

**PENGARUH PENAMBAHAN POLIBUTILENSUKSINAT (PBS)  
TERHADAP SIFAT MEKANIK DAN BIODEGRABILITAS  
*LINIER LOW DENSITY POLYETHYLENE (LLDPE)***

**SKRIPSI**

**Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik**

**JEFFY ARI SUSANTO  
0405040376**



**UNIVERSITAS INDONESIA  
FAKULTAS TEKNIK  
PROGRAM STUDI TEKNIK METALURGI DAN MATERIAL  
DEPOK  
DESEMBER 2010**

**HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS**

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

**Nama : Jeffy Ari Susanto**

**NPM : 0405040376**

**Tanda tangan :**



**Tanggal : Desember 2010**

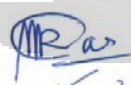
**HALAMAN PENGESAHAN**


Skripsi ini diajukan oleh

Nama : Jeffy Ari Susanto  
NPM : 0405040376  
Program Studi : Teknik Metalurgi dan Material  
Judul Skripsi : Pengaruh penambahan Polibutilen suksinat (PBS)  
pada sifat tensile strength dan biodegradibilitas  
*linier low density polyethylene* (LLDPE)

**Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Metalurgi dan Material, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia.**

**DEWAN PENGUJI**

Pembimbing 1 : Dr. Mochamad chalid S.Si M.Sc. Eng (  )

Pembimbing 2 : Ir. Wiwik Pudjiastuti, M.Si (  )

Penguji : Prof. Ir. Anne Zulfia S, M.Sc. (  )

Ditetapkan di : Depok

Tanggal : Desember 2010

## UCAPAN TERIMA KASIH

Puji syukur saya panjatkan kepada Tuhan atas berkat dan rahmat-Nya, saya dapat menyelesaikan skripsi ini. Penulisan skripsi ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Teknik Metalurgi dan Material di Universitas Indonesia. Saya menyadari bahwa, tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, dari masa perkuliahan sampai masa penyusunan skripsi ini, sangatlah sulit bagi saya untuk menyelesaikan skripsi ini. Oleh karena itu, saya mengucapkan terima kasih kepada:

- (1). Dr. Mochamad chalid, S.Si, M.Sc. Eng selaku dosen pembimbing yang telah meluangkan waktu untuk memberi pengarahan, diskusi, dan bimbingan serta persetujuan sehingga skripsi ini dapat diselesaikan dengan baik.
- (2). Dr. Ir. Sotya Astutiningsih, M.Eng selaku pembimbing akademik. Terima kasih untuk perhatian dan dukungan dari masa perkuliahan sampai masa penyusunan skripsi ini.
- (3). Papa, mama, adik dan keluarga besar yang telah banyak memberikan dukungan dan doa baik moral maupun materil agar terselesaikannya skripsi ini segera.
- (4). Dr. Ir. Dedi Priadi, D.E.A atas dukungan moral dan masukan - masukan nasihat yang bermanfaat bagi penulis.
- (5). Ibu Wiwik Pudjiastuti selaku pembimbing skripsi dan Kepala Peneliti di Balai Besar Kimia dan Kemasan (BBKK)
- (6). Laboratorium Balai Besar Kimia dan Kemasan atas bantuannya untuk melakukan dan memperoleh data pengujian.
- (7). Idham sebagai partner dan sahabat yang telah memberi banyak bantuan dalam menyelesaikan skripsi ini.
- (8). Eya Yuanita dan Arie listyarini dari BBKK yang telah membantu saya dalam menyelesaikan skripsi ini.

Akhirnya, penulis berharap agar skripsi ini bisa memberikan inspirasi dan manfaat bagi semua pihak yang membacanya dan bagi pengembangan ilmu pengetahuan.

Depok, 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 : Jeffy Ari Susanto

NPM : 0405040376

Program Studi : Teknik Metalurgi dan Material

Departemen : Teknik Metalurgi dan Material

Fakultas : Teknik

Jenis Karya : Skripsi

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 Polibutilensuksinat (PBS) pada sifat tensile strength dan biodegradabilitas *Linier Low Density Polyethylene (LLDPE)***

beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalih media/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat dan mempublikasikan 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 : Depok

Pada tanggal : Desember 2010

Yang Menyatakan



(Jeffy Ari Susanto)

## ABSTRAK

---

Nama : Jeffy Ari Susanto  
Program Studi : Teknik Metalurgi dan Material  
Judul : Pengaruh penambahan Polibutilen suksinat (PBS) pada sifat mekanik dan Biodegrabilitas PE

Penelitian ini adalah sebuah pengembangan dari permasalahan kemasan makanan. Kemasan makanan yang baik adalah produk yang bersifat *biodegradable*, karena dapat terdegradasi oleh lingkungan sehingga permasalahan sampah plastik dapat dikurangi. Penelitian ini adalah tentang *biodegradable polymer blending* yang disintesa dari campuran polibutilensuksinat (PBS) dan LLDPE. Tingkat keberhasilan penelitian ini dilakukan dengan pengamatan sifat fisik, mekanik, dan biodegrabilitasnya agar dapat dipakai untuk kemasan makanan. Tujuan penelitian ini adalah untuk mendapatkan kombinasi sifat yang menguntungkan.

Sintesa *polymer blend* ini dilakukan dengan memvariasikan komposisi PBS/LLDPE 100/0, 30/70, 50/50, 70/30, 0/100 yang kemudian dihomogenisasi dalam mesin rheomix single screw extruder. Hasil yang diperoleh, menunjukkan bahwa penambahan PBS 30% memberikan peningkatan maksimal terhadap sifat biodegrabilitas dan juga memiliki sifat mekanik yang bagus.

Kata kunci: Biodegradable, Polymer blend, PBS, LLDPE.

## ABSTRACT

Name : Jeffy Ari Susanto  
Study Program : Metalurgy and Material Engineering  
Title : The effect of adding PBS to mechanical and biodegradability of PE

This research is about the development of food packaging problem. The good food packaging has to be biodegradable so that the waste of plastic problem in this country can be reduced. This research is about biodegradable Polymer blend from mixing of PBS and PE. So that physical, mechanical and biodegradability properties can be known in case to be used in biodegradable food packaging.

The step of this research is to make polymer blend of PBS and LLDPE100/0,30/70,50/50,70/30,0/100 with rheomix single screw extruder. So that can produce a good properties from this type of mixing. The result is taken, by adding 30% of PBS increasing biodegradable and mechanical properties, so based on the properties can be used in food packaging and biodegradable.

