



**UNIVERSITAS INDONESIA**

**STUDI PEMANFAATAN PMMA REGRIND YANG DIBLENDING  
DENGAN ABS DITINJAU DARI PERUBAHAN SIFAT MEKANIK**

**TESIS**

**ACHMAD NANDANG ROZIAFANTO**

**0806477024**

**PROGRAM PASCASARJANA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
PROGRAM STUDI ILMU MATERIAL  
UNIVERSITAS INDONESIA  
JAKARTA  
DESEMBER 2010**



**UNIVERSITAS INDONESIA**

**STUDI PEMANFAATAN PMMA REGRIND YANG DIBLENDING  
DENGAN ABS DITINJAU DARI PERUBAHAN SIFAT MEKANIK**

**TESIS**

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

**ACHMAD NANDANG ROZIAFANTO**

**0806477024**

**PROGRAM PASCASARJANA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
PROGRAM STUDI ILMU MATERIAL  
UNIVERSITAS INDONESIA  
JAKARTA  
DESEMBER 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 : Achmad Nandang Roziafanto

NPM : 0806477024

Tanda Tangan :

Tanggal : 11 Desember 2010

## HALAMAN PENGESAHAN

Tesis ini diajukan oleh :  
Nama : Achmad Nandang Roziyanto  
NPM : 0806477024  
Program Studi : Ilmu Material  
Judul Tesis : Studi Pemanfaatan PMMA Regrind yang Diblending dengan ABS Ditinjau dari Perubahan Sifat Mekanik

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. Bambang Soegijono (.....)

Pembimbing II : Dr. Eng. Agus Haryono (.....)

Penguji I : Dr. Muhammad Hikam (.....)

Penguji II : Dr. Budhy Kurniawan (.....)

Penguji III : Dr. Dede Djuhana (.....)

Ditetapkan di : Jakarta

Tanggal : 11 Desember 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 “Studi Pemanfaatan PMMA Regrind yang Diblending dengan ABS Ditinjau dari Perubahan Sifat Material”.

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

1. Bapak Dr. Bambang Soegijono, M.Si selaku pembimbing I yang telah membimbing, mengarahkan dan memberikan saran-saran selama pengerjaan penelitian dan penyusunan tesis ini.
2. Bapak Dr. Eng. Agus Haryono selaku pembimbing II yang telah membimbing, mengarahkan dan memberikan saran-saran selama pengerjaan penelitian dan penyusunan tesis ini.
3. Bapak Dr. Muhammad Hikam, Dr. Budhy Kurniawan dan Dr. Dede Djuhana yang bersedia menjadi penguji.
4. Kedua orang tua, Ibu dan Bapak yang tak henti selalu mendampingi dengan doa dan kasih sayang yang tak pernah ada habisnya, yang telah mengasuh, membesarkan dan mendidiknya hingga mampu seperti ini.
5. Adik-adikku dan keluarga besar (Madiun, Sukabumi dan Puspipstek) yang telah memberikan dukungan selama masa studi hingga lulus.
6. Bapak Dr. Asmuwahyu, Ibu Etha dan Ibu Lisa dari PT Inter Aneka Lestari Kimia yang telah membantu dalam penggunaan mesin ekstruder.
7. Bapak Sudirman, Bapak Darsono dan Ibu Dian dari PATIR-BATAN Pasar Jumat yang telah membantu dalam pengujian *tensile strength*.
8. Bapak Dr. Muhammad Hanafi, Bapak Akhmad dan Ibu Sofa dari P2-Kimia LIPI Serpong yang telah membantu dalam pengujian dan analisis  $^1\text{H-NMR}$ .

9. Seluruh staf pengajar dan staf administrasi di Program Magister Ilmu Material FMIPA-UI.
10. Rekan-rekan mahasiswa pascasarjana Ilmu material terutama angkatan tahun 2008 dan 2009.
11. 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, 11 Desember 2010

Penulis

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

---

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

Nama : Achmad Nandang Roziafanto  
NPM : 0806477024  
Program Studi : Ilmu Material  
Departemen : Fisika  
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam  
Jenis karya : Tesis

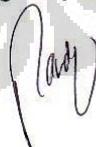
Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Indonesia **Hak bebas Royalti Noneksklusif (*non-exclusive Royalty-Free Righth*)** atas karya ilmiah saya yang berjudul :

**Studi Pemanfaatan PMMA Regrind yang Diblending dengan ABS Ditinjau dari Perubahan Sifat Mekanik**

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 : 11 Desember 2010  
Yang menyatakan



(Achmad Nandang Roziafanto)

## ABSTRAK

Nama : Achmad Nandang Roziafanto  
Program Studi : Ilmu Material  
Judul : Studi Pemanfaatan PMMA Regrind yang Diblending dengan ABS Ditinjau dari Perubahan Sifat Mekanik

Dengan berkembangnya kemampuan rekayasa material, polimer *blend* menjadi salah satu metode untuk merekayasa material polimer yang penting karena aplikasinya yang luas salah satunya usaha *me-recycle* limbah polimer. Telah dilakukan penelitian tentang pengaruh blending antara material polimer Poli(metil metakrilat) (PMMA) *regrind* dengan Akrilonitril Butadiena Stirena (ABS). PMMA *regrind* merupakan limbah produksi berbentuk serpihan, berasal dari lensa lampu motor yang cacat dan kemudian dihancurkan dengan mesin pencacah. Komposisi PMMA *regrind* yang ditambahkan kedalam ABS adalah 10%, 20%, 30% dan 40% (% berat). ABS yang digunakan telah diidentifikasi persentase komposisi monomernya dengan  $^1\text{H-NMR}$ . Proses blending menggunakan alat ekstruder *twin screw* dengan *setting* parameter  $210^\circ\text{C}$ - $240^\circ\text{C}$  pada putaran 120 rpm. Hasil blending ABS/PMMA dikarakterisasi sifat mekaniknya seperti *tensile strength*, *impact strength* dan sifat termalnya dengan DSC serta morfologinya dengan SEM. Hasil analisis monomer ABS dengan  $^1\text{H-NMR}$  adalah akrilonitril 9,26% ,butadiena 21,68% dan stirena 69,06%. Karakterisasi hasil blending ABS/PMMA menunjukkan bahwa semakin tinggi persentase PMMA yang ditambahkan akan menaikkan nilai *tensile strength* material dan menurunkan nilai *elongation* dan *impact strength*-nya. Hasil DSC menyatakan blending tersebut *immiscible* dan tidak *compatible* dilihat dari nilai  $T_g$  dari masing-masing blending yang terdapat lebih dari satu  $T_g$  dan nilainya yang tidak berubah signifikan dari nilai  $T_g$  penyusunnya yaitu ABS dan PMMA. Oleh karena itu, blending ABS dengan PMMA *regrind* dapat diaplikasikan untuk produk dengan kekuatan terhadap benturan dan fleksibilitas yang moderat seperti *housing* lampu kendaraan bermotor.

### Kata kunci :

blending, ABS, PMMA *regrind*, ekstruder *twin screw*,  $T_g$ , *immiscible blend*, *compatible*

## ABSTRACT

Name :Acmad Nandang Roziafanto  
Program :Material Science  
Title :Study of PMMA regrind utilization that blended with ABS in terms of mechanic properties changes

With the growing capabilities of materials engineering, polymer blend becomes a useful method to simulate polymer material. One example of it's broad applications is to recycle waste polymer. A research about the effects of blending ABS (Acrylonitrile Butadiene Styrene) with regrind-PMMA (Polymethyl Methacrylate) has been done. The regrind-PMMA used were taken from the waste production of housing lamp for automotive that has been through grinding process. The composition of regrind-PMMA added to the ABS is 10%, 20%, 30% and 40% from the total weight of mixture. The composition of monomers inside the ABS was previously identified by using <sup>1</sup>H-NMR. Blending process is done by using twin screw extruder which temperature was kept between 210°C-240°C on 120 rpm. The final blending product is characterize by it's mechanical properties such as tensile strength, impact strength, thermal properties (by using DSC) and morphology properties (by using SEM). By using <sup>1</sup>H-NMR, the composition of monomers inside ABS are 9,26% of acrylonitrile, 21,68% of butadiene and 69,06% of styrene. As the results of blending regrind-PMMA and ABS is the higher percentage of regrind-PMMA added, the higher tensile strength of the material, but in the other hand, the elongation and impact strength are lower. DSC's result shows that the blending is immiscible and not compatible. Therefore, the blending of regrind-PMMA with ABS can be applied for producing new product with moderate impact resistance and flexibility, such as housing lamp for automotive.

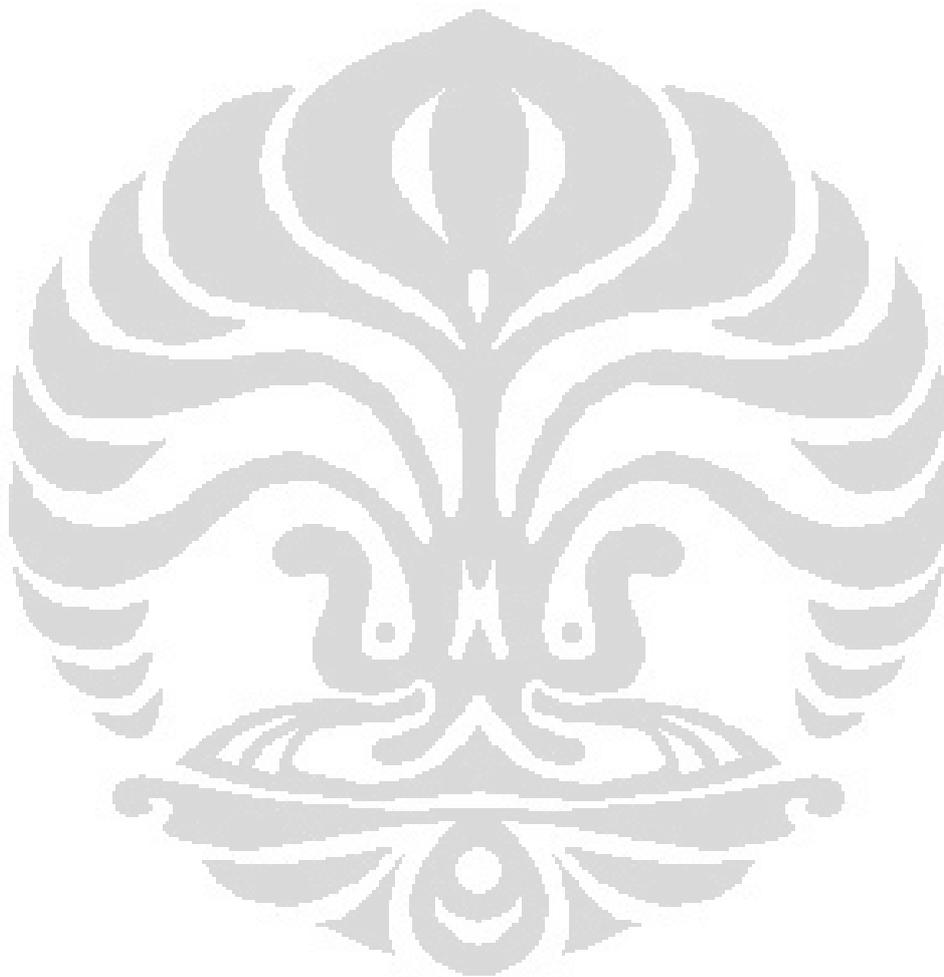
**Keywords:**

blending, ABS, PMMA regrind, twin screw extruder,  $T_g$ , immiscible blend, compatible

## DAFTAR ISI

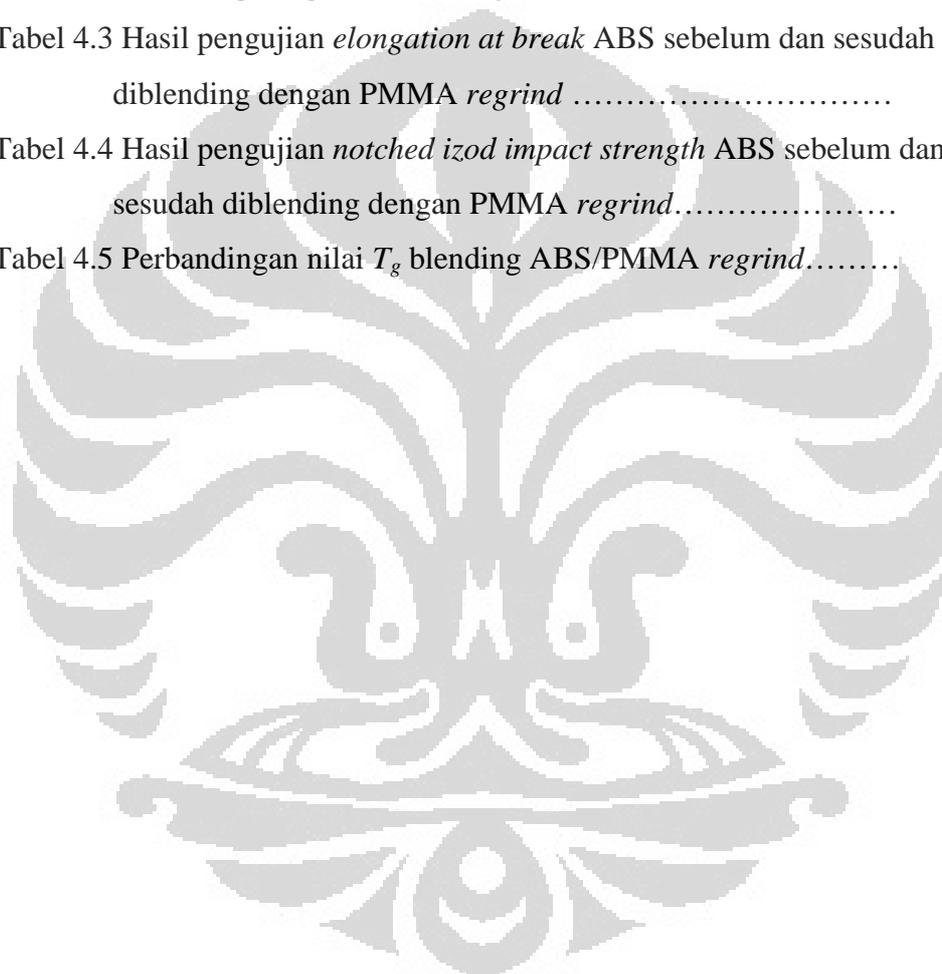
HALAMAN JUDUL.....	ii
LEMBAR PENGESAHAN.....	iii
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS.....	iv
KATA PENGANTAR .....	v
LEMBAR PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH.....	vii
ABSTRAK .....	viii
ABSTRACT .....	ix
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR GAMBAR .....	xiii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xv
<b>1. PENDAHULUAN</b>	
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Perumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan Penelitian .....	2
1.4 Hipotesa Penelitian .....	3
1.5 Batasan Masalah .....	3
<b>2. TINJAUAN PUSTAKA</b>	
2.1 Polimer blending.....	4
2.2 Termoplastik.....	8
2.1.1 Polimer ABS .....	8
2.1.1 Polimer PMMA.....	10
2.3 Sifat mekanik polimer .....	10
2.4 Sifat termal polimer .....	15
2.5 Injection molding.....	18
<b>3. METODOLOGI PENELITIAN</b>	
3.1 Tempat dan Tahapan Penelitian .....	21
3.2 Alat dan Bahan .....	22
3.3 Preparasi Sampel .....	23
3.4 Karakterisasi Sampel.....	23
<b>4. HASIL DAN PEMBAHASAN</b>	
4.1 Identifikasi komposisi monomer ABS .....	24
4.2 Uji mekanik hasil blending.....	25
4.3 Pengamatan morfologi polimer .....	30
4.4 Pengamatan temperatur transisi gelas ( $T_g$ ).....	34
4.4.1 Komposisi ABS 100% dan PMMA <i>regrind</i> 100%.....	34
4.4.2 Komposisi ABS : PMMA <i>regrind</i> = 90 : 10%.....	35
4.4.3 Komposisi ABS : PMMA <i>regrind</i> = 80 : 20%.....	36
4.4.4 Komposisi ABS : PMMA <i>regrind</i> = 70 : 30%.....	36
4.4.5 Komposisi ABS : PMMA <i>regrind</i> = 60 : 40%.....	37

<b>5.KESIMPULAN DAN SARAN</b>	
5.1 Kesimpulan.....	40
5.2 Saran .....	40
 DAFTAR REFERENSI .....	 41
LAMPIRAN.....	43



## DAFTAR TABEL

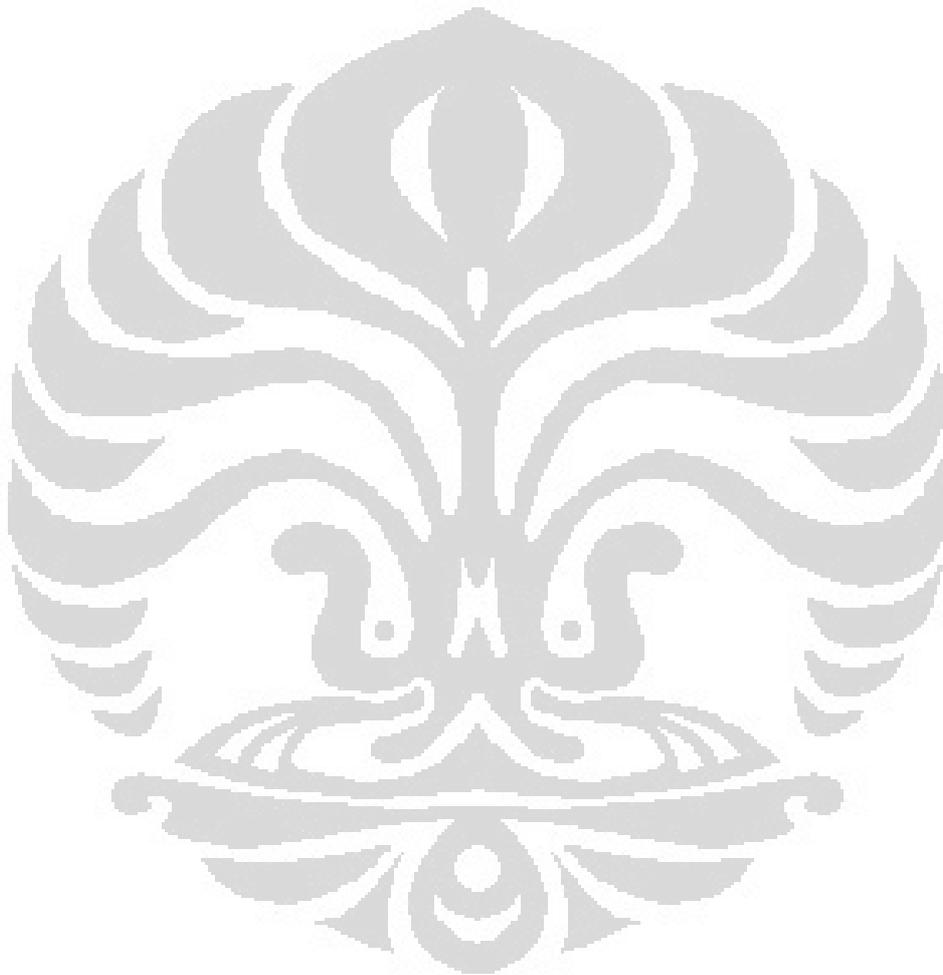
Tabel 3.1 Daftar bahan-bahan beserta spesifikasinya.....	22
Tabel 3.2 Variasi komposisi ABS dan PMMA <i>regrind</i> .....	23
Tabel 4.1 Hasil Uji $^1\text{H}$ NMR dari ABS LG Chem HI 121.....	24
Tabel 4.2 Hasil pengujian <i>tensile strength</i> ABS sebelum dan sesudah diblending dengan PMMA <i>regrind</i> .....	26
Tabel 4.3 Hasil pengujian <i>elongation at break</i> ABS sebelum dan sesudah diblending dengan PMMA <i>regrind</i> .....	27
Tabel 4.4 Hasil pengujian <i>notched izod impact strength</i> ABS sebelum dan sesudah diblending dengan PMMA <i>regrind</i> .....	28
Tabel 4.5 Perbandingan nilai $T_g$ blending ABS/PMMA <i>regrind</i> .....	39



