916	0.903	23.304	C
7	9.90	3.94	1.021	1.008	25.842	C
8	9.90	3.97	0.660	0.647	16.462	C
9	9.91	3.97	0.775	0.762	19.368	C
10	9.91	3.96	1.043	1.030	26.246	C
					22.604	
Standard Deviation					3.841	
Standard Deviation (%)					17%	

Gambar H.7 Data pengujian Kekuatan Impak sampel *Blending* PET/PP/C-10



IMPACT TEST REPORT

Date of testing : 11-Feb-10
 Order Number : J31100001
 Order from :
 Material Tested : **PET/PP/C15**

 Humidity : 52.5 %
 Temp. : 24.3 °C

 Methode : ISO 179/1eU Determination of Charpy impact properties
 Methode of tested : ~~Notch/ Unnotched/ edgewise/ flatwise~~

 Velocity of Impact : 2.9 m/sec²
 Pendulum Energy : 4 J
 Correction Energy : 0.013 J
 Span Length : 62 mm

 Equipment : Impact tool : Resil Impactor CEAST
 Micrometer : Preisser Digi-Met ID-NR 150994129
 Thermohygraph : Opus

No.	Width (mm)	Thickness (mm)	Impact Energy (Joule)	Corrected Energy (Joule)	Impact Charpy Strength (kJ/m ²)	Type of failure
1	9.91	3.92	0.630	0.617	15.883	C
2	9.96	3.90	0.490	0.477	12.280	C
3	9.90	3.93	0.784	0.771	19.816	C
4	9.91	3.89	0.642	0.629	16.317	C
5	9.92	3.88	0.627	0.614	15.952	C
6	9.91	3.88	0.481	0.468	12.171	C
7	9.90	3.83	0.742	0.729	19.226	C
8	9.91	3.79	0.850	0.837	22.285	C
9	9.89	3.88	0.755	0.742	19.336	C
10	9.89	3.79	0.896	0.883	23.557	C
					17.682	
Standard Deviation					3.845	
Standard Deviation (%)					22%	

Gambar H.8 Data pengujian Kekuatan Impak sampel *Blending* PET/PP/C-15



IMPACT TEST REPORT

Date of testing : 19-Feb-10
 Order Number : J31100001
 Order from :
 Material Tested : **PET/PP/OC-1**

 Humidity : 54.0 %
 Temp. : 24.2 °C

 Methode : ISO 179/eU Determination of Charpy impact properties
 Methode of tested : ~~Notch/~~ Unnotched/ edgewise / ~~flatwise~~

 Velocity of Impact : 2.9 m/sec²
 Pendulum Energy : 4 J
 Correction Energy : 0.013 J
 Span Length : 62 mm

 Equipment : Impact tool : Resil Impactor CE AST
 Micrometer : Preisser Digi-Met ID-NR 150994129
 Thermohygraph : Opus

No.	Width (mm)	Thickness (mm)	Impact Energy (Joule)	Corrected Energy (Joule)	Impact Charpy Strength (kJ/m ²)	Type of failure
1	9.85	3.61	0.850	0.837	23.539	C
2	9.86	3.62	0.711	0.698	19.556	C
3	9.86	3.63	0.711	0.698	19.502	C
4	9.86	3.73	0.755	0.742	20.175	C
5	9.86	3.64	0.733	0.720	20.061	C
6	9.86	3.66	0.823	0.810	22.445	C
7	9.85	3.62	0.707	0.694	19.463	C
8	9.86	3.55	0.730	0.717	20.484	C
9	9.86	3.79	0.791	0.778	20.819	C
10	9.86	3.61	0.707	0.694	19.497	C
Mean					20.554	
Standard Deviation					1.389	
Standard Deviation (%)					7%	

Gambar H.9 Data pengujian Kekuatan Impak sampel *Blending* PET/PP/OC-1



IMPACT TEST REPORT

Date of testing : 19-Feb-10
 Order Number : J31100001
 Order from :
 Material Tested : **PET/PP/OC-3**

 Humidity : 54.0 %
 Temp. : 24.2 °C

 Methode : ISO 179/eU Determination of Charpy impact properties
 Methode of tested : ~~Notch/ Unnotched/ edgewise / flatwise~~

 Velocity of Impact : 2.9 m/sec²
 Pendulum Energy : 4 J
 Correction Energy : 0.013 J
 Span Length : 62 mm

 Equipment : Impact tool : Resil Impactor CE AST
 Micrometer : Preisser Digi-Met ID-NR 150994129
 Thermohygraph : Opus

No.	Width (mm)	Thickness (mm)	Impact Energy (Joule)	Corrected Energy (Joule)	Impact Charpy Strength (kJ/m ²)	Type of failure
1	9.87	3.65	0.527	0.514	14.268	C
2	9.85	3.68	0.692	0.679	18.732	C
3	9.86	3.78	0.739	0.726	19.479	C
4	9.84	3.72	0.527	0.514	14.042	C
5	9.86	3.69	0.730	0.717	19.707	C
6	9.86	3.68	0.692	0.679	18.713	C
7	9.85	3.68	0.563	0.550	15.173	C
8	9.85	3.69	0.651	0.638	17.553	C
9	9.86	3.77	0.581	0.568	15.280	C
10	9.85	3.70	0.636	0.623	17.094	C
Mean					17.004	
Standard Deviation					2.166	
Standard Deviation (%)					13%	