Key words: Biodegradable, Polymer blend, PBS, LLDPE

## DAFTAR ISI

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS.....	ii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
UCAPAN TERIMA KASIH.....	iv
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI.....	v
ABSTRAK.....	vi
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR TABEL.....	x
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR LAMPIRAN.....	xii
<b>BAB 1 PENDAHULUAN</b> .....	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang Masalah.....	1
1.2 Tujuan Penelitian.....	2
1.3 Manfaat.....	2
1.4 Ruang Lingkup Penelitian.....	3
1.5 Hasil yang diharapkan.....	3
<b>BAB 2 LANDASAN TEORI</b> .....	<b>4</b>
2.1 <i>Low linear density polyetelene</i> .....	4
2.1.1 Definisi.....	4
2.1.2 Sifat LLDPE.....	6
2.1.3 Aplikasi LLDPE.....	7
2.2 Polibutilen suksinat (PBS).....	8
2.2.1 Sintesis PBS.....	8
2.2.2 Karakteristik PBS.....	9
2.3 Polyblend.....	10
2.4 Mixing.....	10
2.5 Melt Flow Index.....	11
2.6 Kemampuan Larut (Miscibility).....	12
2.6.1 Miscible Blend.....	13
2.6.2 Immiscible Blend.....	13
2.7 Tegangan Permukaan.....	14
2.8 Mekanisme Degradasi.....	16
<b>BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN</b> .....	<b>18</b>
3.1 Diagram alir penelitian.....	18
3.2 Bahan.....	19
3.4.2 Hot press.....	20
3.4.3 Pengujian sample.....	20
3.4.4 Evaluasi.....	20
<b>BAB 4 DATA DAN PEMBAHASAN</b> .....	<b>21</b>
4.1 Pengolahan Data.....	22
4.1.1 Hasil uji kekuatan tarik dan elongasi.....	23
4.1.2 Analisa Hasil uji tarik dan elongasi.....	25
4.1.3 Hasil uji SEM.....	25
4.1.4 Analisa hasil uji SEM.....	26
4.1.5 Hasil uji biodegradabilitas.....	27

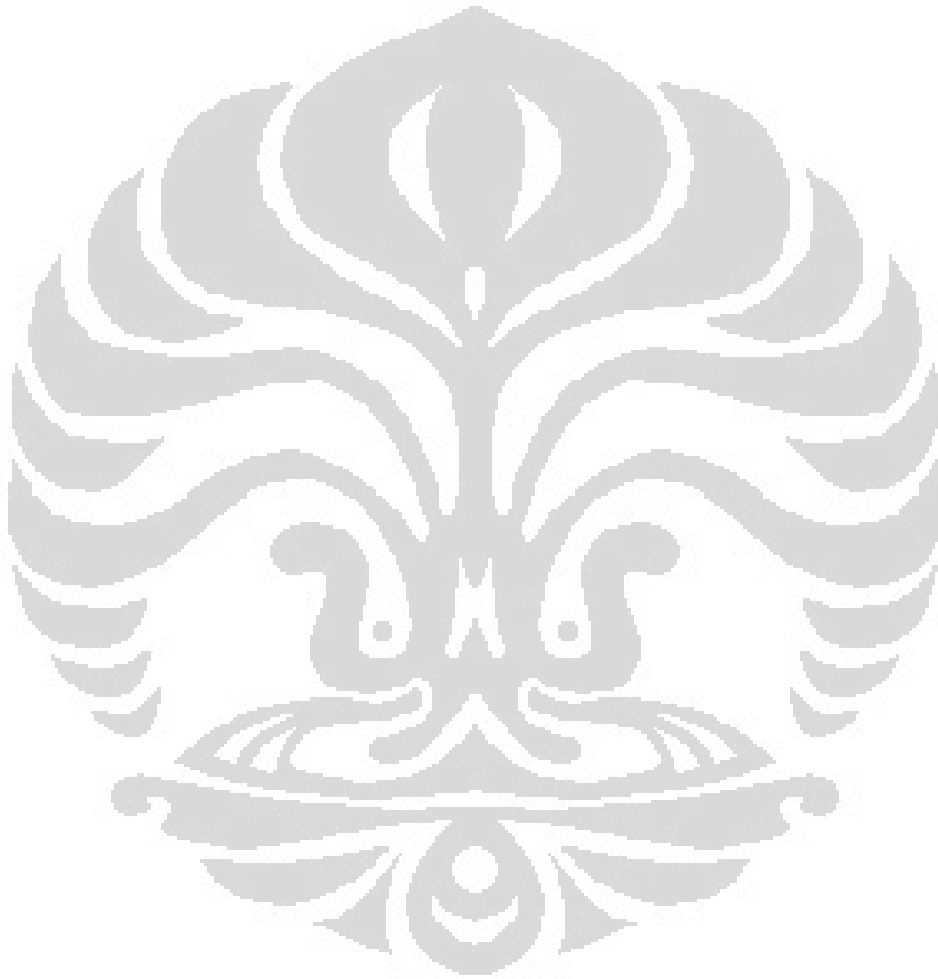


4.1.6 Analisa hasil uji biodegradabilitas.....	33
<b>BAB 5 KESIMPULAN.....</b>	<b>35</b>
<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>	<b>36</b>



**DAFTAR TABEL**

Tabel 2.1	Sifat - sifat LLDPE .....	6
Tabel 2.2	Karakteristik PBS .....	9
Tabel 2.3	Nilai <i>melt flow index</i> .....	12
Tabel 4.1.	Hasil uji kekuatan tarik dan elongasi .....	22
Tabel 4.2	Data berat plastik blend LLDPE/PBS.....	31
Tabel 4.3	Data perubahan berat plastik blend LLDPE/PBS .....	31
Tabel 4.4	Data tensile strength plastik blend LLDPE/PBS .....	32



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Struktur kimia polietilene .....	4
Gambar 2.2. Struktur rantai polietilene .....	5
Gambar 2.3. Struktur kimia beberapa jenis poliester PBS .....	8
Gambar 2.4. Hubungan antara struktur molekul cabang panjang alifatik .....	9
Gambar 2.5. Mekanisme proses degradasi plastik.....	17
Gambar 2.6. Cara kerja bakteri dalam proses degradasi.....	18
Gambar 4.1 Grafik kekuatan tarik dan elongasi.....	23
Gambar 4.2 Mikrostruktur patahan sampel PBS 100 %.....	24
Gambar 4.3 Mikrostruktur patahan sampel PE 100 % .....	25
Gambar 4.4 Mikrostruktur patahan sampel PBS 70%.....	27
Gambar 4.5 Mikrostruktur patahan sampel PBS 50%.....	28
Gambar 4.6 Mikrostruktur patahan sampel PBS 30%.....	29
Gambar 4.7 Grafik perubahan nilai tensile strength uji biodegradabilitas.....	33
Gambar 4.8 Grafik pengurangan berat uji biodegradabilitas PBS/LLDPE.....	34