## DAFTAR GAMBAR

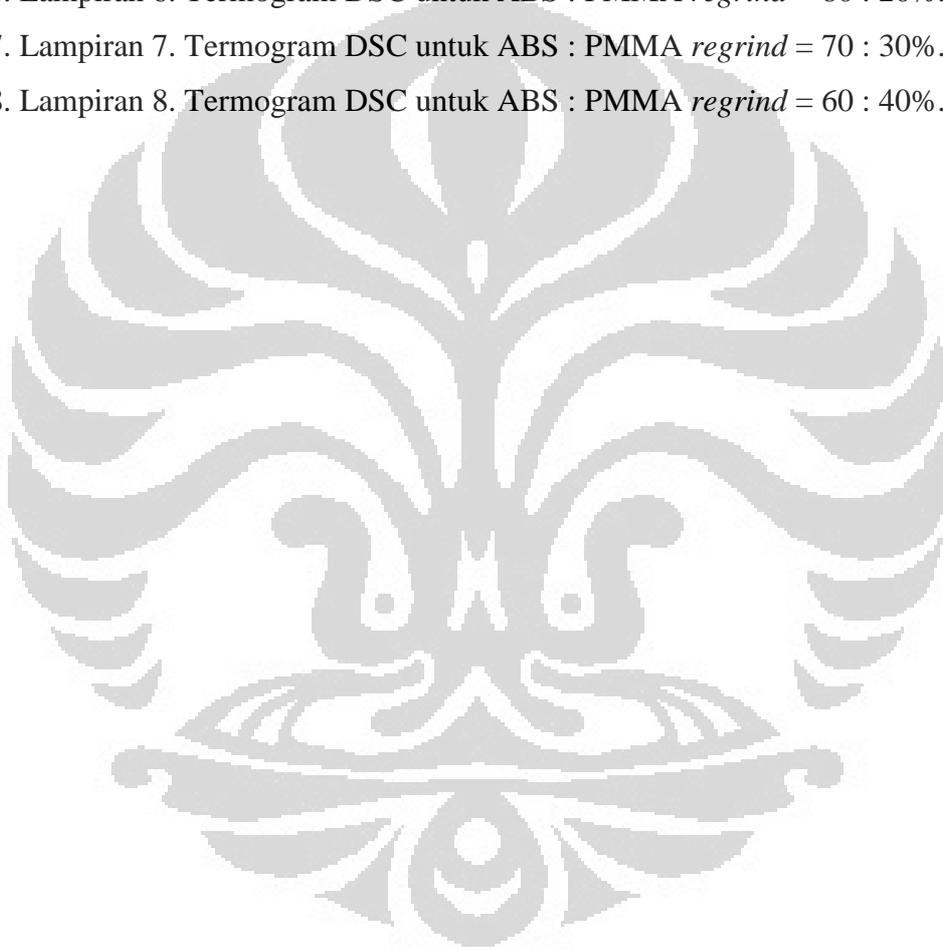
Gambar 2.1 Struktur kimia monomer ABS.....	9
Gambar 2.2 Struktur kimia monomer PMMA.....	10
Gambar 2.3 Skema arah gaya <i>tensile strength</i> .....	11
Gambar 2.4 Skema arah gaya <i>compresional strength</i> .....	11
Gambar 2.5 Skema arah gaya <i>flexural strength</i> .....	11
Gambar 2.6 Skema uji <i>impact strength</i> .....	12
Gambar 2.7 Kurva <i>strain vs stress</i> .....	13
Gambar 2.8 Kurva <i>strain vs stress</i> untuk menggambarkan <i>toughness</i> .....	14
Gambar 2.9 Kurva hubungan <i>stress</i> dan <i>strain</i> pada berbagai jenis polimer	15
Gambar 2.10 Termogram DSC yang diidealisasi.....	16
Gambar 2.11 Skema mesin <i>Injection Molding</i> .....	19
Gambar 3.1 Sampel <i>dog bone</i> untuk uji mekanik.....	23
Gambar 4.1 Spesimen <i>dog bone</i> yang dicetak dengan kompresi <i>molding</i>	25
Gambar 4.2 Grafik hasil pengujian <i>tensile strength</i> ABS sebelum dan sesudah diblending dengan PMMA <i>regrind</i> .....	26
Gambar 4.3 Grafik hasil pengujian <i>elongation at break</i> ABS sebelum dan sesudah diblending dengan PMMA <i>regrind</i> .....	27
Gambar 4.4 Grafik hasil pengujian <i>notched impact strength</i> ABS sebelum dan sesudah diblending dengan PMMA <i>regrind</i> .....	29
Gambar 4.5 Letak <i>cross-section specimen</i> hasil patahan pengujian <i>tensile strength</i> yang akan diamati morfologinya.....	30
Gambar 4.6 Arah penampang patahan yang akan diamati morfologinya...	30
Gambar 4.7 Hasil SEM perbesaran 100X a.) ABS tanpa blending dengan PMMA (ABS 100%), b.) ABS:PMMA <i>regrind</i> = 90% : 10% dan c.) ABS:PMMA <i>regrind</i> = 70% : 30%.....	31
Gambar 4.8 Hasil SEM perbesaran 200X a.) ABS:PMMA <i>regrind</i> = 90% : 10% dan c.) ABS:PMMA <i>regrind</i> = 70% : 30%.....	32
Gambar 4.9 Ilustrasi patahan.....	33
Gambar 4.10 Termogram DSC untuk ABS 100%.....	34
Gambar 4.11 Termogram DSC untuk PMMA <i>regrind</i> 100%.....	34

- Gambar 4.12 Termogram DSC untuk ABS : PMMA *regrind* = 90 : 10%.... 35
- Gambar 4.13 Termogram DSC untuk ABS : PMMA *regrind* = 80 : 20%.... 36
- Gambar 4.14 Termogram DSC untuk ABS : PMMA *regrind* = 70 : 30%.... 37
- Gambar 4.15 Termogram DSC untuk ABS : PMMA *regrind* = 60 : 40%.... 38



## DAFTAR LAMPIRAN

1. Lampiran 1. Hasil Analisis  $^1\text{H}$  NMR untuk ABS LG Chem 121.....43
2. Lampiran 2. Hasil Prediksi Analisis  $^1\text{H}$  NMR dengan Chem Draw Ultra 10...44
3. Lampiran 3. Termogram DSC untuk ABS 100%.....46
4. Lampiran 4. Termogram DSC untuk PMMA *regrind* 100%..... 47
5. Lampiran 5. Termogram DSC untuk ABS : PMMA *regrind* = 90 : 10%.....48
6. Lampiran 6. Termogram DSC untuk ABS : PMMA *regrind* = 80 : 20%.....49
7. Lampiran 7. Termogram DSC untuk ABS : PMMA *regrind* = 70 : 30%.....50
8. Lampiran 8. Termogram DSC untuk ABS : PMMA *regrind* = 60 : 40%.....51



## BAB 1 PENDAHULUAN

### 1.1. Latar belakang

Perusahaan X bergerak dalam industri injeksi plastik di bidang otomotif yang memproduksi lampu sepeda motor. Lampu sepeda motor terdapat 2 bagian besar yaitu bagian lensa dan bagian dudukan lampu (*housing lamp*). Untuk bagian lensanya berbahan baku poli(metil metakrilat) (PMMA), sedangkan *housing* lampunya bisa berbahan baku akrilonitril butadiena stirena (ABS) atau polipropilena (PP) yang disesuaikan dengan permintaan dari *customer*. Total pemakaian bahan baku dalam perusahaan ini untuk lampu kendaraan bermotor adalah 50% PMMA, 35% ABS dan 15% PP. Produk yang menggunakan jenis material PMMA bersifat transparan sehingga menghasilkan tingkat *rejection* yang tinggi pada perusahaan X disebabkan sensitifitas kualitas yang tinggi terhadap produk yang bening, seperti timbulnya *bubble*, *weldline*, *scratch*, *silver streak* dan *crack* pada produk. Sejalan dengan tingginya angka *rejection* pada produk lensa maka produk yang cacat tersebut akan dihancurkan menjadi serpihan-serpihan kecil dengan mesin penghancur (*grinding machine*) agar tidak terjadi penumpukan produk dalam pabrik. Serpihan-serpihan tersebut disebut material *regrind* dan menjadi limbah dari produksi.

Material *regrind* dari lensa motor dapat digunakan kembali, akan tetapi terdapat banyak kesulitan seperti timbulnya *black dot* dan *silver streak*. Masalah *black dot* disebabkan kontaminasi dari lingkungan sedangkan *silver streak* disebabkan masih tingginya kandungan air dalam material. Masalah seperti ini dapat ditanggulangi dengan alat *vacuum cleaner* untuk menghilangkan *black dot* dan alat *dehumidifier* untuk mengurangi kadar air dalam material. Akan tetapi teknologi tersebut membutuhkan biaya yang cukup besar sehingga material *regrind* dari lensa motor belum dapat digunakan kembali karena kualitas produknya yang buruk dan material *regrind* hanya dijual begitu saja kepada penadah dengan harga yang murah.

Oleh karena itu perlunya usaha untuk memanfaatkan material tersebut agar menjadi nilai tambah dari sisi ekonomisnya.

Metode pencampuran polimer (*polymer blending*) mempunyai peranan yang penting dalam pengembangan material polimer baru dan pemanfaatan material *recycle*. Dengan berkembangnya kemampuan rekayasa material, blending polimer menjadi salah satu metode untuk merekayasa material polimer yang cukup penting karena aplikasinya yang cukup luas serta banyak digunakan dalam pemanfaatan limbah produksi pabrik plastik untuk digunakan kembali (*recycle*).

Proses blending 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 (Li et al, 2009).

ABS dan PMMA merupakan material yang sama-sama memiliki bagian yang bersifat polar dan mempunyai titik leleh yang berdekatan sehingga dapat memungkinkan keduanya akan menjadi campuran yang kompak. Oleh karena itu dalam penelitian ini akan mempelajari pengaruh penambahan PMMA *regrind* kedalam ABS terhadap sifat mekanik yang dihasilkan oleh blending tersebut.

## 1.2 Perumusan Masalah

Pada penelitian ini akan diteliti pengaruh penambahan PMMA *regrind* kedalam ABS terhadap perubahan sifat mekanik, sifat termal dan morfologinya.

### 1.3. Tujuan Penelitian

Penelitian ini akan mempelajari perubahan sifat mekanik, sifat termal dan morfologinya dari PMMA *regrind* yang diblending dengan ABS sebagai upaya untuk *me-recycle* limbah produksi sehingga memberikan nilai tambah dari limbah tersebut menjadi *raw material* yang baru untuk bahan baku produksi.

### 1.4. Hipotesa Penelitian

Blending ABS/PMMA *regrind* diharapkan menghasilkan campuran dengan kompatibilitas yang tinggi sehingga dapat dimanfaatkan sebagai *raw material* yang baru untuk bahan baku produksi.

### 1.5. Batasan Penelitian

Pada penelitian ini akan dilakukan blending material ABS dengan PMMA *regrind* menggunakan alat ekstruder *twin screw*. Material ABS yang digunakan adalah ABS LG HI 121 produksi LG Chem, PMMA *regrind* hasil produk yang berbahan baku PMMA Delpet 80N dari Asahi Kasei. Identifikasi persentase monomer dalam ABS dilakukan dengan  $^1\text{H}$  NMR. Variasi penambahan PMMA *regrind* yang akan dilakukan sebesar 10%, 20%, 30% dan 40%. Karakterisasi yang akan dilakukan adalah sifat mekanik yaitu *tensile strength* dan *impact strength*; sifat termal dan morfologinya.

## BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Polimer Blending

Polimer untuk plastik dapat dibedakan menjadi tiga grup yaitu polimer komoditas, polimer teknik dan polimer spesial dengan ratio pemakaian didunia adalah 100:10:1. Proses daur ulang plastik dapat mengurangi sampah limbah produksi, mengurangi masalah tempat akibat penumpukan sampah limbah produksi, dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku kembali atau dapat dimanfaatkan untuk menghasilkan energi. Sampah plastik dapat berasal dari proses produksi dan *scrap*. Daur ulang *scrap* dilakukan dengan memblend sampai dengan 40% scrap kedalam material originalnya yang digunakan sebagai bahan baku produksi.

Plastik yang berasal dari bahan tunggal atau yang berasal dari beberapa campuran yang diketahui masing-masing komponennya merupakan bahan yang sangat baik untuk didaur ulang secara mekanik. Plastik-plastik tersebut dapat digunakan sebagai bahan substitusi material originalnya yang akan diproses ulang sehingga memiliki sifat-sifat fisik yang sama dengan material originalnya. Dari sudut pandang ekonomi, mendaur ulang plastik-plastik tersebut akan mungkin jika adanya sistem yang bagus untuk mengumpulkan dan menyortir sampah plastik. Hal yang tersulit dalam mendaur ulang adalah cara mengumpulkannya, memisahkannya dan ancaman kontaminasi dari material lain. Variasi komposisi dan tingkat kontaminasi dalam sampah plastik merupakan masalah yang besar. Beberapa metode untuk mengatasi sampah plastik:

1. Mendaur ulang polimer/plastik yang juga dikenal dengan daur ulang mekanik. Dimana metode ini sering digunakan berdasarkan uji kelayakan secara ekologi, komersial dan teknis.
2. Digunakan sebagai *feedstock* atau proses termolisis karet dan plastik. Metode ini digunakan untuk mendaur ulang campuran karet atau plastik menjadi masing-masing monomernya, sebagai bahan baku gas, minyak dan kondensat yang akan digunakan untuk membuat material polimer yang baru.

3. Digunakan untuk menghasilkan energi dengan proses pembakaran sampah organik.
4. Digunakan sebagai donor karbon dalam *blast furnace*.
5. Dengan dibakar begitu saja.

Teknologi blending sangat berperan dalam proses daur ulang plastik. Teknologi ini mempunyai beberapa keuntungan yaitu:

1. Kemudahan proses yang baik dan memanfaatkan scrap yang mendatangkan keuntungan dari sisi ekonomi
2. Fleksibilitas dalam produksi karena formulasi yang dapat diganti dengan mudah
3. Dapat membuat produk sesuai dengan keinginan pelanggan
4. Proses blending memberikan metode yang unik terhadap perkembangan material dengan memperluas performan material tersebut
5. Teknologi ini dapat diadaptasi sebagai bahan *filler* dan *reinforcement*
6. Proses blending sangat penting untuk memproses material daur ulang dengan material originalnya.
7. Proses blending dapat meng-*up grade* performan material daur ulang dan memperpanjang umur pakai polimer.
8. Beberapa blending dapat diformulasi agar dapat didaur ulang dan dipakai ulang beberapa kali tanpa kehilangan performannya.

Menurut definisi, suatu campuran fisis dari dua atau lebih polimer atau kopolimer berbeda yang tidak terikat melalui ikatan-ikatan kovalen merupakan suatu blending polimer. Masalah utama dalam pengembangan dapat campur adalah usaha menaksir kecampuran (*miscibility*). Salah satu caranya adalah dengan memakai perbedaan momen dipol. Semakin kecil perbedaan tersebut, polimer-polimer akan semakin *compatible*. Interaksi dipol sangatlah penting dalam menghasilkan campuran yang kompatibel. ABS dan PMMA merupakan material yang sama-sama polar dan dapat memiliki interaksi dipol, sehingga mempunyai kemungkinan untuk dapat bercampur (Sopyan, 2007).

Blending polimer dua atau lebih polimer bukanlah merupakan fenomena yang baru dengan kenyataan telah banyak dihasilkan secara komersial. Namun demikian, seperti dikutip Utracki (2003), informasi tentang analisis blending atau *compounding* masih sangat jarang. Hal ini karena informasi studi masih dibatasi oleh supplier resin yang besar. Blending polimer merupakan hal menarik, hal ini dilakukan dengan pertimbangan adanya kesulitan mengembangkan material polimer baru dari monomer. Dalam banyak kasus blending polimer menjadi efektif dan murah untuk memperbaiki sifat-sifat melalui blending material yang ada.

Ditinjau dari kelarutan maka ada dua jenis dari blending yaitu *miscible* blend (blending yang dapat larut atau berada dalam fasa tunggal) dan *immiscible* blend (blending yang tak dapat larut atau berada lebih dari satu fasa). Pada hasil blending *miscible* akan terjadi interaksi yang kuat antar gugus-gugus pada polimer tersebut seperti terbentuk ikatan hidrogen, interaksi donor aseptor dan transfer muatan. Interaksi tersebut akan mengakibatkan penurunan energi bebas gibbs dan akan terbentuk satu fasa. Misibilitas akan berpengaruh pada sifat mekanik, jika blending tersebut *miscible* maka akan memiliki sifat-sifat yang lebih baik dibandingkan blending yang *immiscible* misalnya sifat keuletan. Didalam kasus blending fasa tunggal maka akan ada  $T_g$  (temperatur transisi gelas) tunggal yang sangat tergantung pada komposisi blending. Bilamana dua fasa ada maka blending akan memperlihatkan dua nilai  $T_g$  yang terpisah yaitu  $T_g$  dari tiap-tiap adanya fasa.