Gambar H.10 Data pengujian Kekuatan Impak sampel *Blending* PET/PP/OC-3



IMPACT TEST REPORT

Date of testing : 19-Feb-10
 Order Number : J31100001
 Order from :
 Material Tested : **PET/PP/OC-5**

 Humidity : 54.0 %
 Temp. : 24.2 °C

 Methode : ISO 179/1eU Determination of Charpy impact properties
 Methode of tested : ~~Notch/ Unnotched/ edgewise/ flatwise~~

 Velocity of Impact : 2.9 m/sec²
 Pendulum Energy : 4 J
 Correction Energy : 0.013 J
 Span Length : 62 mm

 Equipment : Impact tool : Resil Impactor CEAST
 Micrometer : Preisser Digi-Met ID-NR 150994129
 Thermohygraph : Opus

No.	Width (mm)	Thickness (mm)	Impact Energy (Joule)	Corrected Energy (Joule)	Impact Charpy Strength (kJ/m ²)	Type of failure
1	9.87	3.76	0.433	0.420	11.317	C
2	9.86	3.60	0.572	0.559	15.748	C
3	9.86	3.65	0.458	0.445	12.365	C
4	9.86	3.70	0.569	0.556	15.240	C
5	9.86	3.70	0.504	0.491	13.459	C
6	9.86	3.65	0.519	0.506	14.060	C
7	9.86	3.75	0.501	0.488	13.198	C
8	9.86	3.75	0.501	0.488	13.198	C
9	9.88	3.71	0.424	0.411	11.213	C
10	9.86	3.65	0.475	0.462	12.837	C
Mean					13.264	
Standard Deviation					1.481	
Standard Deviation (%)					11%	

Gambar H.11 Data pengujian Kekuatan Impak sampel *Blending* PET/PP/OC-5



IMPACT TEST REPORT

Date of testing : 19-Feb-10
 Order Number : J31100001
 Order from :
 Material Tested : **PET/PP/OC-7**

 Humidity : 54.0 %
 Temp. : 24.2 °C

 Methode : ISO 179/eU Determination of Charpy impact properties
 Methode of tested : ~~Notch/~~Unnotched/ edgewise/ ~~flatwise~~

 Velocity of Impact : 2.9 m/sec²
 Pendulum Energy : 2 J
 Correction Energy : 0.011 J
 Span Length : 62 mm

 Equipment : Impact tool : Resil Impactor CE AST
 Micrometer : Preisser Digi-Met ID-NR 150994129
 Thermohygraph : Opus

No.	Width (mm)	Thickness (mm)	Impact Energy (Joule)	Corrected Energy (Joule)	Impact Charpy Strength (kJ/m ²)	Type of failure
1	9.87	3.75	0.423	0.412	11.131	C
2	9.88	3.62	0.296	0.285	7.969	C
3	9.89	3.72	0.407	0.396	10.764	C
4	9.88	3.74	0.358	0.347	9.391	C
5	9.89	3.78	0.428	0.417	11.154	C
6	9.91	3.78	0.440	0.429	11.452	C
7	9.91	3.75	0.436	0.425	11.436	C
8	9.89	3.68	0.441	0.430	11.815	C
9	9.92	3.78	0.360	0.349	9.307	C
Mean					10.491	
Standard Deviation					1.298	
Standard Deviation (%)					12%	

Gambar H.12 Data pengujian Kekuatan Impak sampel *Blending* PET/PP/OC-7



IMPACT TEST REPORT

Date of testing : 19-Feb-10
 Order Number : J31100001
 Order from :
 Material Tested : **PET/PP/OC-10**

 Humidity : 54.0 %
 Temp. : 24.2 °C

 Methode : ISO 179/1eU Determination of Charpy impact properties
 Methode of tested : ~~Notch/ Unnotched/ edgewise/ flatwise~~

 Velocity of Impact : 2.9 m/sec²
 Pendulum Energy : 2 J
 Correction Energy : 0.011 J
 Span Length : 62 mm

 Equipment : Impact tool : Resil Impactor CE AST
 Micrometer : Preisser Digi-Met ID-NR 150994129
 Thermohygraph : Opus

No.	Width (mm)	Thickness (mm)	Impact Energy (Joule)	Corrected Energy (Joule)	Impact Charpy Strength (kJ/m ²)	Type of failure
1	9.91	3.75	0.423	0.412	11.086	C
2	9.89	3.62	0.296	0.285	7.960	C
3	9.87	3.72	0.407	0.396	10.785	C
4	9.88	3.74	0.358	0.347	9.391	C
5	9.87	3.78	0.428	0.417	11.177	C
6	9.89	3.78	0.440	0.429	11.475	C
7	9.90	3.75	0.436	0.425	11.448	C
8	9.89	3.68	0.441	0.430	11.815	C
9	9.99	3.78	0.360	0.349	9.242	C
10	9.88	3.76	0.335	0.324	8.722	C
Mean					10.310	
Standard Deviation					1.355	
Standard Deviation (%)					13%	

Gambar H.13 Data pengujian Kekuatan Impak sampel *Blending* PET/PP/OC-10