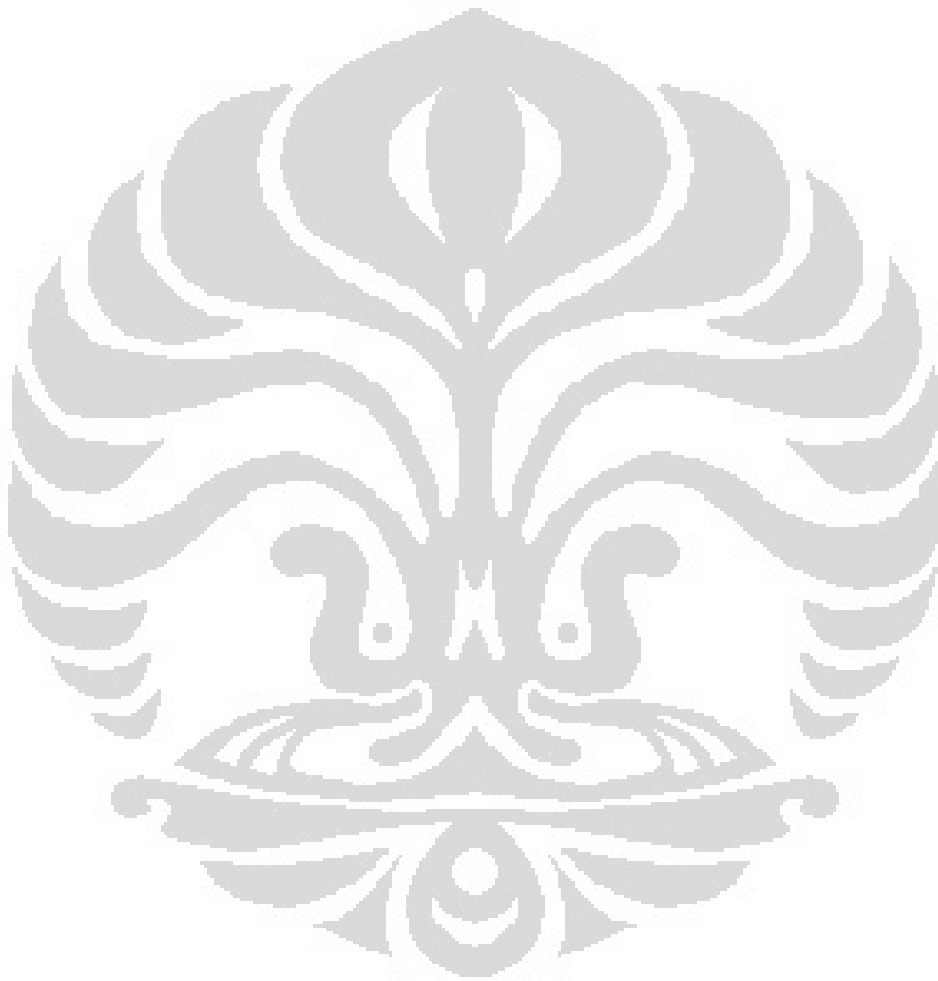


## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 : Spesifikasi mesin uji tensile Yasuda keiki

Lampiran 2 : ASTM uji tensile

Lampiran 3: ISO 4591 ketebalan plastik



# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **I.1. LATAR BELAKANG**

Polimer adalah suatu bahan yang memiliki lingkup penggunaan yang sangat luas. Pada pemanfaatannya, polimer diberikan zat-zat aditif yang disesuaikan dengan sifat atau aplikasinya, kemudian orang sering menyebutnya sebagai plastik.

Penggunaan bahan baku kemasan plastik tidak hanya digunakan hanya sebagai kemasan makanan, tetapi bisa disesuaikan dengan fungsinya, seperti melindungi, mengawetkan, menyimpan, dan memamerkan hasil. Peningkatan kebutuhan dan pemanfaatan polimer sebagai bahan pengemas makanan, makin bertambah secara signifikan. Hal tersebut berdampak pada permasalahan lingkungan dengan penumpukan sampah plastik, yang umumnya membutuhkan waktu yang relatif lama untuk dapat didegradasi oleh lingkungan. Selain mengalami penurunan kualitas seperti sifat mekanik produk, daur-ulangan seringkali dihadapkan pada degradabilitas produk daur-ulang itu sendiri setelah pemakaian. Oleh karena itu, upaya untuk mensintesa suatu bahan baku polimer yang memiliki sifat degradabilitas yang baik, tanpa mengurangi secara signifikan sifat yang diperlukan sebagai bahan kemasan makanan

Polyblend merupakan perpaduan dari dua atau lebih polimer yang memiliki sifat unggul untuk mendapatkan sifat properties dari campuran yang diinginkan. Penelitian ini dilakukan melalui pencampuran PBS dan LLDPE dengan perbandingan tertentu untuk mendapatkan optimasi sifat fisik, mekanik, barrier, dan biodegradabilitasnya.

LLDPE merupakan jenis plastik yang umum digunakan untuk membuat kantong kemasan plastik. LLDPE memiliki sifat fisik dan mekanik yang bagus. LLDPE mempunyai titik leleh yang tinggi, dan transparan serta mempunyai kekedapan yang cukup bagus. Oleh sebab itu jenis ini sering dipergunakan untuk kemasan makanan walaupun LLDPE sulit terurai oleh lingkungannya. Oleh karena itu penambahan PBS pada LLDPE diharapkan dapat menambah sifat biodegradabilitasnya. PBS memiliki sifat Biodegradable yang baik akan tetapi

memiliki sifat mekanik dan barrier yang rendah bila dibandingkan dengan LLDPE. Disamping itu karena bahan baku PBS didatangkan langsung dari Showa High Polymer Jepang, membuat harganya mahal. Oleh sebab itu, diperlukan kemasan makanan yang murah namun memiliki sifat fisik dan mekanik yang bagus dengan dibarengi sifat biodegradable yang bagus agar permasalahan sampah plastik dapat ditanggulangi. Maka dengan pencampuran PBS inilah bahan plastik ini diharapkan dapat menanggulangi masalah sampah plastik. *Polybutylene succinate* adalah polimer biodegradable yang berasal dari bahan baku butanediol dan asam suksinat. PBS bersifat termoplastik dengan titik leleh sekitar 90 – 120 °C (serupa dengan LDPE), temperatur transisi gelas sekitar -45 – 10 °C, *stiffness* (kekakuan) antara LLDPE dan HDPE. PBS dapat diproses dengan menggunakan mesin proses poliolefin pada temperatur 160 – 200 °C menjadi berbagai macam produk.

## **I.2. TUJUAN PENELITIAN**

Tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Mempelajari komposisi PBS dan LLDPE yang optimal sehingga dihasilkan sifat fisik dan mekanik yang optimal untuk kemasan makanan yang bersifat *biodegradable*.
2. Analisa miscibilitas hasil blending.