Dan dalam sifat-sifat sebagai temperatur transisi gelas, blending polimer tertentu yang dapat bercampur memperlihatkan suatu intermediat  $T_g$  tunggal antara  $T_g$  komponen-komponennya, sedangkan blending yang tak dapat campur memperlihatkan karakteristik  $T_g$  dari masing-masing komponennya yang terpisah-pisah.

Meskipun blending yang dapat larut dari polimer-polimer ada tetapi kebanyakan polimer dengan berat molekul yang besar berada dalam material dua fasa. Kontrol terhadap morfologi dari sistim dua fasa merupakan hal yang penting untuk mencapai sifat-sifat yang diinginkan. Berbagai macam morfologi ada

seperti susunan lammellar dan fasa kontinyu. Sifat-sifat blending akan tergantung dari keadaan yang kompleks dari jenis-jenis polimer yang diblending, morfologi dari blending dan efek dari cara pemrosesan yang mana akan mempengaruhi fasa.

Blending terlarut (*miscible blend*) yang penting secara komersial meliputi PPO-PS, PVC-Nitrile *rubber* dan PBT-PET. Polimer yang tak larut meliputi polimer-polimer yang mempunyai sifat keras dimana *elastomer* yang ditambahkan berada sebagai fasa kedua. Penambahan fasa *elastomer* akan memperbaiki kekerasan dari hasil blending tersebut yang disebabkan adanya fasa *rubber* tersebut. Contoh polimer tersebut adalah *high impact* polistirena (HIPS), *modified* polipropilen, PVC, Nylon dan lain-lain. Berbagai macam polimer dua fasa yang telah dihasilkan secara komersial antara lain: PC-PBT, PC-PE, PP-EPDM dan PC-ABS.

Morfologi dari polimer *immiscible blends* dapat berbentuk seperti fasa polimer B berbentuk bola-bola kecil yang terdispersi dalam fasa polimer A. Contoh dari morfologi seperti ini adalah polistirena dan polibutadiena dimana polibutadiena berbentuk bola yang terdispersi dalam polistirena. *Immiscible blends* seperti ini dapat merubah sifat mekanik bahan. Polistirena cenderung bersifat *brittle* sedangkan polibutadiena cenderung bersifat *rubber*. Hasil blending akan bersifat *toughness* dan *ductile*. Blending polistirena dan polibutadiena biasa disebut *high impact* polistirena atau HIPS.

Morfologi lain dari *immiscible blends* adalah morfologi lamellar dimana material akan terpisahkan seperti lapisan. Contoh hasil blending berbentuk lamellar seperti ini adalah polietilen tereftalat (PET) dengan polivinil alkohol (PVA) yang banyak dipakai dalam pembuatan botol minuman berkarbonasi. Jika *immiscible blends* terdiri dari sejumlah besar komponen polimer A dan sedikit komponen polimer B yang memiliki morfologi dimana bentuk bola polimer B terdispersi dalam matriks polimer A maka sifat-sifat mekanik akan tergantung dari polimer A karena fasa polimer A akan menyerap semua stress dan energi ketika material dibawah beban disamping itu *immiscible blend* akan lebih lemah dari pada polimer A yang murni (Utracki, 2003).

Perusahaan mobil Subaru adalah perusahaan pertama yang memproduksi *bumpers* mobil berbahan baku material blending PP/TPE untuk semua jenis mobilnya. Untuk mendaur ulangnya, *bumpers* yang cacat dari hasil produksi dan *scrap*-nya dicacah dengan mesin-mesin *grinding* menjadi butiran-butiran kecil. Begitu pula dengan perusahaan mobil Nissan memanfaatkan material daur ulang PPE/PA untuk produksi *bumpers* mobilnya (Grande, 1996). Mikulec dan Brooks (2000) telah memanfaatkan limbah ABS dan PC (polikarbonat) dengan diblending untuk diaplikasikan menjadi *housing* lampu mobil Ford dengan tetap mengikuti regulasi FVSS (*Federal Vehicle safety Standard*) 106 SM-4 yaitu diantaranya nilai *tensile strength* 300-370 Kg/cm<sup>2</sup>, *elongation at break* diatas 70%, *izod impact notched* 9,6-21,2 J/m<sup>2</sup>, flex modulus 1,90-2,64 Gpa, HDT (*Heat Deflection Temperature*) 69-80°C.

## 2.2 Termoplastik

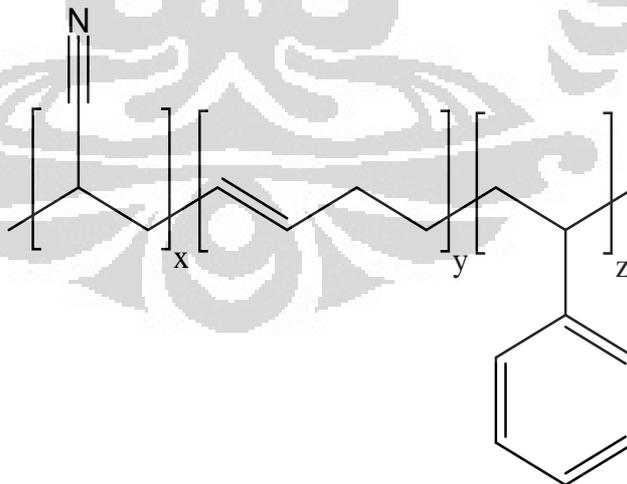
Termoplastik adalah resin yang dapat melunak berulang kali bila dipanaskan dan mengeras ketika didinginkan. Termoplastik dapat larut dalam pelarut tertentu dan terbakar sampai tingkat panas tertentu. Dibandingkan dengan termoset, termoplastik biasanya mempunyai kekuatan impak yang lebih tinggi, pemrosesan yang lebih mudah dan kemampuan beradaptasi yang lebih baik pada desain yang komplek (Mark, 1989). 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 poli(etilena tereftalat) (PET), polikarbonat (PC), poliamida (PA), poli oksimetilena (POM), poli(butilena tereftalat) (PBT), akrilonitril-butadiena-stirena (ABS) (Elias, 1997).

### 2.2.1 Polimer ABS

ABS adalah sistim dua fasa yang terdiri dari fasa *rubber* polibutadiena dan fasa rigid kopolimer stirena akrilonitril (SAN) dimana fasa *rubber* polibutadiena terdispersi dalam matriks fasa rigid SAN. ABS dibuat dengan cara mencangkakan

(*grafting*) kopolimer SAN kedalam "backbone" polibutadiena. ABS memiliki  $T_g$  yang berkisar 115-175°C (Ibrahim dan Karrer, 2010)

ABS termasuk kelompok *engineering thermoplastic* yang berisi 3 monomer pembentuk. Akrilonitril bersifat tahan terhadap bahan kimia dan stabil terhadap panas. Butadiena memberi perbaikan terhadap sifat *impact resistance* dan sifat liat (*toughness*). Sedangkan stirena menjamin kekakuan (*rigidity*) dan kemudahan sewaktu proses. Pada gambar 2.1 ditunjukkan masing-masing monomer dari ABS dimana jumlah "x" merupakan monomer akrilonitril, jumlah "y" merupakan butadiena dan jumlah "z" merupakan stirena. Beberapa grade ABS ada juga yang mempunyai karakteristik yang bervariasi, dari kilap tinggi sampai rendah dan dari yang mempunyai *impact resistance* tinggi sampai rendah. Karakteristik yang bervariasi tersebut ditentukan oleh persentase masing-masing monomernya yaitu akrilonitril, butadiena dan stirena sehingga membuat sifat-sifat fisiknya berbeda-beda juga sesuai dengan permintaan pasar dan aplikasi yang akan digunakan. Berbagai sifat lebih lanjut juga dapat diperoleh dengan penambahan aditif sehingga diperoleh grade ABS yang bersifat menghambat nyala api, transparan, tahan panas tinggi dan tahan terhadap sinar UV (Mujiarto, 2005).



Gambar 2.1 Struktur kimia monomer ABS



a. *Tensile strength*

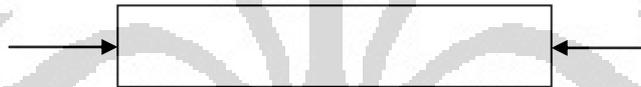
Polimer mempunyai *tensile strength* jika polimer tersebut kuat untuk ditarik seperti ditunjukkan oleh gambar 2.3. *Tensile strength* penting untuk material yang akan ditarik dibawah beban.



Gambar 2.3 Skema arah gaya *tensile strength*

b. *Compressional strength*

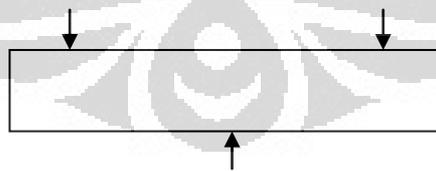
Polimer mempunyai *compressional strength* jika sampel polimer tersebut kuat ketika ditekan seperti pada gambar 2.4.



Gambar 2.4 Skema arah gaya *compressional strength*

c. *Flexural strength*

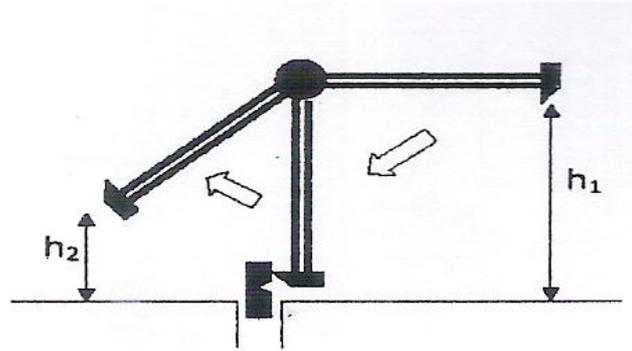
Polimer mempunyai *flexural strength* jika sampel polimer kuat ketika ditekuk atau dibengkok seperti pada gambar 2.5.



Gambar 2.5 Skema arah gaya *flexural strength*

d. *Impact strength*

Polimer mempunyai *impact strength* jika kuat untuk dipukul dengan pendulum yang ditunjukkan oleh gambar 2.6.



Gambar 2.6 Skema uji *impact strength*

Ketika material ditarik maka ada gaya yang bekerja pada material tersebut. *Stress* merupakan gaya persatuan luas,

$$\frac{F}{A} = \text{Stress} \quad (2.1)$$

dimana F adalah gaya dan A adalah luas.

*Stress* yang dibutuhkan sampai material patah dinamakan *tensile strength* dari material. Seperti juga untuk *compresional* atau *flexural strength* maka *strength* adalah stress yang dibutuhkan untuk merusak material.

## 2. Elongation

*Elongation* terjadi karena material mengalami deformasi, dimana deformasi adalah perubahan bentuk karena diakibatkan adanya *stress*. Pada *tensile strength* maka material akan terdeformasi saat ditarik dan menjadi lebih panjang dan disebut *elongation*. Biasanya *elongation* dinyatakan dalam persen *elongation* dimana panjang sampel polimer setelah ditarik L, dibagi dengan panjang sampel mula-mula  $L_0$ , lalu dikalikan 100.

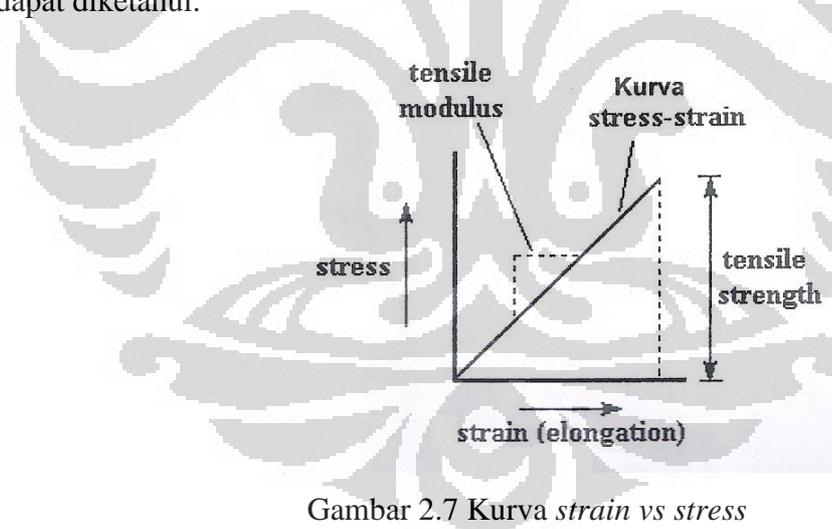
$$\frac{L}{L_0} \times 100 = \% \text{ elongation} \quad (2.2)$$

Ada dua *elongation* yang penting yang biasa diukur yaitu *ultimate elongation* dan *elastic elongation*. *Ultimate elongation* diukur sebelum sampel

patah atau rusak. *Elastic elongation* adalah persen *elongation* yang dapat dicapai tanpa mengalami deformasi permanen atau berapa besar yang dapat ditarik sampai kembali kepanjang semula setelah *stress* dilepaskan. Hal ini terjadi pada sampel *elastomer*. *Elastomer* dapat ditarik sampai cukup panjang dan kembali pada panjang semula setelah *stress* dihilangkan, biasanya sekitar 500-1000% *elongation*.

### 3. Modulus

*Elastomer* menunjukkan *elastic elongation* yang tinggi tetapi untuk material seperti plastik biasanya lebih baik jika tidak mudah ditarik atau terlalu mudah terdeformasi. Modulus adalah ketahanan terhadap deformasi. Untuk mengukur modulus maka perlu diukur *strength* dan *ultimate elongation*. Dengan menaikkan jumlah *stress* dan mengukur *elongation* pada tiap-tiap level *stress* sampai sampel patah atau rusak dan kemudian membuat hubungan *stress-elongation* seperti kurva gambar 2.7 maka modulus yang merupakan *slope*-nya dapat diketahui.



Gambar 2.7 Kurva *strain vs stress*

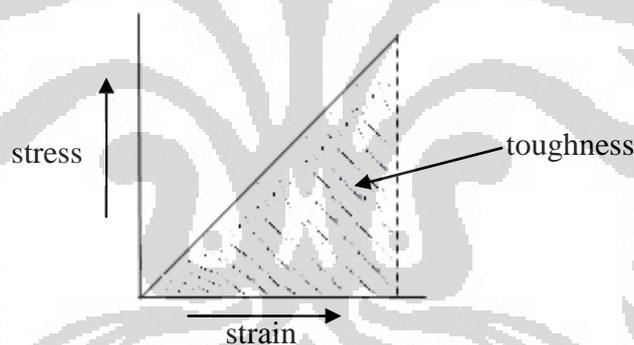
Jika *slope* dari kurva *stress-strain* curam maka sampel mempunyai modulus *tensile* yang tinggi atau tahan terhadap deformasi, sebaliknya jika *slope* tidak curam menunjukkan rendahnya modulus *tensile* atau mudah mengalami deformasi.

*Slope* tidak konstan ketika *stress* dinaikkan, *slope* yang berarti modulus berubah dengan meningkatnya *stress*. Dalam hal ini *slope* awal merupakan modulus. Secara umum *fiber* mempunyai modulus yang paling tinggi sedang *elastomer* mempunyai modulus yang paling rendah dan plastik mempunyai modulus diantara *fiber* dan *elastomer*.

Modulus diukur dengan menghitung *stress* dibagi dengan *elongation*, tetapi karena *elongation* tidak berdimensi maka satuan modulus sama dengan *strength*.

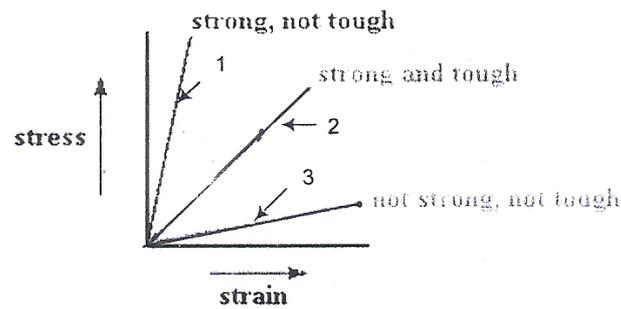
#### 4. Toughness

Hasil plot *stress-strain* dapat memberikan gambaran tentang *toughness*. *Toughness* merupakan luas area dibawah kurva *stress-strain* seperti yang ditunjukkan oleh gambar 2.8. *Toughness* merupakan ukuran energi yang dapat diserap sebelum sampel rusak.



Gambar 2.8 Kurva *strain vs stress* untuk menggambarkan *toughness*

Dari kurva dapat terlihat luas area berbanding dengan *strength* dikalikan *strain*. Karena *strength* sebanding dengan gaya yang dibutuhkan untuk merusak sampel, dan *strain* diukur dalam satuan jarak (jarak sampel ditarik), maka *strength* dikalikan *strain* sebanding dengan gaya dikalikan jarak atau sama dengan energi.



Gambar 2.9 Kurva hubungan *stress* dan *strain* pada berbagai jenis polimer

Pada gambar 2.9, kurva-1 menunjukkan sampel kuat tetapi tidak *tough*, hal ini menunjukkan gaya yang diperlukan untuk merusak sampel lebih banyak tetapi energi yang diperlukan sedikit terlihat luas area dibawah kurva kecil. Sampel seperti ini tak dapat ditarik lebih panjang sebelum sampel rusak. Sampel seperti ini kuat tetapi tak banyak terdeformasi atau disebut *brittle*. Sebaliknya pada kurva-2, menunjukkan sampel kuat dan *tough*. Material ini tidak sekuat sampel kurva-1 tetapi luas dibawah kurva jauh lebih luas dibanding kurva-1 sehingga sampel dapat menyerap lebih banyak energi daripada kurva-1.

*Toughness* menggambarkan berapa energi yang dibutuhkan untuk merusak sampel sedangkan *strength* menggambarkan berapa gaya yang dibutuhkan untuk merusak sampel. Pada beberapa material polimer memiliki *strength* dan *toughness* yang berbeda-beda. Pada kurva *stress-strain* menunjukkan sampel kuat tetapi tidak *tough* hal ini menunjukkan gaya yang diperlukan untuk merusak sampel lebih banyak tetapi energi yang diperlukan sedikit yaitu luas area dibawah kurva kecil. Sampel seperti ini tak dapat ditarik lebih panjang sebelum sampel rusak. Sampel seperti ini kuat tetapi tak banyak terdeformasi atau disebut *brittle* (Jang, 1994).