## **I.3. MANFAAT**

Manfaat dari penelitian ini adalah untuk mengurangi sampah kemasan makanan yang terbuat dari plastik

## **I.4. RUANG LINGKUP PENELITIAN**

Ruang lingkup dari penelitian ini adalah pencampuran PBS/LLDPE dengan komposisi 100/0, 30/70, 50/50, 70/30, 0/100 lalu diblending menggunakan mesin Rheomix yang kemudian dibuat menjadi kantong plastik yang akan digunakan untuk mengemas makanan dan diuji degradasinya.

Karakterisasi material yang dilakukan :

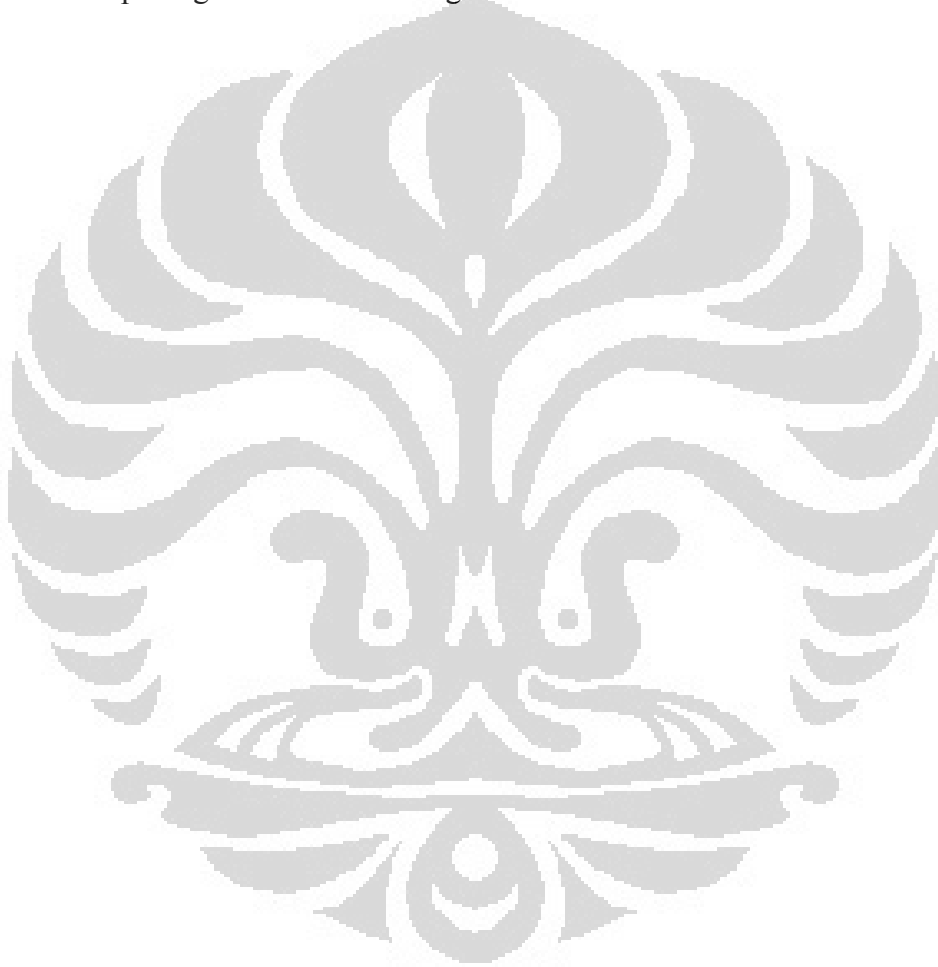
1. Uji tarik dengan standart uji ASTM
2. Uji SEM

### 3.Uji biodegradability

#### **I.5. HASIL YANG DIHARAPKAN**

Hasil yang diharapkan dari penelitian ini adalah:

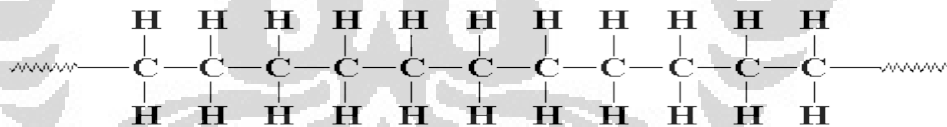
- a. Kondisi optimum dari campuran PBS-LLDPE dengan sifat fisik, mekanik dan biodegradability yang sesuai untuk kemasan
- b. Kemasan plastik dari *biodegradable* polimer blend PBS-LLDPE yang dapat digunakan untuk mengemas makanan.



## BAB II LANDASAN TEORI

### 2.1. LINIER LOW DENSITY POLYETHYLENE (LLDPE)

LLDPE adalah suatu jenis produk dari PE. dibuat dengan cara polimerisasi etena, yaitu melalui polimerisasi radikal bebas, polimerisasi adisi anionik, polimerisasi koordinasi ion atau polimerisasi adisi kationik. Polietilen pertama kali ditemukan tahun 1933 oleh Fwacett dan Gibson dengan menggunakan teknik tekanan tinggi. Proses bertekanan tinggi bekerja pada suhu di atas 250<sup>0</sup>C dan tekanan antara 1000-3000 atm. PE telah banyak dikembangkan dan dipakai untuk berbagai macam aplikasi terutama untuk kemasan makanan. PE merupakan film yang lunak, transparan dan mempunyai kekuatan impak yang baik. Dengan pemanasan akan menjadi lunak dan mencair pada suhu 110<sup>0</sup>C. Karena sifatnya yang termoplastik, polietilen mudah dibentuk dan dibuat sesuai dengan berbagai macam aplikasi. Berdasarkan sifat permeabilitasnya yang rendah serta sifat-sifat mekaniknya yang baik, polietilen banyak digunakan sebagai pengemas makanan.

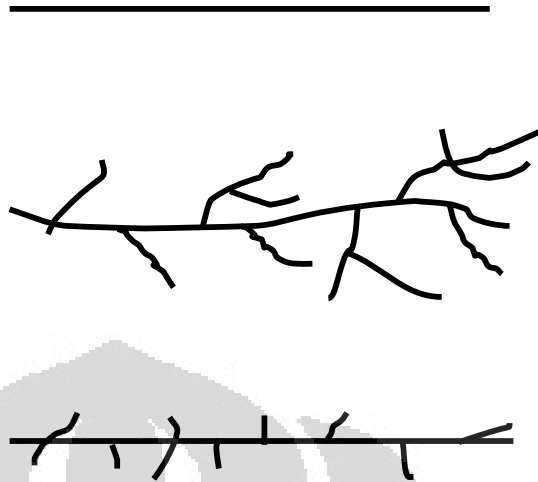


Gambar 2.1. Struktur Kimia Polietilen

Berdasarkan struktur molekulnya polietilen dibagi menjadi tiga jenis, yaitu: *Low Density Polyethylene* (LDPE), *Linear Low Density Polyethylene* (LLDPE), dan *High Density Polyethylene* (HDPE). Perbedaan antara ketiga jenis polietilen tersebut terletak pada kondisi reaksi pembuatannya sehingga sifat produknya juga berlainan. LDPE mempunyai struktur rantai percabangan yang tinggi dengan cabang-cabang yang panjang dan pendek. LLDPE memiliki rantai-rantai polimer yang lurus dengan rantai-rantai cabang yang pendek, sedangkan HDPE mempunyai struktur rantai yang lurus.



).



Gambar 2.2. Struktur Rantai Polietilen : (a) HDPE, (b) LDPE, (c) LLDPE

*High Density Polyethylene* (HDPE) merupakan polietilen yang memiliki massa jenis lebih besar dari  $0,941\text{g/cm}^3$  dan merupakan polimer linier yang memiliki percabangan sedikit. HDPE dibuat dengan tekanan rendah, 400-500psi, pada suhu  $100\text{-}175^\circ\text{C}$ . HDPE memiliki sifat bahan yang lebih kuat, keras, buram, kurang tembus cahaya dan lebih tahan terhadap suhu tinggi. HDPE biasa digunakan untuk membuat botol, pipa, tabung, serta berbagai bejana dan benda lainnya.

*Linear Low Density Polyethylene* (LLDPE) merupakan polimer hasil kopolimerisasi dari PE dan alpha olefin yang menggunakan katalis Ziegler-Natta. Pada jenis ini rantai molekulnya memendek sebagai akibat dari banyaknya rantai cabang yang menyebabkan rendahnya berat molekul. Kelebihan lainnya yaitu sedikit mengkonsumsi energi dalam prosesnya dibandingkan LDPE. Lalu mempunyai biaya produksi yang lebih hemat 30% - 50% lebih hemat.

LLDPE mempunyai tensile strength dan impact strength yang lebih baik dibandingkan LDPE dengan densitas yang sama. Jenis ini telah dipakai untuk berbagai macam aplikasi, salah satunya untuk kemasan. Polimer jenis ini memiliki sifat fisik dan mekanik yang baik, tetapi sedikit sulit di proses dan mudah terjadi melt fracture, oleh sebab itu memerlukan mesin ekstrusi jenis tertentu untuk pemrosesannya. LLDPE memiliki massa jenis antara  $0,915\text{-}0,925\text{g/cm}^3$  dan merupakan polimer yang memiliki cabang yang panjang dengan

beberapa cabang yang pendek. LLDPE bersifat kenyal, tak mudah sobek dan tahan kelembaban dan bahan kimia, sehingga banyak digunakan untuk film atau bahan pembungkus, isolator listrik, pelapis kawat dan kabel.

### 2.1.2. Sifat LLDPE

Tabel 2.1 Sifat - sifat LLDPE

SIFAT	NILAI
Density, g/cm <sup>3</sup>	0.918
Melting Temperature, c	122 - 124
processing Temperature, F (I = Injection, E =Extrusion)	I=350 - 500 E=450 -600
Mold Linear shrinkage, in/in	0.020 - 0.022
Tensile Strength at break, %	1900 - 4000
Tensile Yield Strength, p.s.i	1400-2800
Flexural modulus, 10 <sup>3</sup> p.s.i	40-105
Notched Izod impact, ft-lb/in	1.0 - No break
Hardness, shore	shore D55-56
Moulding pressure range, 10 <sup>3</sup> p.s.i	5-15

Keunggulan LLDPE dengan LDPE

1. Harga lebih murah
2. Puncture resistance lebih tinggi

3. Density lebih tinggi
4. Stiffness lebih tinggi
5. Sifat mekanik lebih baik pada temperature rendah
6. Tear Strength lebih tinggi
7. Flex life tinggi
8. Sifat barrier lebih baik
9. Titik leleh tinggi

Kekurangan LLDPE :

1. Sulit untuk diproses
2. Terjadi shrinkage lebih rendah dibanding LDPE
3. Sulit untuk diekstrusi pada mesin LDPE standart
4. Pemotongan dan perforasinya sulit untuk diteruskan pada film setelah ekstrusi

### **2.1.3. Aplikasi LLDPE**

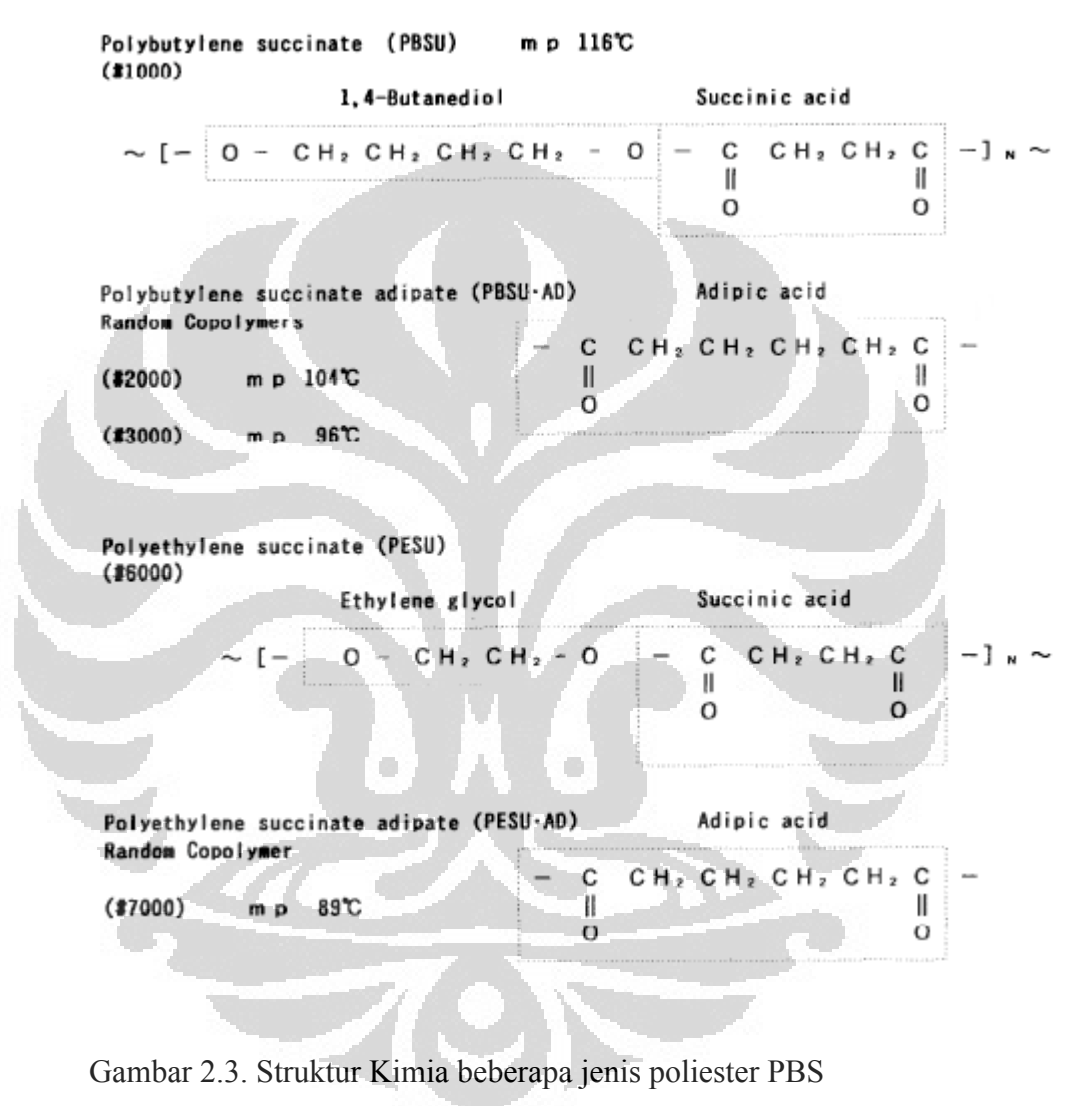
LLDPE diaplikasikan untuk kemasan makanan, film, kantong, mainan, kabel, wadah dll. Resin LLDPE memiliki melt index yang cukup tinggi dan distribusi berat molekul yang padat sehingga pas untuk aplikasi rotational molding. Dengan densitas dan sifat mekanik yang lebih tinggi dari LDPE, jenis ini hampir bisa menggantikan fungsi LDPE untuk aplikasi pembuatan film sebesar 90% - 95%. Selain untuk pembuatan film, telah berkembang untuk aplikasi injection molding, blow molding dan rotational molding. LLDPE yang diproses menggunakan metode solution process memiliki resistansi terhadap retak tegangan yang lebih besar dibanding dengan campuran elastomer LDPE.