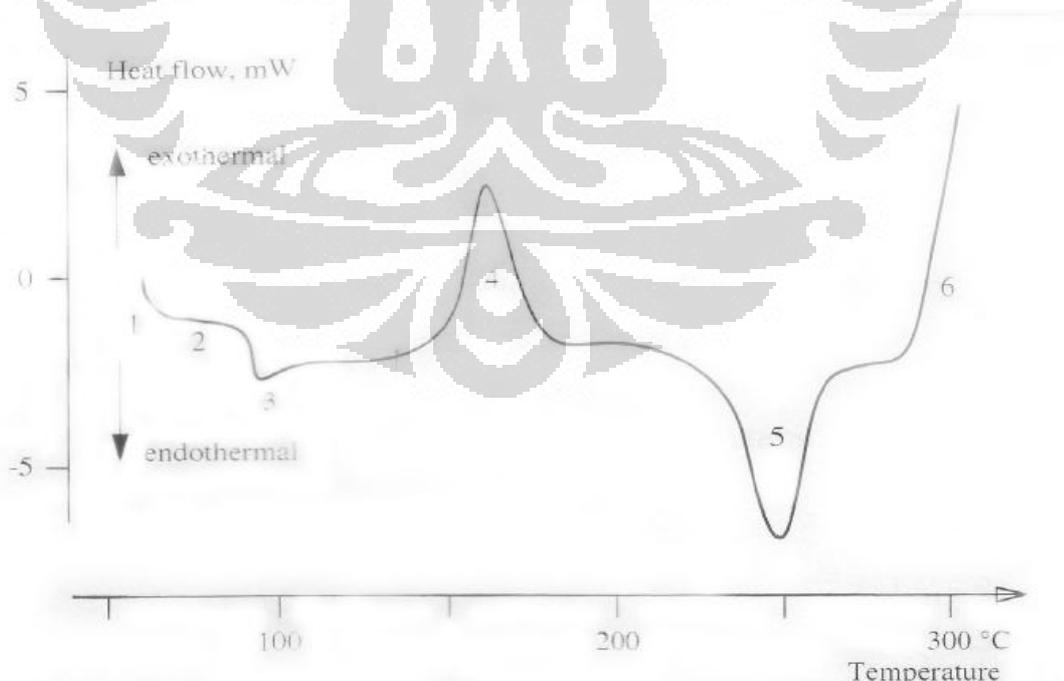
#### 2.4 Sifat Termal Polimer

Temperatur leleh dan temperatur transisi gelas sangat khas untuk setiap polimer sehingga menjadi bahan analisa terhadap sifat-sifatnya. Temperatur leleh dan temperatur transisi gelas bersifat endotermik. Temperatur transisi gelas sangat bergantung dari kondisi proses dan struktur molekul kimia polimer tersebut dan

biasanya dikarakterisasi dengan alat *Differential Scanning Calorimetry* (DSC) (Gaur et al, 2008).

Analisis termal mencakup sekelompok teknik di mana sifat-sifat sampel diinvestigasi sebagai fungsi temperatur atau waktu. Program temperatur yang digunakan terdiri dari urutan segmen dimana sampel dipanaskan atau didinginkan pada tingkat konstan atau diadakan di sebuah temperatur konstan. Dalam banyak percobaan keadaan atmosfer juga memainkan peranan penting, yang paling umum adalah dalam keadaan gas inert dan oksidator.

Sebuah DSC dapat mengukur perbedaan antara panas yang mengalir ke panci sampel dan referensi dengan temperatur yang sama. Aliran panas tersebut merupakan besarnya daya yang ditransmisikan dan diukur dalam Watt atau mW. Daya tersebut bila dihubungkan dengan lamanya transmisi daya akan menghasilkan jumlah energy (mWs/mJ). Energi yang dipancarkan sesuai dengan perubahan entalpi sampel. Ketika sampel menyerap energi perubahan entalpi tersebut adalah endotermal. Ketika sampel melepaskan energi proses tersebut adalah eksotermal. Efek termal berbentuk puncak, ditandai dengan perubahan entalpi dan kisaran temperatur. Contoh efek termal tersebut adalah: meleleh, kristalilasi, transisi padat-padat, reaksi kimia.



Gambar 2.10 Termogram DSC yang diidealisasi

Dari gambar 2.10 terdapat hasil analisis DSC untuk polimer semikristalin adalah:

1. awal defleksi yang sebanding dengan kapasitas panas sampel
2. kurva DSC tanpa efek termal (*baseline*)
3. transisi gelas dari fraksi amorf
4. puncak dari kristalisasi dingin (*devitrifikasi*)
5. puncak meleleh dari fraksi kristalin
6. awal degradasi oksidatif di udara

Polimer termoplastik meleleh atau mengalir karena pemanasan. Mereka terdiri dari molekul makro linier baik yang berupa gulung-gulungan acak (termoplastik amorf) atau sebagian berbentuk dalam kristalit (termoplastik semikristalin).

Dibawah temperatur pelunakannya (temperatur transisi gelas atau temperatur gelas) polimer amorf bersifat kaku, bahkan bahan-bahan tertentu bersifat rapuh contoh polistirena. Karena pemanasan pada temperatur transisi gelas mereka melunak dan menjadi viskoelastik. Pada pemanasan lebih lanjut viskositas menurun tanpa perbedaan titik lebur. Temperatur transisi gelas ditentukan oleh struktur kimia monomer dan dengan derajat polimerisasi karena itu polimer dapat diidentifikasi dari temperatur transisi gelasnya. Namun, temperatur transisi gelas dapat diturunkan dengan penambahan *plasticizer*. Uap air juga dapat bertindak sebagai *plasticizer*. Pada temperatur transisi gelas panas spesifik (*specific heat*) polimer meningkat sekitar 0,1 sampai 0,4 J/gK menyebabkan perubahan bertahap dalam kurva DSC. Pada pemanasan pertama sering terlihat adanya puncak endotermal (puncak relaksasi). Hal ini disebabkan oleh relaksasi entalpi yang terjadi selama penyimpanan di bawah temperatur transisi gelas.

Polimer semikristalin tetap kaku sebelum mencapai temperatur lelehnya, contohnya polietilena. Hanya polimer dengan makromolekul yang teratur yang mampu mengkristal. Diantara polimer-polimer yang kristalin terdapat daerah yang amorf. Untuk alasan ini tidak ada kristalinitas yang sempurna seperti pada logam

atau garam. Kristalinitas (persentase bahan dalam keadaan kristalin) tidak hanya tergantung pada keteraturan molekul polimer seperti pada kondisi kristalisasi. Penambahan agen nukleasi dan inhibitor kristalisasi mempengaruhi kristalinitas diakhir reaksi. Kekerasan dan kekuatan akan meningkat seiring dengan penambahan kristalinitas.

Kristalinitas diperoleh dengan membagi panas fusi (ditentukan oleh DSC) dari sampel tertentu oleh panas fusi teoritis dari bahan jika bahan 100% kristalin. Biasanya berkisar antara 20 hingga 75%. Mempelajari perilaku lebur polimer sangat penting untuk kemudahan proses polimer tersebut dan untuk identifikasi. Titik leleh adalah temperatur fusi dari kristal terakhir (puncak temperatur pada DSC). Titik leleh ditentukan oleh distribusi ukuran kristal, kristal dengan ukuran terkecil akan meleleh terlebih dahulu. Apakah bentuk dan modifikasi kristal yang berbeda (polimorf, contohnya poliamida) menjadi jelas dari kurva leleh DSC yang ditunjukkan oleh beberapa puncak.

Setelah meleleh fraksi kristalin akan hilang dan biasanya akan terbentuk lagi pada proses pendinginan. Proses rekristalisasi pada pendinginan dari polimer yang meleleh menunjukkan kecenderungan kristalisasi (*crystallization tendency*) seperti peristiwa ketika super pendinginan dan besarnya laju pertumbuhan kristal. Polimer semikristalin dapat berubah menjadi amorf ketika polimer yang telah meleleh dilakukan pendinginan secara *quench* sampai di bawah temperatur transisi gelasny. Blending plastik semikristalin dan juga kopolimer blok menghasilkan kurva lebur DSC yang memiliki lebih dari satu puncak dan memungkinkan untuk mengidentifikasi komponen-komponennya (Mettler dan Toledo, 1996).

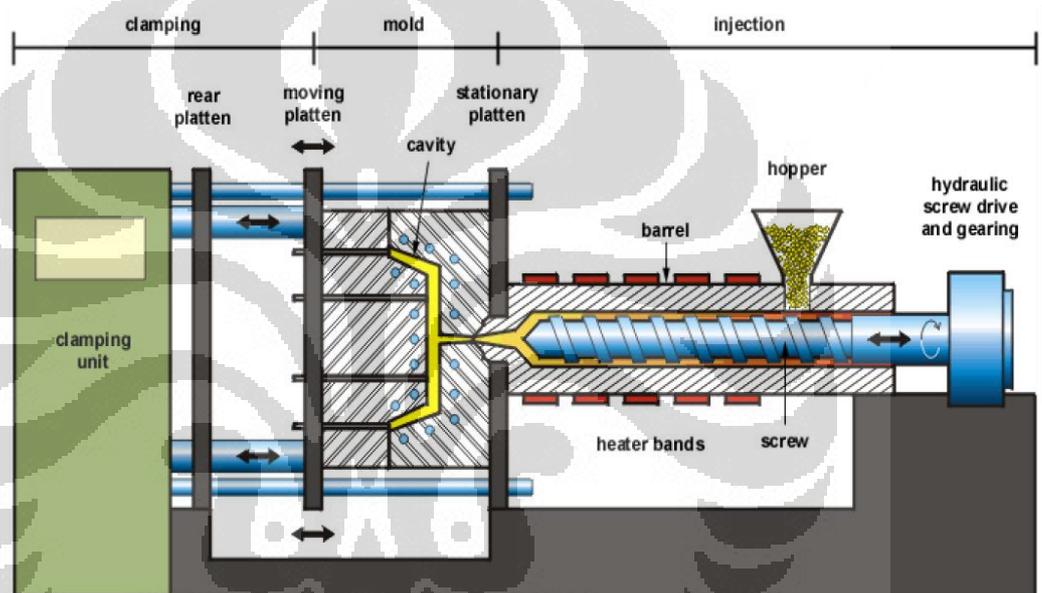
## 2.5 Injection Molding

*Injection molding* yang dapat didefinisikan secara literal sebagai proses pencetakan dengan injeksi, memiliki prinsip yang sederhana, yaitu pemanasan, injeksi, pendinginan, dan ejsksi. Teknik *injection molding* ini banyak digunakan untuk membuat produk-produk dari plastik dengan berbagai ukuran dan bentuk karena beberapa keunggulannya, yaitu proses produksi yang cepat (*cycle time* 10-

30 detik), menghasilkan produk dengan *nett shape* (bentuk akhir yang tidak membutuhkan proses pembentukan sekunder). Dan dalam satu *cycle* dapat menghasilkan banyak produk. (3)

Gambar skema mesin *injection molding* dapat dilihat pada gambar 2.11. mesin *injection molding* terdiri dari dua komponen utama, yaitu:

- Injection unit*: memanaskan dan membawa polimer cair ke cetakan
- Clamping unit*: membuka dan menutup cetakan setiap .



Gambar 2.11 Skema mesin *Injection Molding*

Secara umum, proses *injection molding* adalah sebagai berikut:

1. Pellet atau bahan baku lainnya disimpan dan dipanaskan dalam *hopper*.
2. Material yang sudah lunak dialirkan ke dalam *barrel* yang dipanaskan. *Screw* (ulir) di dalam *barrel* kemudian berputar dan membawa material menuju cetakan dan memberi geseran yang menyebabkan pemanasan lebih lanjut. Semakin dekat ke ujung barel, ukuran *screw* semakin besar. Hal ini

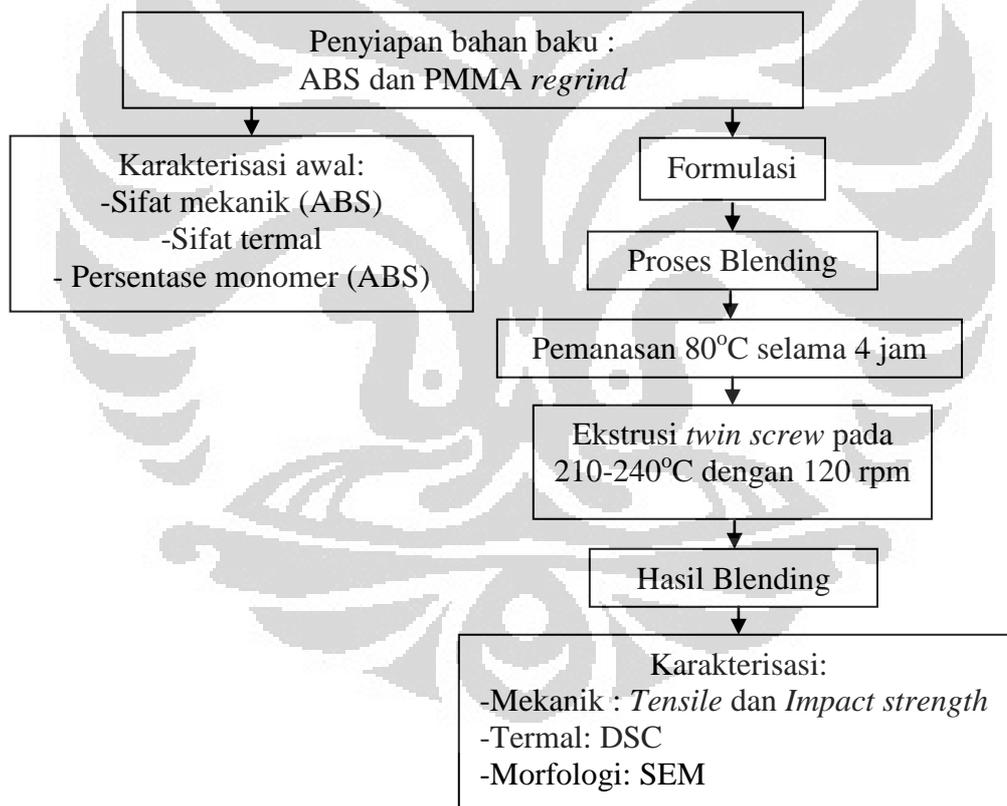
ditujukan untuk memperbesar laju geseran pada material sehingga dapat mengurangi energi pemanasan.

3. Setelah material terkumpul dalam rongga antara ujung *screw* dengan *nozzle* (ujung *barrel* yang menyempit untuk memungkinkan tekanan yang besar pada saat penginjeksian plastik), *screw* bergerak secara translasi mendorong material melewati *nozzle* masuk ke dalam cetakan dengan tekanan tinggi (proses injeksi).
4. Saat material berada dalam cetakan, *clamping unit* berfungsi untuk menahan cetakan agar tetap tertutup. Dalam proses pendinginan ini, material dapat dibiarkan membeku dengan sendirinya atau dapat dibantu dengan sistem pendinginan tambahan berupa aliran udara atau air.
5. Sesudah produk membeku dalam cetakan, kemudian dikeluarkan dengan proses eejeksi. Pada proses ini , *clamp* akan membuka sehingga produk yang menempel pada salah satu permukaan cetakan akan didorong keluar oleh *ejector pin*.

## BAB 3 METODE PENELITIAN

### 3.1 Tempat Dan Tahapan Penelitian

Penelitian ini dilakukan dalam skala laboratorium, secara garis besar terdiri dari beberapa tahap, yaitu pembuatan blending ABS/PMMA *regrind* dilakukan di PT Inter Aneka Lestari Kimia Balaraja dan karakterisasi sifat mekaniknya akan dilakukan di PATIR-BATAN Jakarta dan Balai Pengujian Kemasan dan Kimia Jakarta, pengujian sifat termal di LAPAN dan morfologi dilakukan di RCMSUI Salemba. Tahapan proses penelitian adalah sebagai berikut:



### 3.2 Alat dan Bahan

Peralatan yang digunakan adalah

- NMR 500 MHz Oxford 500 untuk karakterisasi persentase monomer dalam ABS (tempat: P2 Kimia-LIPI Serpong)
- Rheomix 3000 Haake untuk melakukan blending (tempat: PT Inter Aneka Lestari Kimia Balaraja)
- Hydraulic Hot Press 150 Kg/cm Toyoseiki untuk membuat *specimen* uji sifat mekanik dan *impact*-nya (tempat: PATIR-BATAN Pasar Jumat)
- Stograph P-I Toyoseiki untuk melakukan uji *tensile strength* (tempat: PATIR-BATAN Pasar Jumat)
- Izod Impact Toyoseiki 40 Kg.cm untuk melakukan uji *impact strength* (tempat: Balai Besar Kimia dan Kemasan Pasar Rebo)
- Shimadzu DSC-60 (*Differential Scanning Calorimetry*) untuk mencari temperatur transisi gelas (tempat: LAPAN Serpong)
- SEM (*Scanning Electron Microscopy*) Jeol Scanning Microscope (JSM) 5310LV untuk melihat morfologi polimer blending (tempat: RCMS UI Salemba)

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini diuraikan pada Tabel 3.1

Tabel 3.1 Daftar bahan-bahan beserta spesifikasinya

Bahan	Spesifikasi
1. Akrilonitril Butadiena Stirena (ABS)	ABS LG HI 121-NP, produksi LG Chemical $\rho$ : 1.04 g/cm <sup>3</sup> $T_m$ : 220-250°C MFR : 21.4 g/10 min
2. Poli(metill metakrilat) (PMMA)	DELPET 80N, produksi Asahi Kasei $\rho$ : 1.19 g/cm <sup>3</sup> $T_m$ : 230-245°C MFR : 2.0 g/10 min

PMMA yang digunakan adalah hasil gilingan dari mesin *grinding* dimana material yang digunakan telah lolos ayakan 8 mm.