Sifat LLDPE yang tahan terhadap bahan kimia dan retak tegangan menjadi pertimbangan untuk aplikasi blow molding contoh : kosmetik dan botol. Penggunaan LLDPE pada blown films telah mengalami perkembangan yang cukup pesat. LLDPE telah menjadi komponen penting dalam formulasi blown film yang tujuannya untuk optimalisasi biaya.

## 2.2. POLI BUTILEN SUKSINAT (PBS)

### 2.2.1 Sintesis PBS

Polibutilen suksinat (PBS) dihasilkan dari reaksi polikondensasi glikol seperti etilenglikol dan butanediol-1,4 dan asam alifatik dikarboksilat seperti asam suksinat dan asam adipat sebagai bahan bakunya.



Gambar 2.3. Struktur Kimia beberapa jenis poliester PBS

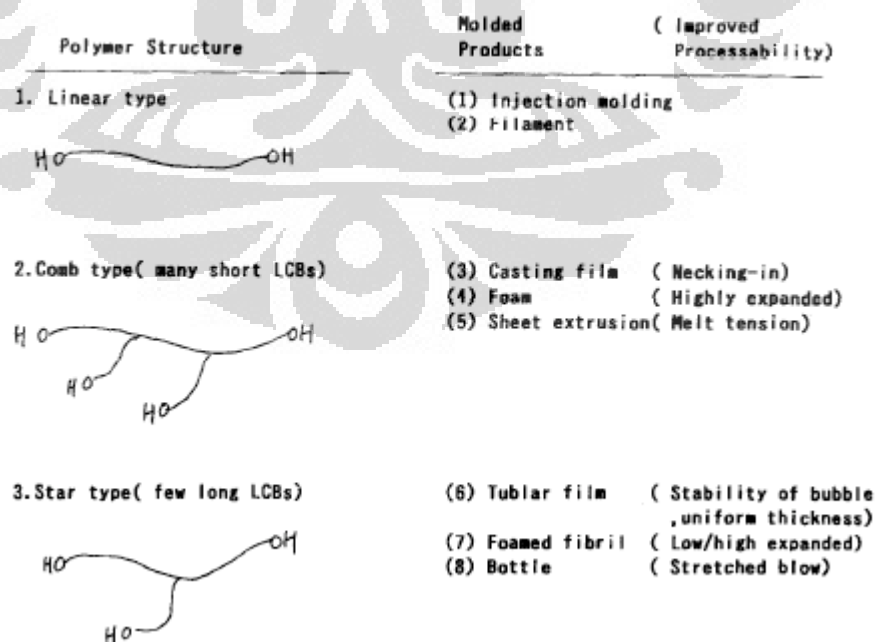
### 2.2.2. Karakteristik PBS

Tabel 2. menunjukkan karakterisasi PBS dan perbandingannya dengan poliolefin seperti LDPE, HDPE dan PP. PBS merupakan kristal putih termoplastik, memiliki titik leleh sekitar 90 – 120 °C (serupa dengan LDPE), suhu transisi gelas sekitar -4 – 10 °C (diantara PE dan PP), densitas sekitar 1,25 g/m<sup>3</sup> (serupa dengan polietilen tereftalat, PET), tensile strength antara PE dan PP,

kekakuan antara LDPE dan HDPE. PBS adalah material baru yang lunak dan kuat, hampir mendekati sifat-sifat LDPE tetapi biodegradable dalam tanah lembab dan dalam kompos.

Tabel 2.2 Karakteristik PBS

Items	Units	PBS			PBSA	PP	HDPE	LDPE
Density	g/l	1260			1230	900	950	920
Heat of combustion	k J/g	23.6			23.9	43.9	46.0	
H.D.T.(at 0.45 MPa)	°C	97			69	145	110	88
Degree of crystallinity	%	35~45			20-35	56	69	49
Melting point (Tm)	°C	114~115			93~95	164	130	108
Glass transition temperature	°C	-32			-45	+5	-120	-120
Grade		#1001	#1020	#1903*	#3001	#3020		
MFR (190°C)	g/10 min.	1.5	25	4.5	1.4	25	4(230°C)	2
Crystallization temp.	°C	75	76	88	50	53	120	104
Flexural modulus	MPa	656	580	690	323	340	1370	1070
Tensile yield strength	MPa	32	34	39	19	19	31	27
Tensile break strength	MPa	57	21	35	47	34	44	39
Tensile elongation	%	700	320	50	900	400	800	650
Structure	-	Linear		LCB*	Linear		Linear	



Gambar 2.4. Hubungan antara struktur molekul cabang panjang dan proses dari poliester alifatik, PBS.

### **2.3. POLYBLEND**

Polimer blend adalah kombinasi dari dua atau lebih polimer yang berikatan secara fisik satu sama lain dan menghasilkan sifat baru yang unggul. Blending terdiri dari dua jenis yaitu dry blending dan hot blending. Pada dry blending pencampuran yang terjadi tidak menggunakan panas, yang terjadi hanya kontak antara komponen sehingga masih bisa dipisahkan. Pada hot blending pencampuran dilakukan dengan menggunakan panas, sehingga tidak dapat dipisahkan, untuk memisahkannya diperlukan proses kimia.