### 3.3 Preparasi Sampel

Dalam penelitian ini, sampel yang digunakan dan variasi komposisinya disajikan pada Tabel 3.2

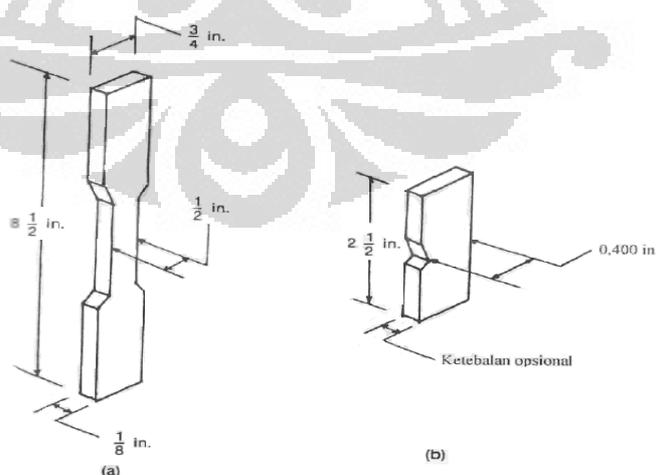
Tabel 3.2 Variasi komposisi ABS dan PMMA *regrind*

No	Formula	Komposisi (% berat)	
		ABS	PMMA <i>regrind</i>
1	ABS/PMMA10%	90	10
2	ABS/PMMA20%	80	20
3	ABS/PMMA30%	70	30
4	ABS/PMMA40%	60	40

### 3.4 Karakterisasi Sampel

Sampel ABS akan dikarakterisasi persentase masing-masing monomernya dengan  $^1\text{H}$  NMR, Hasil sampel proses blending ABS/PMMA akan dikarakterisasi meliputi :

- Kekuatan mekanik : *Tensile Strength* dan *Izod Impact Strength*
- Secara Termal : DSC
- Morfologi : SEM



Gambar 3.1 (a) sampel *dog bone* untuk uji *tensile strength* (b) sampel untuk uji *izod impact strength notched*

## BAB IV HASIL DAN DISKUSI

### 4.1 Identifikasi Komposisi Monomer ABS

Dengan  $^1\text{H}$  NMR unit-unit struktur polimer diidentifikasi dari kombinasi data geseran kimia dan pembelahan spin-spin. Dari data  $^1\text{H}$  NMR dapat dilihat penyerangkaian monomer-monomer tersebut. Dari data yang didapat disesuaikan dengan letak pergeseran kimia hasil prediksi  $^1\text{H}$  NMR dari software ChemDraw Ultra 10, dan dari hasil integrasi luas masing-masing puncak dapat diketahui komposisi monomer akrilonitril : butadiena : stirena dalam sample ABS yang digunakan dalam penelitian ini. Dari Tabel 4.1 terlihat perbandingan monomer-monomer dalam polimer ABS hasil perbandingan luasan puncak (integrasi).

Tabel 4.1 Hasil uji  $^1\text{H}$  NMR dari ABS LG Chem HI 121

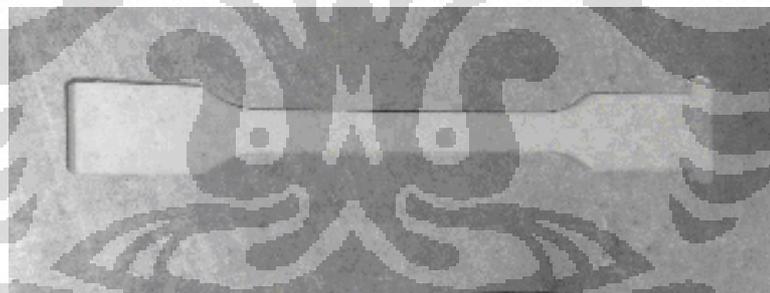
Monomer	Prediksi Chem Draw Ultra (ppm)	Jumlah Atom H	Luas Puncak	Persentase (%)
Akrilonitril	2.7	1	0.427	9.26
Butadiena	5.48	2	2	21.68
Stirena	7.27-7.37	5	15.929	69.06

Dari Tabel 4.1 terlihat bahwa ABS LG Chem 121 memiliki monomer dengan persentase terbanyak adalah monomer stirena dengan 69,06% dan diikuti dengan monomer butadiena dengan 21,68% lalu akrilonitril dengan 9,26%. Persentase masing-masing monomer dalam ABS merupakan ciri khas polimer tersebut, karena pabrikan polimer akan menyesuaikan besaran persentase dengan aplikasi yang akan digunakan. Menurut Kim et al (1993) ABS dengan persentase monomer butadiene-nya diatas *range* 18% merupakan polimer *engineering* dengan kelas *high impact* yang diaplikasikan untuk aplikasi yang membutuhkan atau yang sering menerima benturan dan *stress* dari lingkungannya.

#### 4.2 Uji Mekanik Hasil Blending

Uji mekanik hasil blending meliputi uji *tensile strength* dan *izod impact strength*. Pengukuran *tensile strength* 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 dicetak dengan mesin kompresi *molding* sesuai standar ASTM D638 seperti yang terlihat pada Gambar 4.1. Pengujian ini meliputi pengujian kekuatan tarik (*tensile strength*) dan *elongation*. Hasil dari uji *tensile strength* dengan alat Stograph P-I Toyoseiki disajikan pada Tabel 4.2.



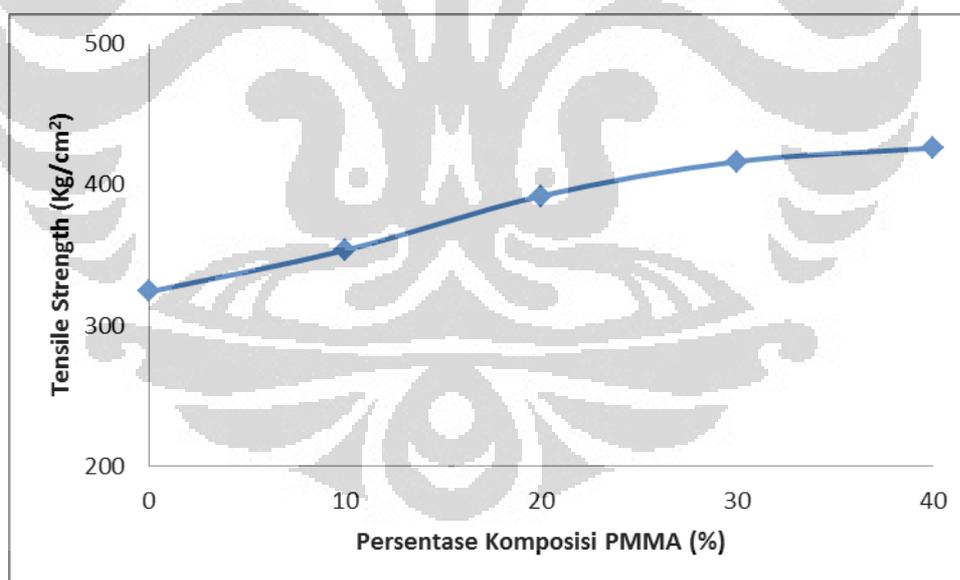
Gambar 4.1 Spesimen *dog bone* yang dicetak dengan mesin kompresi *molding*

Hasil dari uji *tensile strength* dengan alat Strogaph P-I Toyoseiki disajikan pada Tabel 4.2.

Tabel 4.2 Hasil pengujian *tensile strength* ABS sebelum dan sesudah diblending dengan PMMA *regrind*

Komposisi ABS: PMMA <i>regrind</i> (% berat)	<i>Tensile Strength</i> (Kg/cm <sup>2</sup> )
100 : 0	321.78
90 : 10	360.36
80 : 20	396.04
70 : 30	424.84
60 : 40	440.25

Hasil pengujian *tensile strength* (kekuatan tarik) diperlihatkan pada gambar 4.2 yang menunjukkan bahwa nilai *tensile strength* blending ABS/PMMA mampu meningkatkan nilai *tensile strength* dari ABS original yang belum ditambahkan PMMA.



Gambar 4.2 Grafik hasil pengujian *Tensile strength* ABS sebelum dan sesudah diblending dengan PMMA

Dari gambar diatas juga menunjukkan bahwa semakin banyak penambahan PMMA, nilai *tensile strength* hasil blending semakin meningkat. Hal ini menandakan kekuatan tarik material tersebut besar dan semakin tinggi nilai *tensile*

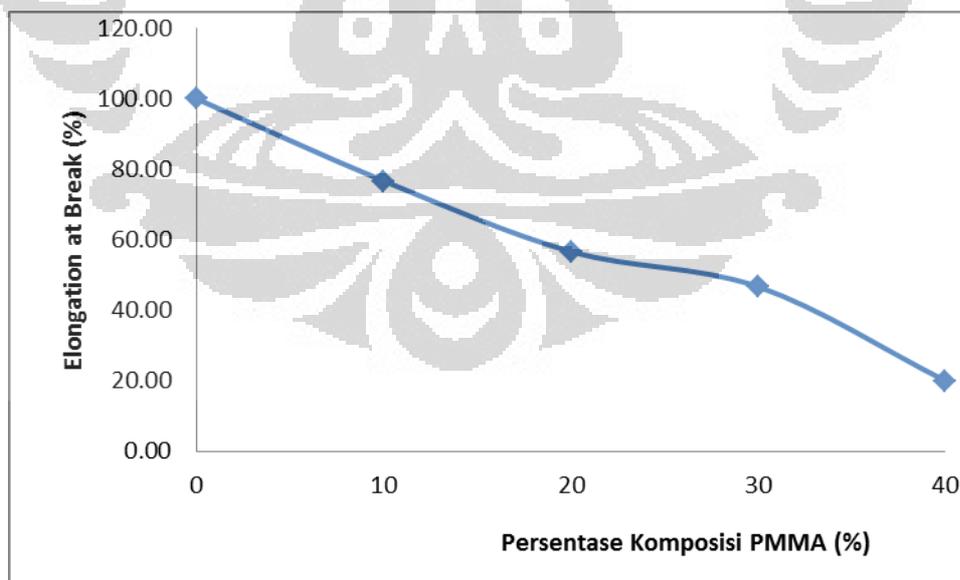
*strength* suatu material maka semakin kaku dan tidak mudah mulur material tersebut.

Hasil dari uji *elongation at break* dengan alat Strogaph P-I Toyoseiki disajikan pada Tabel 4.3.

Tabel 4.3 Hasil pengujian *elongation at break* ABS sebelum dan sesudah diblending dengan PMMA *regrind*

Komposisi ABS: PMMA <i>regrind</i> (% berat)	<i>Elongation</i> (%)
100 : 0	100.00
90 : 10	76.67
80 : 20	56.67
70 : 30	46.67
60 : 40	20.00

Hasil pengujian *elongation* (pemuluran) diperlihatkan pada gambar 4.3 yang menunjukkan bahwa nilai *elongation* blending ABS/PMMA menurun dibandingkan dengan nilai *elongation* dari ABS original yang belum ditambahkan PMMA.



Gambar 4.3 Grafik hasil pengujian *Elongation* ABS sebelum dan sesudah diblending dengan PMMA

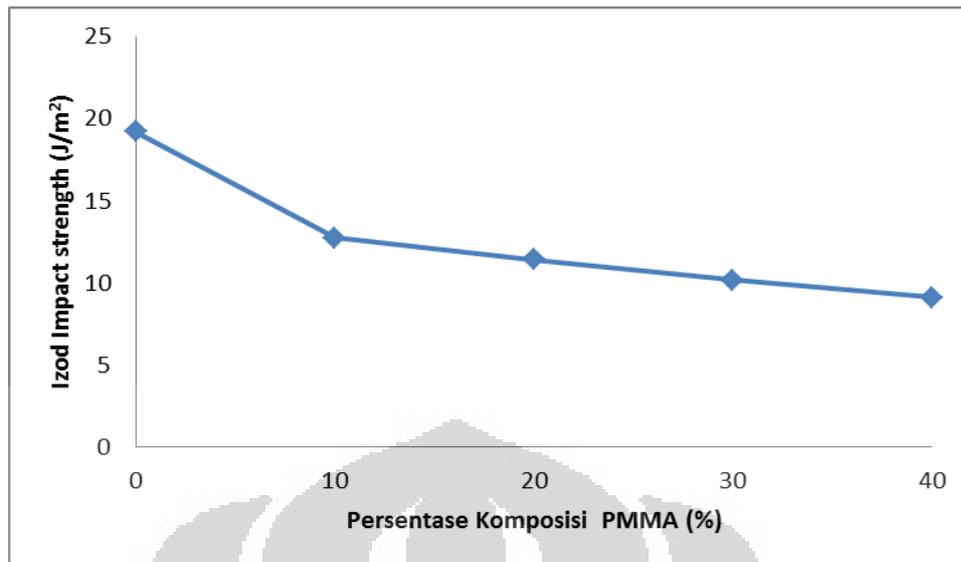
Gambar diatas juga menunjukkan bahwa semakin banyak penambahan PMMA, nilai *elongation* hasil blending semakin menurun. Hal ini menandakan semakin banyak penambahan PMMA kedalam blending material semakin sulit untuk mulur dan tidak ulet. Sedangkan ABS memiliki nilai *elongation* yang tinggi sehingga material tersebut bersifat ulet dan mudah mulur hal ini disebabkan kandungan *elastomer/rubber* polibutadiena pada ABS.

Pengujian izod *impact strength* dalam penelitian ini menggunakan spesimen yang dicetak dengan mesin kompresi molding sesuai standar ASTM D256. Hasil dari uji *impact strength* dengan alat Izod Impact Toyoseiki disajikan pada Tabel 4.4.

Tabel 4.4 Hasil pengujian *notched izod impact strength* ABS sebelum dan sesudah diblending dengan PMMA *regrind*

Komposisi ABS: PMMA <i>regrind</i> (% berat)	Izod <i>Impact Strength</i> (J/m <sup>2</sup> )
100 : 0	19.20
90 : 10	12.73
80 : 20	11.40
70 : 30	10.17
60 : 40	9.10

Hasil pengujian izod *impact strength* diperlihatkan pada gambar 4.4 yang menunjukkan bahwa nilai *impact strength* blending ABS/PMMA menurun dibandingkan dengan nilai *impact strength* dari ABS yang belum ditambahkan PMMA.



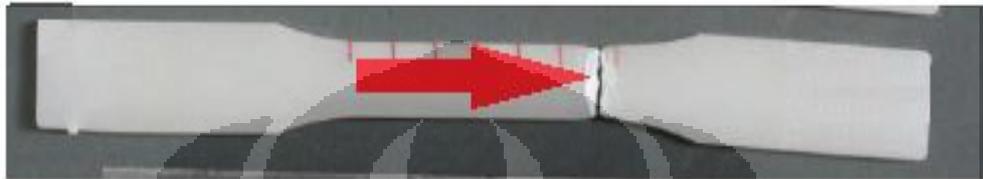
Gambar 4.4 Grafik hasil pengujian *notched izod impact strength* ABS sebelum dan sesudah diblending dengan PMMA

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 *impact* adalah ukuran ketangguhan. Semakin tinggi energi *impact* material, semakin tinggi ketangguhan dan sebaliknya.

Hasil pengujian menunjukkan semakin bertambahnya persentase PMMA *regrind* semakin rendah nilai *impact strength*-nya dibanding dengan nilai *impact strength* ABS. Hal ini disebabkan karena pada ABS terdapat *elastomer/rubber* yang dapat menyerap energi yang diberikan oleh suatu tumbukan/benturan. Hal ini terlihat dari luas daerah dibawah kurva *stress vs strain* pada gambar 4.5 dan tabel 4.5, dimana ABS sebelum diblending dengan PMMA memiliki luas kurva yang terbesar dibandingkan dengan ABS setelah diblending pada berbagai komposisi, hal ini menandakan ABS mampu menyerap energi yang berasal dari tumbukan/benturan dibandingkan dengan blending ABS/PMMA.

### 4.3 Pengamatan Morfologi Polimer

Pengamatan morfologi polimer dilakukan dengan *Scanning Electron Microscopy* (SEM) pada bagian *cross-section* specimen *tensile strength* yaitu pada bagian bekas patahan sewaktu pengujian *tensile strength* agar dapat terlihat hasil interaksi blending ABS dan PMMA seperti yang ditunjukkan oleh panah pada gambar 4.5.

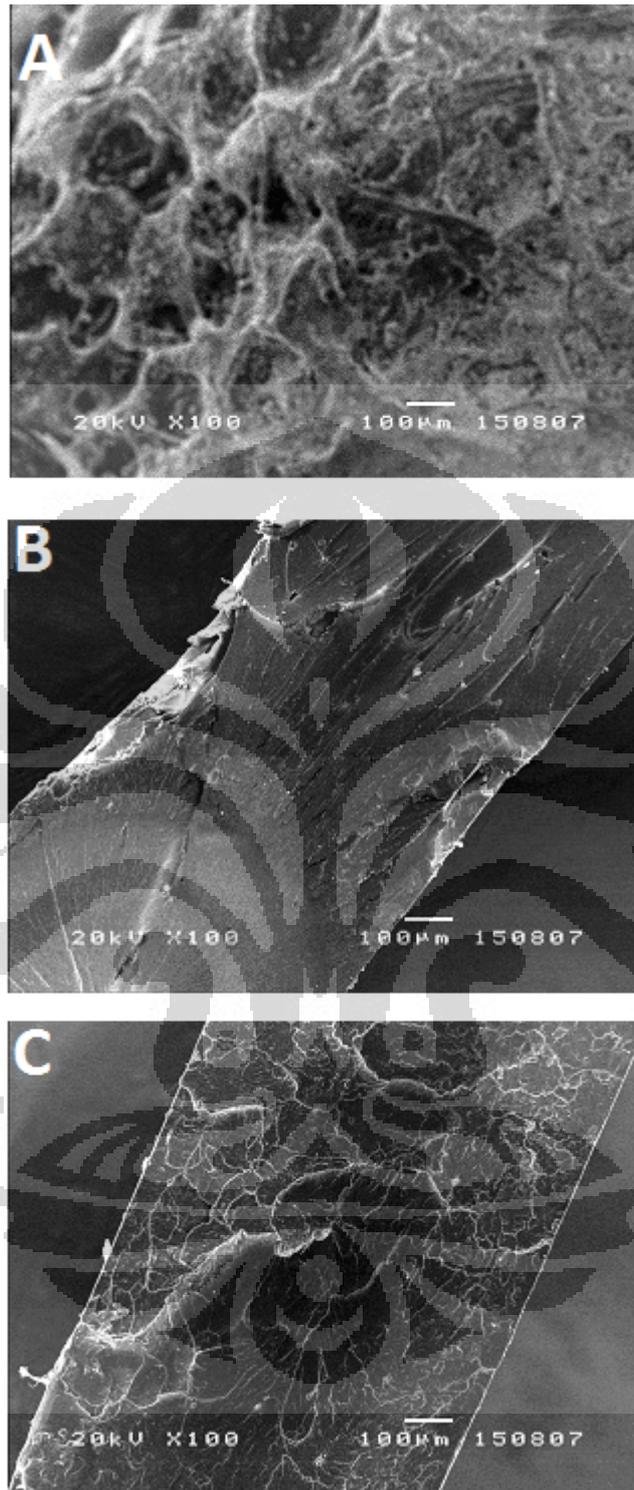


Gambar 4.5 Letak *cross-section* spesimen hasil patahan pengujian *tensile strength* yang akan diamati morfologinya

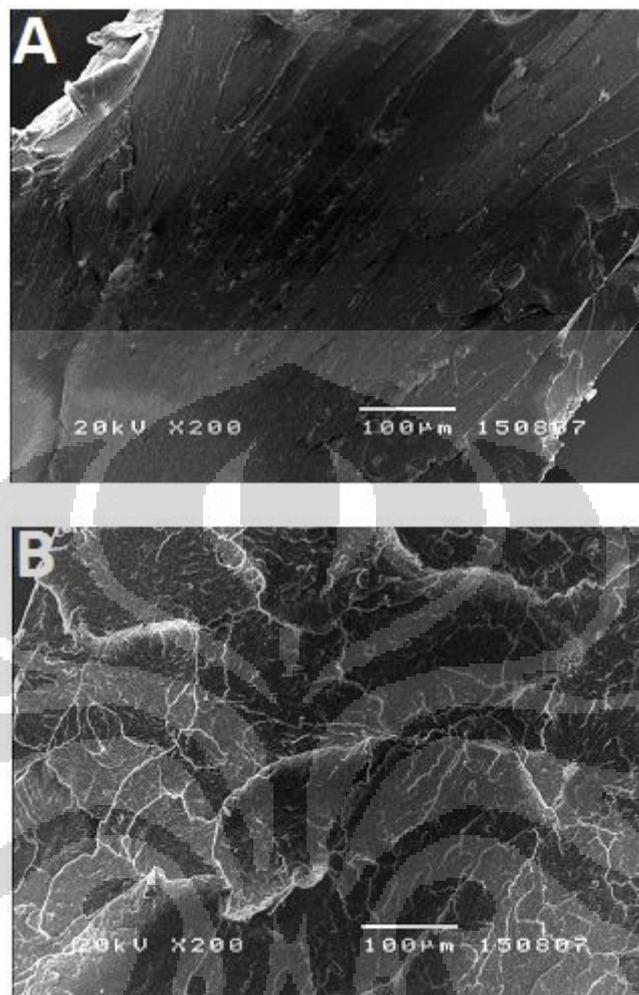
Dari hasil *cross-section* tersebut sebelum dilakukan pengamatan terlebih dahulu dilapisi (*coating*) dengan logam Au selama 20 detik. Bagian *cross-section* yang akan dilihat adalah bagian penampang patahannya karena akan lebih jelas interaksi dari blending tersebut seperti yang ditunjukkan oleh gambar 4.6.



Gambar 4.6 Arah penampang patahan yang akan dilihat morfologinya

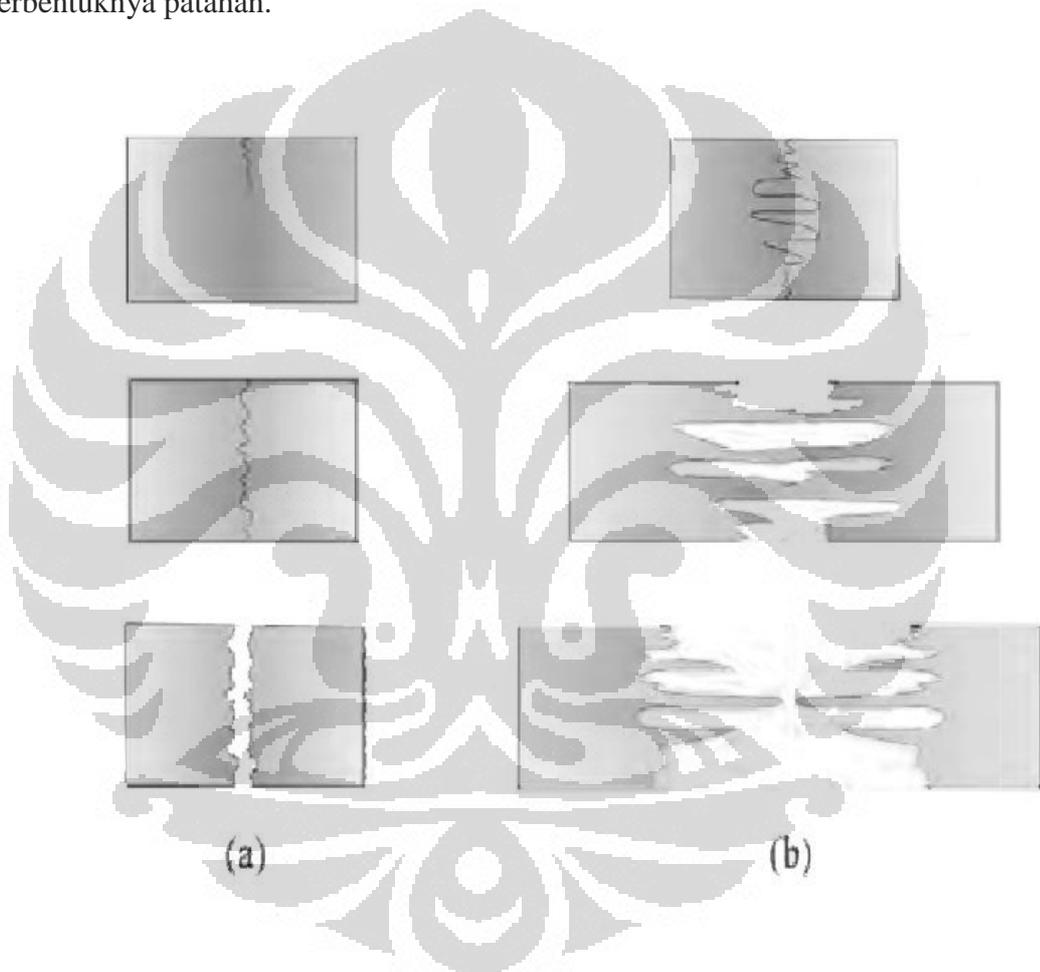


Gambar 4.7 Hasil SEM perbesaran 100X a.) ABS tanpa blending dengan PMMA (ABS 100%), b.) ABS:PMMA *regrind* = 90% : 10% dan c.) ABS:PMMA *regrind* = 70% : 30%



Gambar 4.8 Hasil SEM perbesaran 200X a.) ABS:PMMA *regrind* = 90% : 10% dan b.) ABS:PMMA *regrind* = 70% : 30%

Terlihat pada gambar 4.7(a) bahwa patahan pada ABS terdapat rongga-rongga yang merupakan hasil pembentukan fibril karena ABS merupakan bahan yang ulet seperti pada ilustrasi pada gambar 4.9(a). Sedangkan pada gambar 4.7 dan 4.8, patahan blending ABS dengan PMMA terlihat adanya hasil patahan regas dimana tidak terbentuk fibril seperti pada ilustrasi gambar 4.9(b), hal ini karena adanya sifat PMMA yang *elongation*-nya rendah. Dengan semakin banyaknya penambahan PMMA terlihat makin luasnya daerah-daerah permulaan terbentuknya patahan.

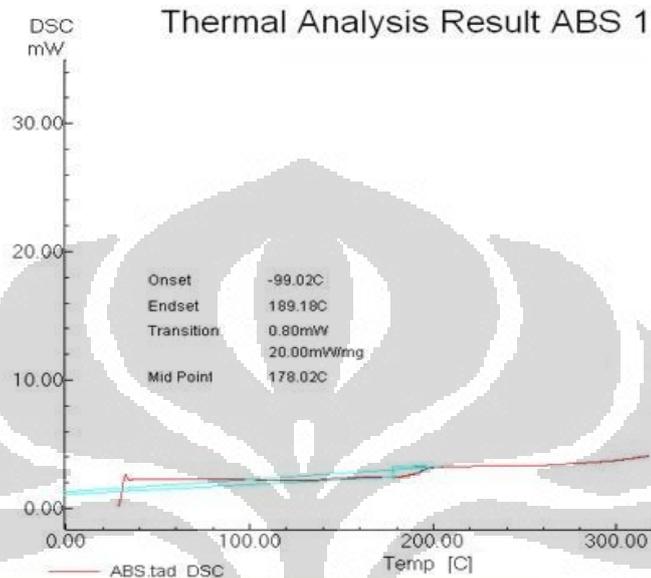


Gambar 4.9 Ilustrasi patahan a.) getas dan b.) ulet yang didahului adanya fibril

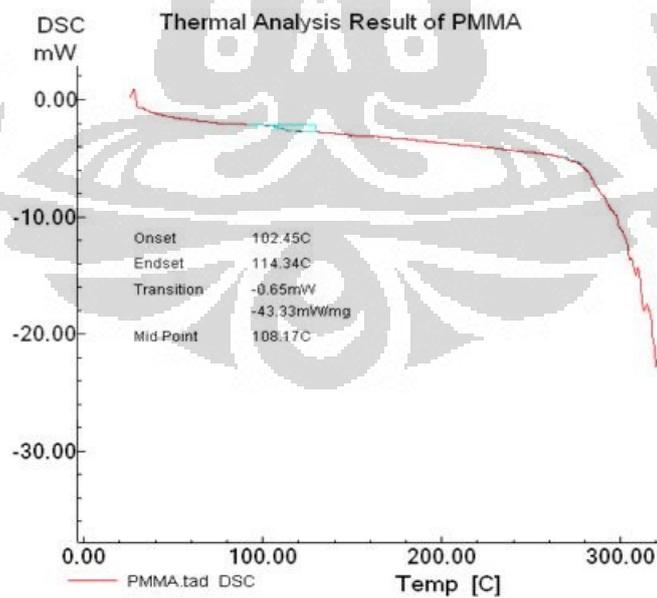
#### 4.4 Pengamatan Temperatur Transisi Gelas ( $T_g$ )

##### 4.4.1 Komposisi ABS 100% dan PMMA *regrind* 100%

Hasil dari pengamatan  $T_g$  dengan DSC untuk komposisi ABS 100% dan PMMA *regrind* 100% seperti terlihat pada gambar 4.10 dan gambar 4.11.



Gambar 4.10 Termogram DSC untuk ABS 100%

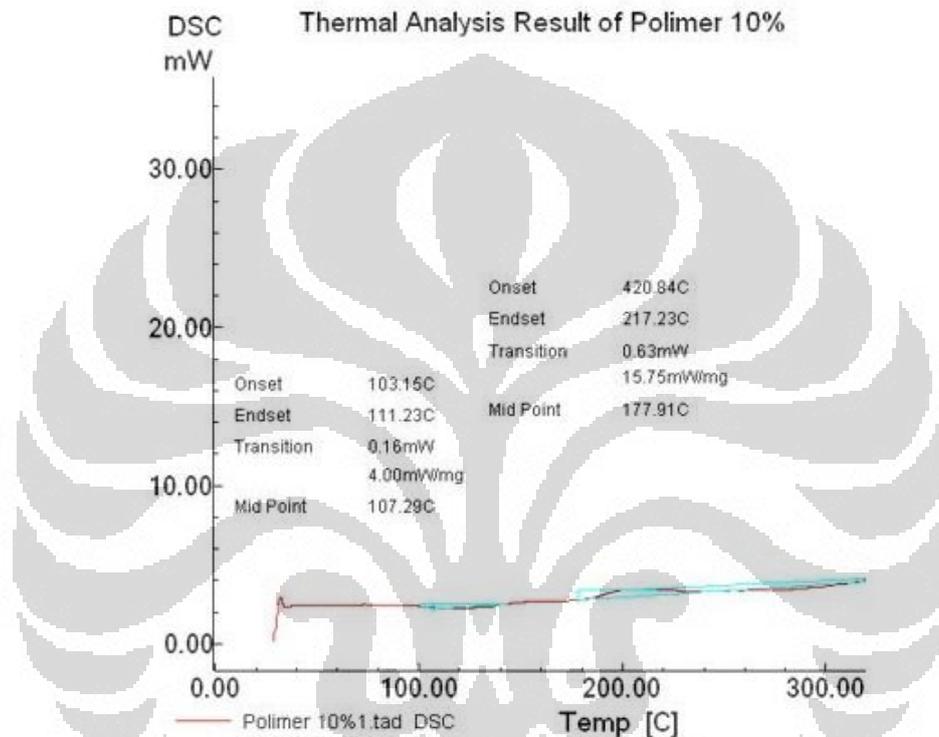


Gambar 4.11 Termogram DSC untuk PMMA 100%

Dari gambar diatas terlihat  $T_g$  dari ABS adalah  $178,02^{\circ}\text{C}$  dan PMMA adalah  $108,17^{\circ}\text{C}$ .

#### 4.4.2 Komposisi ABS : PMMA *regrind* = 90 : 10%

Hasil dari pengamatan  $T_g$  dengan DSC untuk komposisi ini seperti terlihat pada gambar 4.12.

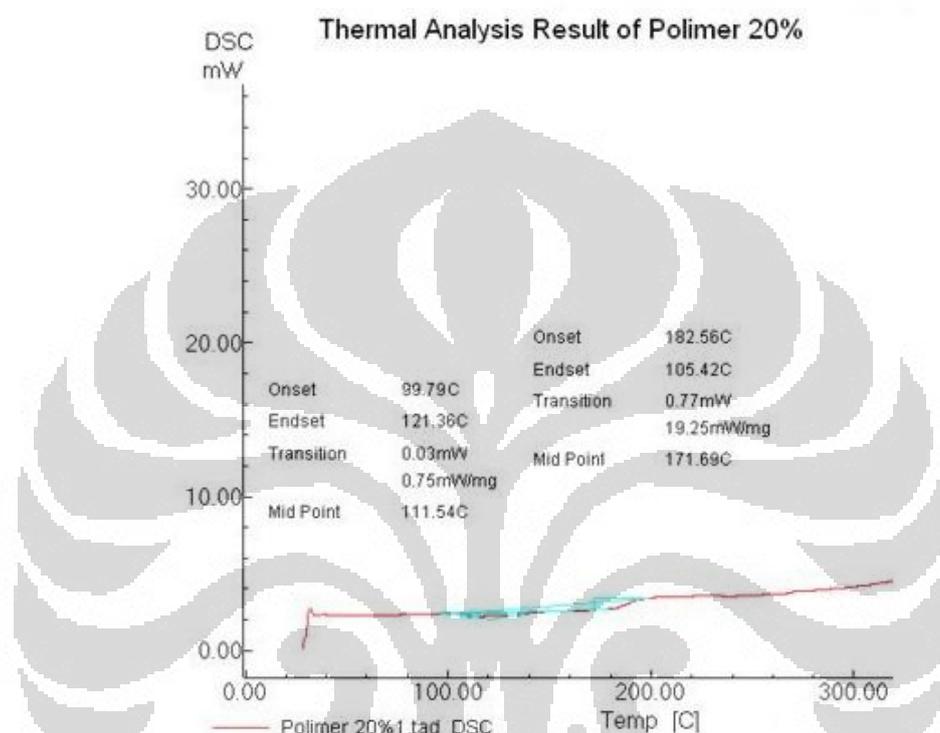


Gambar 4.12 Termogram DSC untuk ABS : PMMA *regrind* = 90 : 10%

Terlihat dari hasil DSC pada gambar 4.12 bahwa blending tersebut mempunyai dua  $T_g$  yaitu  $107,29^{\circ}\text{C}$  dan  $177,91^{\circ}\text{C}$  yang masing-masing merupakan  $T_g$  dari PMMA dan ABS sehingga untuk blending dengan komposisi ABS : PMMA *regrind* = 90 : 10% dikatakan tidak *miscible* atau *immiscible*.

#### 4.4.3 Komposisi ABS : PMMA *regrind* = 80 : 20%

Hasil dari pengamatan  $T_g$  dengan DSC untuk komposisi ini seperti terlihat pada gambar 4.13.

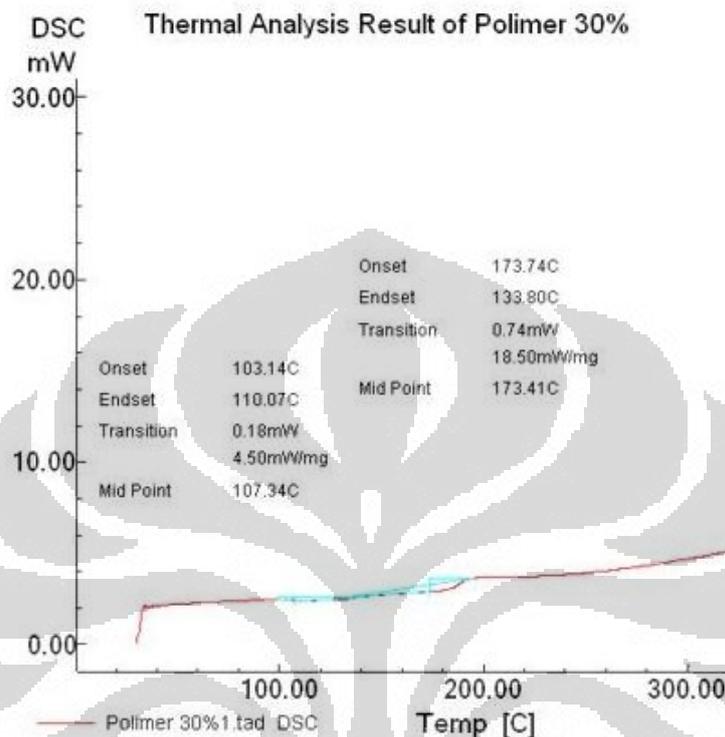


Gambar 4.13 Termogram DSC untuk ABS : PMMA *regrind* = 80 : 20%

Terlihat dari hasil DSC pada gambar 4.13 bahwa blending tersebut mempunyai dua  $T_g$  yaitu 111,54°C dan 171,69°C yang masing-masing merupakan  $T_g$  dari PMMA dan ABS sehingga untuk blending dengan komposisi ABS : PMMA *regrind* = 80 : 20% dikatakan tidak *miscible* atau *immiscible*.