### **2.4. MIXING**

Mixing adalah proses pencampuran dari polimer-polimer yang ingin dikombinasikan sifat-sifat unggulnya menjadi polyblend yang homogen dan memiliki sifat unggul. Proses ini menggunakan mesin Rheomix single Screw Extruder dengan kecepatan screw yang telah di setting 30 rpm pada temperature proses untuk setiap zona feeding, compresion, dan matering. hasil dalam proses ini adalah lelehan ekstrudat yang berbentuk benang yang lalu dicelupkan dalam media air untuk kemudian mengeras.

Sifat polimer blend dapat ditentukan dengan perhitungan berdasarkan masing-masing sifat dan konsentrasi berat polimer penyusunnya. sesuai dengan teori Rule of Mixing :

$$P = P_1 C_1 + P_2 C_2 + I P_1 P_2$$

P=nilai sifat polimer blend

$P_1$  dan  $P_2$  = nilai sifat komponen 1 dan 2

$C_1$  dan  $C_2$  = konsentrasi komponen 1 dan 2

$I$  = koefisien interaksi

Dalam suatu campuran yang memiliki harga koefisien interaksi positif ( $I > 0$ ), kombinasi polimer-polimernya memiliki nilai sifat yang lebih dari hasil perhitungan rata-rata yang diperkirakan berdasarkan konsentrasi beratnya. Bila  $I$  besarnya sama dengan nol maka sifat-sifat yang dihasilkan adalah sama dengan sifat-sifat hasil perhitungan perkiraan rata-rata berdasarkan konsentrasi beratnya. Sedangkan bila nilai  $I$  adalah negative ( $I < 0$ ), maka sifat-sifat polyblend akan lebih rendah dari yang diperkirakan dengan rata - rata sifat berdasarkan konsentasi beratnya.

Secara umum, sifat - sifat polimer blend berdasarkan konsentrasi berat ini bervariasi sesuai dengan sifat struktur komponen (glassy, rubbery dan semikristalin), keadaan termodinamika campuran tersebut (miscible atau immiscible), dan keadaan mekaniknya (apakah molekul - molekulnya dan fasa - fasanya terorientasi akibat proses pembentukan sample). Sifat akhir polyblend yang diinginkan sangat tergantung pada derajat kompatibilitas komponen penyusunnya, hal ini untuk menghindari terjadinya pemisahan fasa akibat proses. Selain derajat kompatibilitas, terdapat pula hal yang dapat mempengaruhi proses pencampuran yaitu gaya tarik menarik anatar komponen penyusunnya.

## 2.5 Melt Flow Index

*Melt Flow Indeks* berhubungan dengan panjang rantai polimer atau berat molekul, di mana semakin panjang rantai polimer atau semakin besar berat molekul, maka nilai MFI semakin rendah (Lever, 1991). Berat molekul suatu polimer mempengaruhi viskositas atau kemampuan alir lelehan dari polimer tersebut. Semakin tinggi berat molekul suatu material polimer, maka viskositas atau kemampuan alir lelehannya semakin rendah. Oleh karena itu, dapat dikatakan secara garis besar nilai MFI suatu material polimer berbanding lurus dengan viskositas lelehannya, dan terbalik dengan berat molekul rata-rata. Nilai MFI

biasanya dijadikan parameter proses dalam pembuatan berbagai produk plastik berbahan dasar polietilene.

Tabel 2.3 Nilai *Melt Flow Index* Resin

No	Kode Resin	Nilai <i>Melt Flow Index</i> (g/10 menit)
1.	LLDPE	1,2688
2	PBS	13,000

## 2.6 KEMAMPUAN LARUT (*MISCIBILITY*)

Kelarutan polyblend dinyatakan sebagai suatu keseimbangan dimana energi bebas pencampurannya adalah negatif. Sesuai dengan persamaan :

$$\Delta G_{\text{mix}} = \Delta H_{\text{mix}} - T \Delta S_{\text{mix}}$$

$\Delta G_{\text{mix}}$  = energi bebas pencampuran (miscible jika  $< 0$  dan immiscible jika  $> 0$ )

$\Delta H_{\text{mix}}$  = entalpi pencampuran

T = Temperatur

$\Delta S_{\text{mix}}$  = entropi campuran

Pada kebanyakan polimer, khususnya untuk polimer yang tidak mudah larut, besarnya perubahan entalpi pada pencampuran adalah positif,  $\Delta H_{\text{mix}} > 0$ . Oleh karena itu, perubahan entropi,  $\Delta S_{\text{mix}}$  harus bernilai sebesar mungkin agar  $\Delta G_{\text{mix}} < 0$  sehingga pencampuran dapat terjadi. Definisi entropi sendiri secara umum merupakan suatu ukuran ketidakteraturan.



### 2.6.1. Miscible Blend

Miscible blend adalah suatu fasa dimana komponennya larut sama lain membentuk fasa tunggal dan mempunyai sebuah temperatur glass ( $T_g$ ) yang terletak diantara temperatur glass kedua komponen. Secara termodinamika, energi bebas pencampuran dari miscible blend adalah negatif,  $\Delta G_{\text{mix}} = \Delta H_{\text{mix}} < 0$ . Campuran yang miscible dari polimer amorf hanya memiliki satu fasa dan sifat-sifatnya dapat secara mudah ditentukan berdasarkan sifat-sifat komponen penyusunnya ( $I=0$ ). Sedangkan campuran miscible dari polimer yang dapat terkristalisasi, sifat-sifatnya tergantung pada keadaan kristalisasi komponen penyusunnya.

### 2.6.2 Immiscible Blend

Campuran yang immiscible memiliki fasa-fasa yang terpisah satu sama lain,  $\Delta G_{\text{mix}} = \Delta H_{\text{mix}} > 0$ . Gaya adhesi antar fasa sangat mempengaruhi sifat polyblend karena hal tersebut mempengaruhi transfer tegangan antar fasa. Polyblend yang memiliki sifat elongasi dan kekuatan dampak yang buruk diakibatkan oleh buruknya perpindahan tegangan antara fasa-fasa pada komponen yang immiscible.

Luasnya daerah difusi interface antara kedua komponen yang dinyatakan sebagai ketebalan daerah interface, secara kritis mempengaruhi kekuatan mekanik ikatan adhesinya. Kecilnya daerah difusi merupakan hasil dari immiscibilitas dan membuat daerah interface menjadi kecil dan tajam sehingga kekuatan ikatannya menjadi buruk. Teori termodinamik secara statistik memperkirakan derajat yang beragam terdapat pada batas interface dan diperlukan untuk mengurangi tegangan interface.