#### 4.4.4 Komposisi ABS : PMMA *regrind* = 70 : 30%

Hasil dari pengamatan  $T_g$  dengan DSC untuk komposisi ini seperti terlihat pada gambar 4.14.

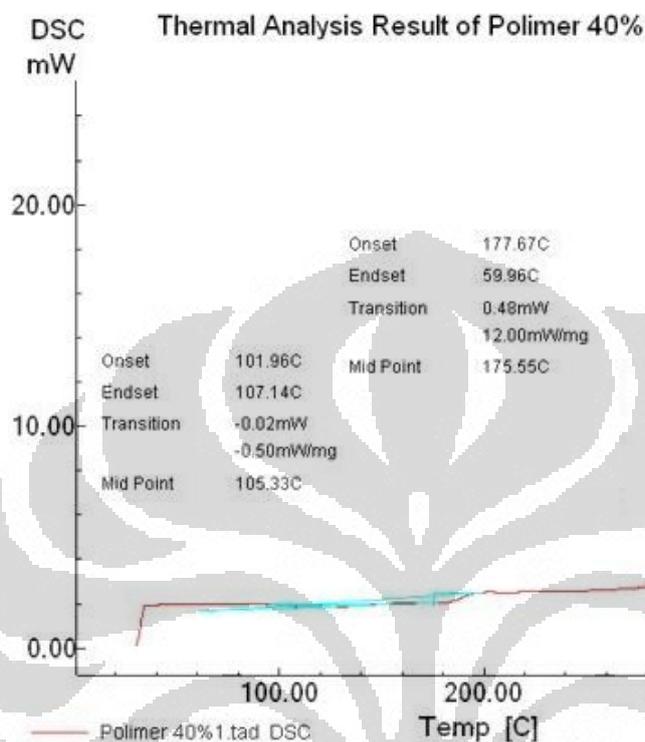


Gambar 4.14 Termogram DSC untuk ABS : PMMA *regrind* = 70 : 30%

Terlihat dari hasil DSC pada gambar 4.14 bahwa blending tersebut mempunyai dua  $T_g$  yaitu  $107,34^{\circ}\text{C}$  dan  $173,41^{\circ}\text{C}$  yang masing-masing merupakan  $T_g$  dari PMMA dan ABS sehingga untuk blending dengan komposisi ABS : PMMA *regrind* = 70 : 30% dikatakan tidak *miscible* atau *immiscible*.

#### 4.4.5 Komposisi ABS : PMMA *regrind* = 60 : 40%

Hasil dari pengamatan  $T_g$  dengan DSC untuk komposisi ini seperti terlihat pada gambar 4.15.



Gambar 4.15 Termogram DSC untuk ABS : PMMA *regrind* = 60 : 40%

Terlihat dari hasil DSC pada gambar 4.16 bahwa blending tersebut mempunyai dua  $T_g$  yaitu  $105,33^{\circ}\text{C}$  dan  $175,55^{\circ}\text{C}$  yang masing-masing merupakan  $T_g$  dari PMMA dan ABS sehingga untuk blending dengan komposisi ABS : PMMA *regrind* = 60 : 40% dikatakan tidak *miscible* atau *immiscible*.

Nilai  $T_g$  sangat bermanfaat untuk berbagai tujuan. Salah satunya menentukan komposisi dari polimer blending apakah blending tersebut *miscible*, *compatible* atau *immiscible*. Blending yang *miscible* ditunjukkan dengan satu nilai  $T_g$ . Blending yang *immiscible* ditunjukkan dengan munculnya  $T_g$  masing-masing penyusunnya yang tidak berubah. Blending yang *compatible* dapat ditunjukkan dengan dua atau lebih nilai  $T_g$  yang besarnya tergantung dari komposisi masing-masing penyusunnya akan tetapi nilai  $T_g$  masing-masing penyusunnya berubah (Brostow et al, 2008).

Tabel 4.5 Perbandingan nilai  $T_g$  blending ABS/PMMA *regrind*

ABS (%wt)	PMMA <i>Regrind</i> (%wt)	$T_g$ ABS °C	$T_g$ PMMA °C
100	0	178,02	-
0	100	-	108,17
90	10	177,91	107,29
80	20	171,69	111,54
70	30	173,41	107,34
60	40	175,55	105,33

Dari Tabel 4.5 ditunjukkan nilai  $T_g$  dari masing-masing penyusun blending yaitu ABS dan PMMA serta nilai  $T_g$  setelah diblending. Dari tabel tersebut terlihat bahwa nilai-nilai  $T_g$  ABS dan PMMA dalam blending tidak berubah signifikan dibandingkan dengan  $T_g$  ABS dan PMMA murninya. Hal ini menandakan selain blending ABS/PMMA *immiscible*, ternyata blending tersebut juga tidak *compatible*. Keadaan ini yang menyebabkan nilai *elongation* dan *impact strength* dari blending ABS/PMMA *regrind* menurun, karena tidak adanya *interfacial adhesion* yang baik.

## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1 Kesimpulan

Semakin tinggi persentase PMMA *regrind* dalam blending ABS/PMMA dapat mempengaruhi sifat mekanik dari hasil blending yaitu dapat menaikkan nilai *tensile strength* material tetapi menurunkan nilai *elongation* dan *impact strength*-nya. Hasil DSC menyatakan blending tersebut *immiscible* dan tidak *compatible* dilihat dari nilai  $T_g$  dari masing-masing blending yang terdapat lebih dari satu  $T_g$  dan nilainya yang tidak berubah signifikan dari nilai  $T_g$  penyusunnya yaitu ABS dan PMMA. Oleh karena itu, blending ABS dengan PMMA *regrind* dapat diaplikasikan untuk produk dengan kekuatan terhadap benturan dan fleksibilitas yang moderat seperti *housing* lampu motor.

#### 5.2 Saran

Pada penelitian ini terdapat indikasi meningkatnya nilai *tensile strength* dan menurunkan nilai *impact strength* dan *elongation* serta hasil DSC yang menyatakan blending tersebut *immiscible* dan tidak *compatible*, maka perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk menambahkan fasa *rubber/elastomer* seperti SBR (*stirena butadiena rubber*) dan atau penggunaan *compatibilizer* seperti *maleic anhydride* agar sifat material tersebut lebih baik lagi dengan melakukan studi tekno ekonomi-nya juga.

## DAFTAR REFERENSI

- Brostow, Witold, Rachel Chiu, Ionnis M. Kalogeras dan Aglaia Vassilikou-Dova. (2008). Prediction of Glass Transition Temperatures: Binary Blends and Copolymers. *Materials Letter* 62 Elsevier. 3152-3155.
- Elias ,George H. (1997). *An Introduction to Polymer Science*, Germany :VCH.
- Gaur, M.S., Prashant Shukla, R.K. Tiwari dan S. P. Singh. (2008). New Approach for The Measurement of Glasss Transition Temperature of Polymer. *Indian Journal of Pure and Applied Physics*. Vol 46. 535-539.
- Grande, J. (1996). *Modern Plastics International*. 26-29.
- Ibrahim, Buthaina dan Karrer M. Kadum. (2010). Influence of Polymer Blending on Mechanical and Thermal Properties. *Modern Applied Science Canadian Center of Science and Education*. Vol. 4 No.9.
- Jang, B.Z. (1994). *Advanced Polymer Composites: Priciples and Applications*, ASM International, Material Park, OH.
- Kim, B.K., L.K. Yoon dan X.M. Xie. (1997). Effects of Annealing in ABS Ternary Blends. *Journal of Applied Polymer Science*, 66. 1531-1542
- Li, W., A.L. Schlarb dan M. Evstatiev. (2009). Effect of Viscosity Ratio on the Morphology of PET Microfibrils in Uncompatibilized and Compatibilized Drawn PET/PP/TiO<sub>2</sub> Blends. *Journal of Polymer Science :Part B:Polymer Physics*, 47, 555-562.
- Li, Qifang, Ming Tian, Donggil Kim, Liqun Zhang dan Riguang Jin. (2002). Compability and Thermal Properties of Poly(acrylonitrile-butadiene-styrene) Copolymer Blends with Poly(methyl methacrylate) and Poly(styrene-co-acrylonitrile). *Journal of Applied Polymer Sciences*, Vol. 85, 2652-2660.
- Mark, H. F. (1989). *Encyclopedia of Polymer Science and Engineering*, New York : John Wiley & Sons.
- Mettler dan Toledo. (1996). *Collected Applications Thermal Analysis*:

Thermoplastics. 4-9.

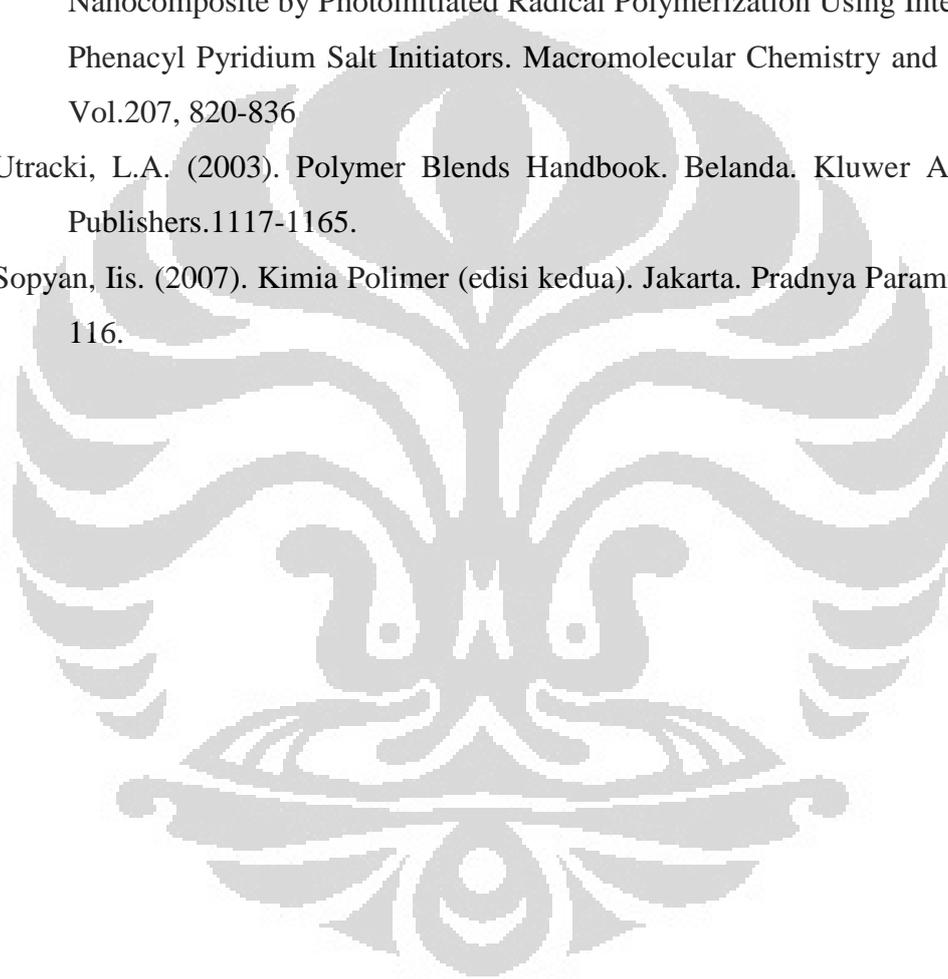
Mikulec, Michelle J. dan Tony Brooks. (2000). Blend Post Industrial ABS and PC Improves Thermal and Impact Properties. Conference Proceedings ANTEC 2000. The Society of Plastics Engineer. 2667-2669.

Mujiarto, I. (2005). Sifat dan Karakteristik Material Plastik dan bahan Aditif. *Jurnal Traksi* ,3, 65-74.

Nese, Alper, Sinan Sen, Mehmet Atilla dan Nihan Nugay. (2006). Clay PMMA Nanocomposite by Photoinitiated Radical Polymerization Using Intercalated Phenacyl Pyridium Salt Initiators. *Macromolecular Chemistry and Physics*, Vol.207, 820-836

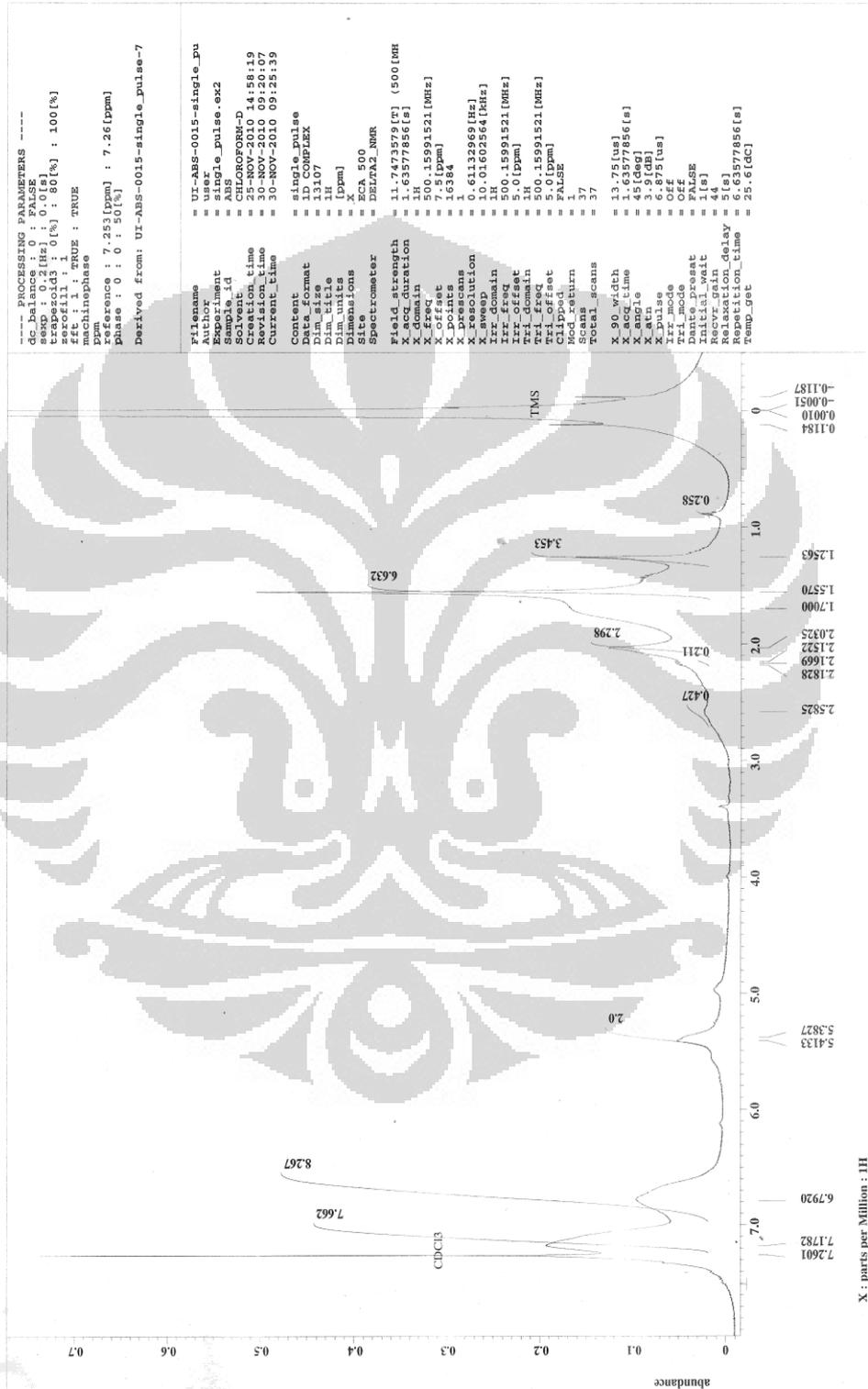
Utracki, L.A. (2003). *Polymer Blends Handbook*. Belanda. Kluwer Academic Publishers.1117-1165.

Sopyan, Iis. (2007). *Kimia Polimer (edisi kedua)*. Jakarta. Pradnya Paramita. 112-116.



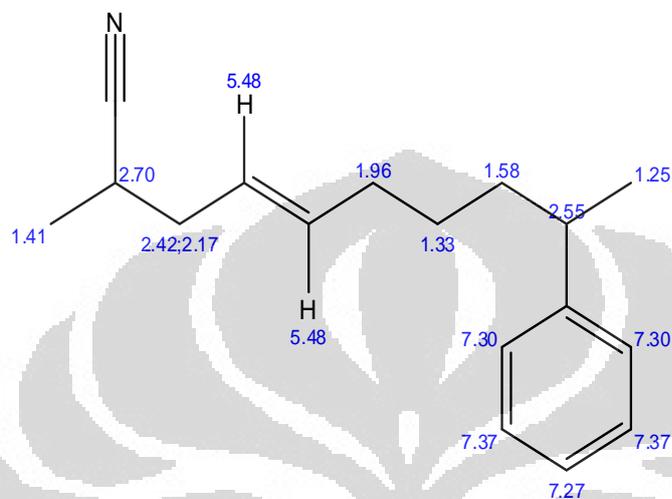
LAMPIRAN 1

Hasil Analisis <sup>1</sup>H NMR untuk ABS LG Chem 121

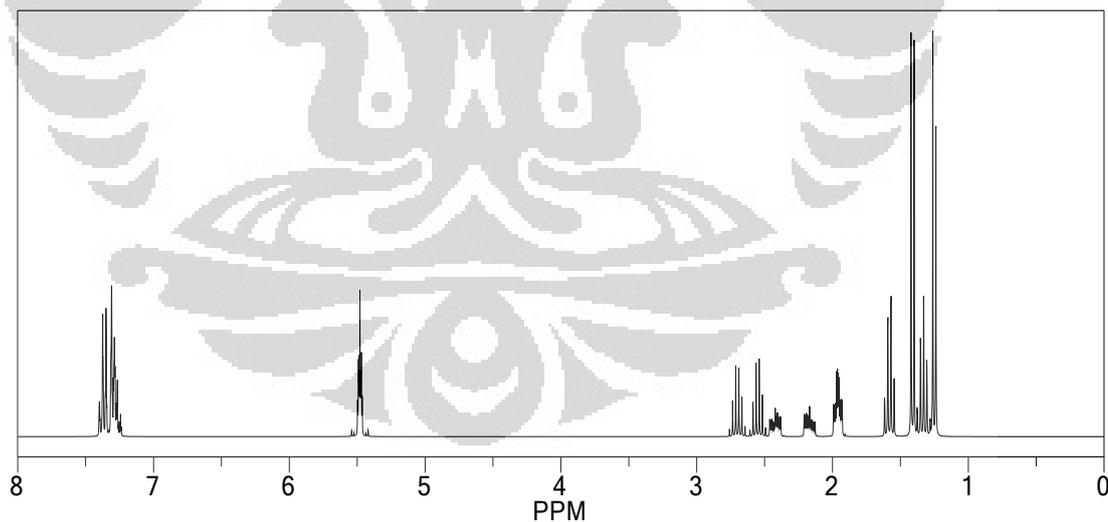


**LAMPIRAN 2**  
**Hasil Prediksi Analisis  $^1\text{H}$  NMR dengan Chem Draw Ultra**

ChemNMR  $^1\text{H}$  Estimation



Estimation quality is indicated by color: **good**, **medium**, **rough**

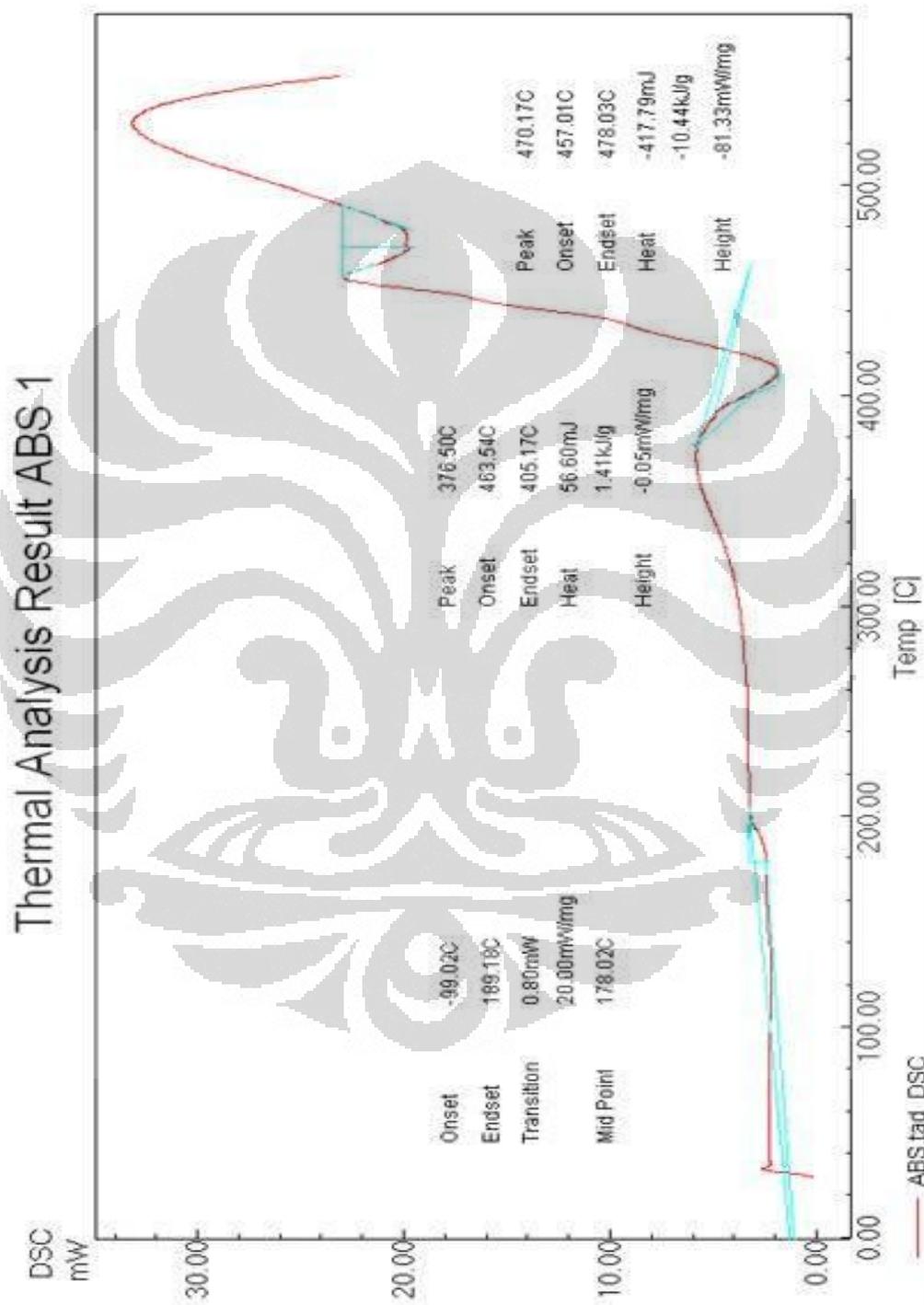


(lanjutan)

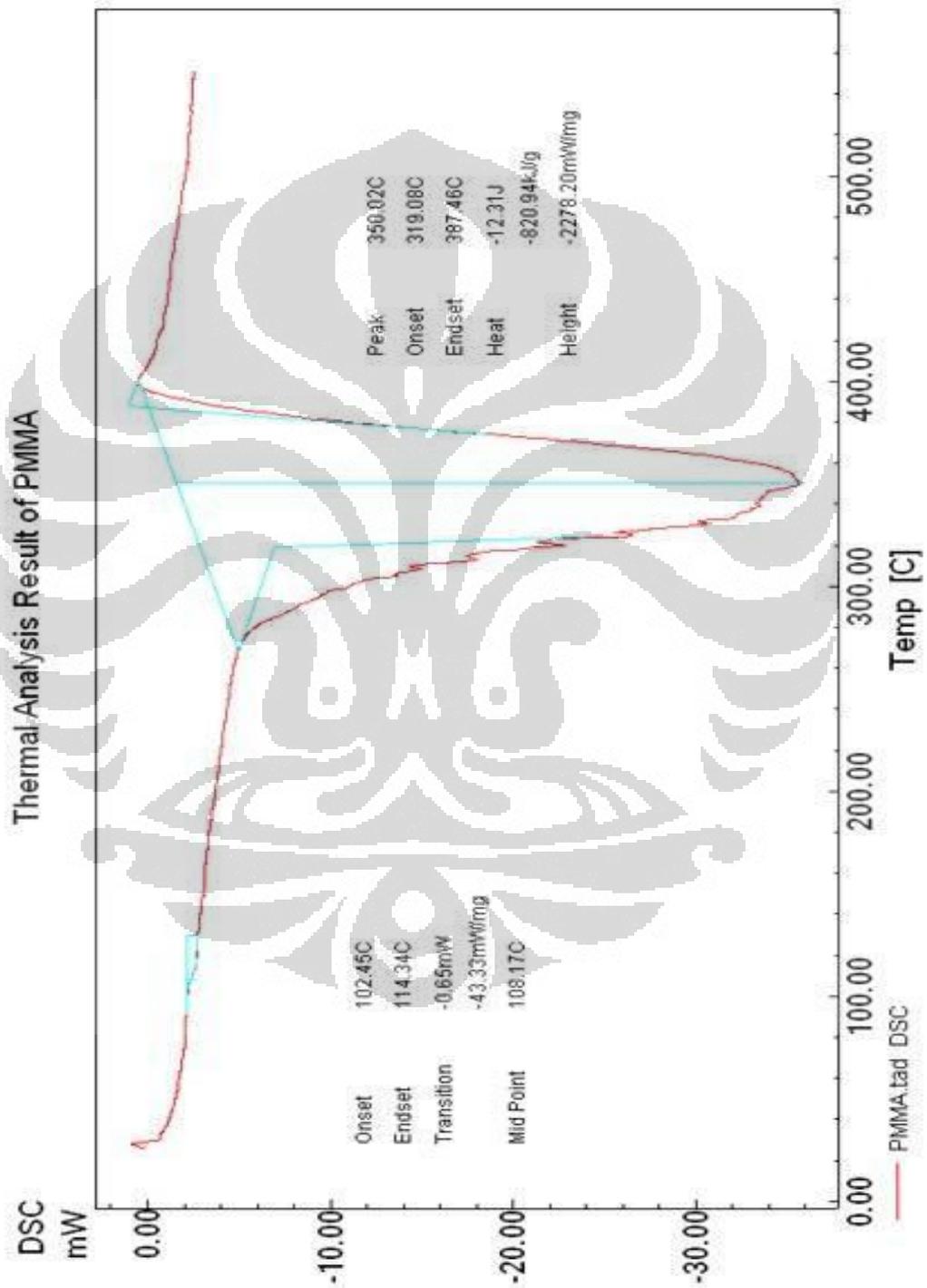
Protocol of the H-1 NMR Prediction:

Node	Shift	Base + Inc.	Comment (ppm rel. to TMS)
CH	7.30	7.26	1-benzene
		-0.13	1 -C(C)C
		0.17	general corrections
CH	7.30	7.26	1-benzene
		-0.13	1 -C(C)C
		0.17	general corrections
CH	7.37	7.26	1-benzene
		-0.08	1 -C(C)C
		0.19	general corrections
CH	7.37	7.26	1-benzene
		-0.08	1 -C(C)C
		0.19	general corrections
CH	7.27	7.26	1-benzene
		-0.18	1 -C(C)C
		0.19	general corrections
CH	2.55	1.50	methine
		0.17	1 alpha -C
		1.28	1 alpha -1:C*C*C*C*C*C*1
		-0.01	1 beta -C
		-0.39	general corrections
CH	2.70	1.50	methine
		0.17	1 alpha -C
		1.00	1 alpha -C+N
		0.03	1 beta -C=C
CH2	1.58	1.37	methylene
		0.29	1 beta -1:C*C*C*C*C*C*1
		-0.04	1 beta -C
		-0.04	1 beta -C
CH2	2.42;2.165000	1.37	methylene
		0.63	1 alpha -C=C
		0.33	1 beta -C+N
		-0.04	1 beta -C
CH2	1.96	1.37	methylene
		0.63	1 alpha -C=C
		-0.04	1 beta -C
CH2	1.33	1.37	methylene
		-0.04	1 beta -C
		0.00	1 beta -C=C
CH3	1.25	0.86	methyl
		0.38	1 beta -1:C*C*C*C*C*C*1
		0.10	1 beta -C-R
		-0.09	general corrections
CH3	1.41	0.86	methyl
		0.45	1 beta -C+N
		0.10	1 beta -C-R
H	5.48	5.25	1-ethylene
		0.45	1 -C gem
		-0.22	1 -C cis
H	5.48	5.25	1-ethylene
		-0.22	1 -C cis
		0.45	1 -C gem

**LAMPIRAN 3**  
**Termogram DSC untuk ABS 100%**

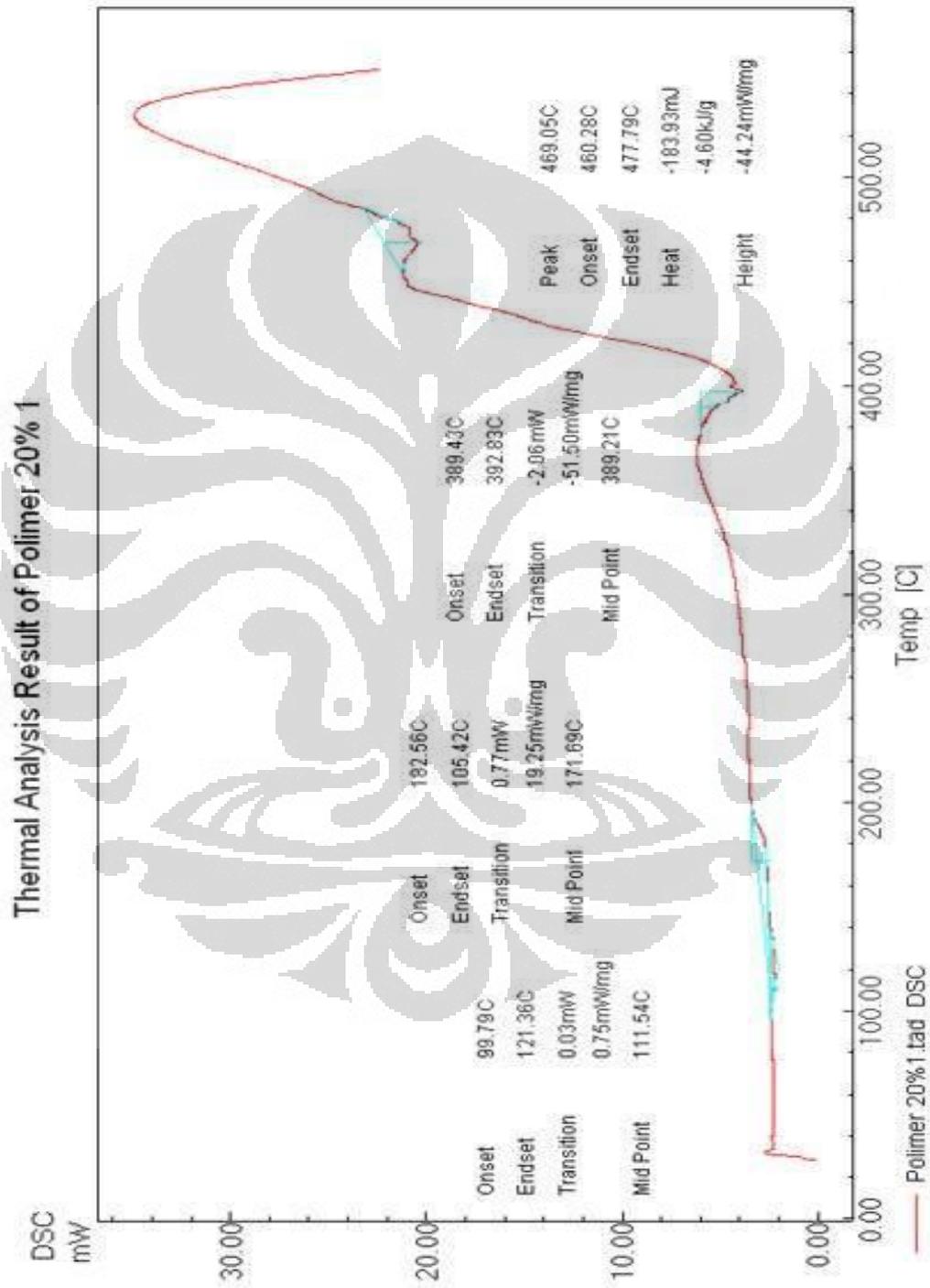


**LAMPIRAN 4**  
**Termogram DSC untuk PMMA *regrind* 100%**

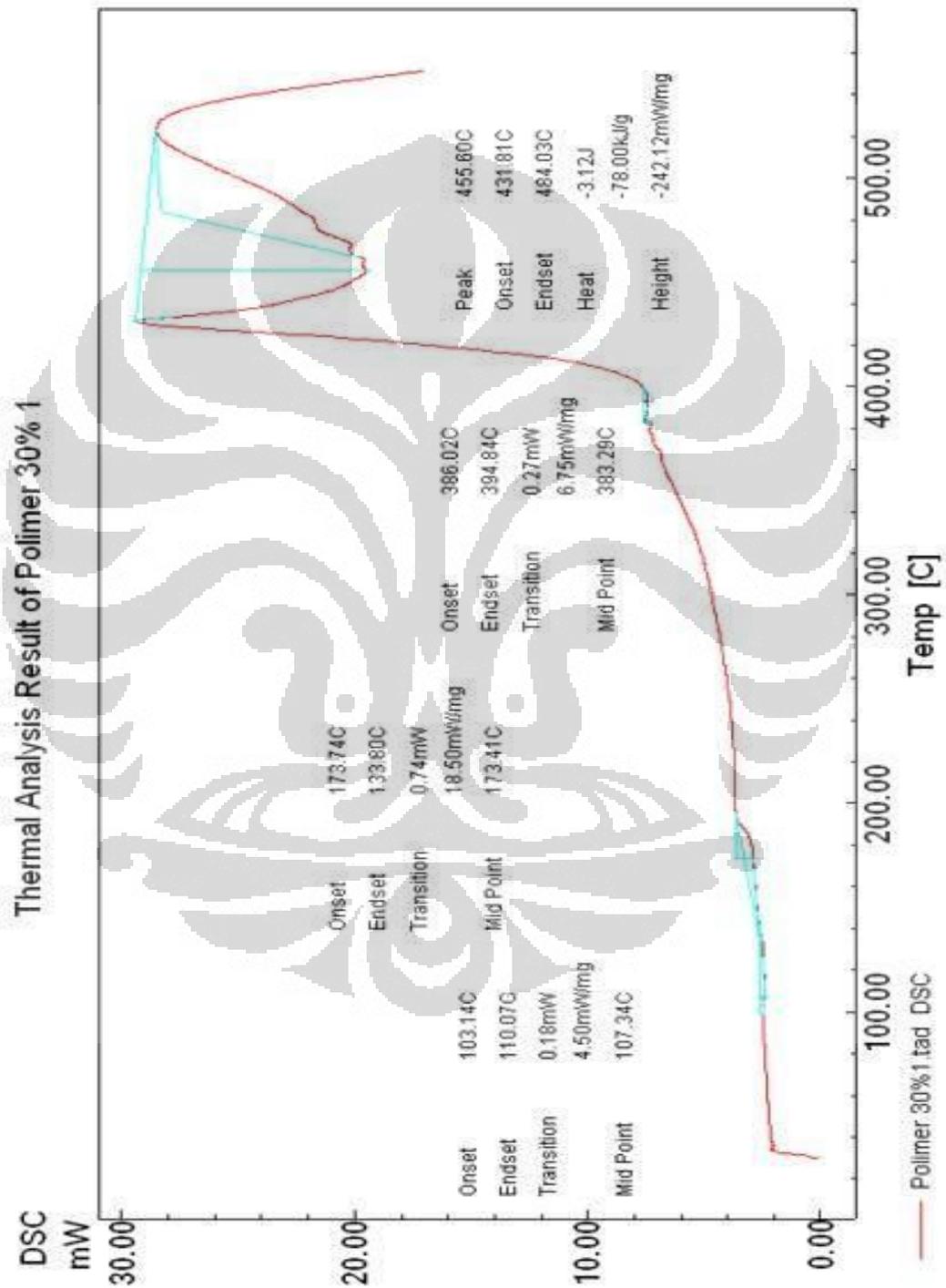




## LAMPIRAN 6

Termogram DSC untuk ABS : PMMA *regrind* = 80 : 20%

## LAMPIRAN 7

Termogram DSC untuk ABS : PMMA *regrind* = 70 : 30%

## LAMPIRAN 8

Termogram DSC untuk ABS : PMMA *regrind* = 60 : 40%