Teori ini memprediksi bahwa karakteristik ketebalan daerah antar permukaan,  $a$ , dihubungkan dengan parameter interaksi Florry-Huggins,  $\chi^{AB}$ , untuk campuran polimer yang immiscible, yaitu :

$$a = c/(\chi^{AB})^m$$

$a$ =ketebalan daerah interface

c dan m = konstanta yang sedikit berbeda, tergantung pada asumsi dalam penurunannya

$\chi^{AB}$  = parameter interaksi Florry-Huggins

Persamaan diatas menjelaskan bahwa ketebalan daerah interface dan kekuatan adhesi meningkat bila  $X^{AB}$  semakin kecil. Untuk komponen yang interaksinya lemah dapat dihubungkan dengan parameter kelarutan. Untuk mendapatkan daya adhesi yang baik maka diperlukan nilai parameter kelarutan kedua polimer yang sangat berdekatan sehingga selisih antar keduanya mendekati nol. Salah satu faktor yang mempengaruhi sifat mekanik polyblend adalah kelarutan termodinamik dan morfologi struktur kristal polimer penyusunnya.

## 2.7 TEGANGAN PERMUKAAN

Pada suatu material yang terbentuk dari dua komponen, interfacial adhesion antar komponen 1 dan 2 sangat berperan penting dalam menentukan sifat mekanik yang dihasilkan. Kondisi ideal yang diperlukan untuk menghasilkan hubungan antar komponen yang bagus adalah dimana komponen 1, matriks, dapat membasahi suatu permukaan apabila sudut kontak yang terbentuk mendekati atau sebesar 0 derajat. Mekanisme pembasahan (wetting) tersebut mengindikasikan kompatibilitas antar kedua komponen. Besarnya sudut kontak yang terbentuk dijelaskan melalui persamaan Young :

$$\gamma_{sv} = \gamma_{sl} + \gamma_{lv} \cos \theta$$

Dari persamaan (4) didapat :

$$\cos \theta = \frac{\gamma_{sv} - \gamma_{sl}}{\gamma_{lv}}$$

$\gamma_{sv}$  = tegangan permukaan solid-vapor

$\gamma_{lv}$  = tegangan permukaan liquid-vapor

$\gamma_{sl}$  = tegangan permukaan solid-liquid

Wetting jika  $\theta = 0^\circ$

Non wetting jika  $\theta = 90^\circ$

Jika persamaan (5) dihubungkan dengan konteks polimer blend, liquid diasosiasikan dengan matriks polimer dan solid adalah partikel terdispersi. Dari persamaan tersebut dapat disimpulkan bahwa, agar matriks polimer dapat mengalami wetting dengan partikel terdispersi, nilai  $\cos \theta = 1$ , maka tegangan permukaan antara matriks polimer harus sekecil mungkin.

Tegangan permukaan suatu material sangat berhubungan erat dengan berat molekul. Nilai tegangan permukaan suatu matriks polimer ( $Y_p$ ) ditentukan oleh berat molekul ( $M_w$ ) polimer itu sendiri. Seperti dijelaskan oleh rumus berikut :

$$Y_p = Y_{DP} - K/M_w^{2/3} \quad (10)$$

Dari persamaan diatas dapat disimpulkan bahwa, semakin panjang rantai molekul ( $M_w$  besar), maka tegangan permukaan juga semakin besar. Jika dihubungkan dengan mekanisme wetting, berarti semakin besar  $M_w$  maka matriks polimer tidak akan dapat membasahi partikel terdispersi atau dengan kata lain campuran bersifat inkompatibel.

Selain berat molekul, nilai tegangan permukaan juga dipengaruhi oleh

$$Y = \frac{2RGn_m}{F(\eta_r)}$$

besarnya ukuran partikel terdispersi yang dihasilkan. Hal ini akan dijelaskan oleh persamaan :

$$\frac{Gn_m A}{Y} = F(\eta_r)$$

$Y$  = tegangan antar permukaan

$n_m$  = viskositas fasa matriks

$G$  = laju geser

$F(\eta_r)$  = fungsi viskositas relatif

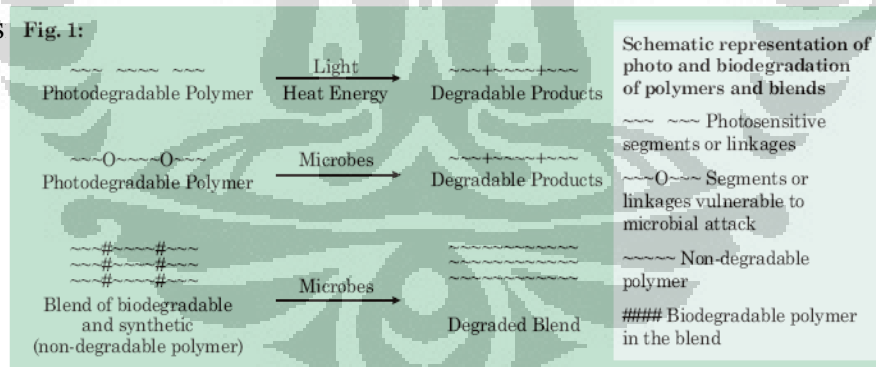
Bila  $A = 2R$  dan  $R$  adalah radius rata-rata dari partikel fasa yang terdispersi, maka persamaan (7) diperoleh :

Dari persamaan tersebut dapat disimpulkan bahwa semakin besar R maka tegangan antar permukaan juga semakin besar. Berdasarkan literatur, partikel terdispersi akan memberikan penguatan. Jika ukurannya melebihi batas tersebut maka partikel terdispersi malah akan menyebabkan penurunan performa mekanik material.

## 2.8 MEKANISME DEGRADASI

Degradasi polimer dapat disebabkan oleh berbagai faktor, seperti sinar matahari, panas, umur dan faktor alam. Oleh sebab itu dalam proses pembuatannya, polimer ditambah berbagai aditif guna mengatasi proses degradasi oleh berbagai faktor diatas.

Gambar 5 memperlihatkan mekanisme degradasi polimer/plastik di alam. *Surface erosion* pada polimer nanokomposit lebih besar dibandingkan polimer sintetik berbentuk komposit sehingga lama waktu dan proses biodegradasi polimer nanokomposit akan lebih baik, artinya *filler* berbentuk nanopartikel yang dicampur dengan polimer membentuk polimer nanopartikel mempunyai *surface erosion* yang lebih besar. Hasil dari mekanisme proses degradasi plastik akan dihas



Gambar 2.5. Mekanisme proses degradasi plastik

Gambar 6 menunjukkan cara bekerja bakteri (mikroba) di dalam tanah (alam terbuka) pada proses degradasi bahan polimer komposit. Untuk polimer nanokomposit yang dibuat dengan metode blending dan polimer nanokomposit yang mengandung oksigen akan mempermudah kerja mikroba di alam terbuka

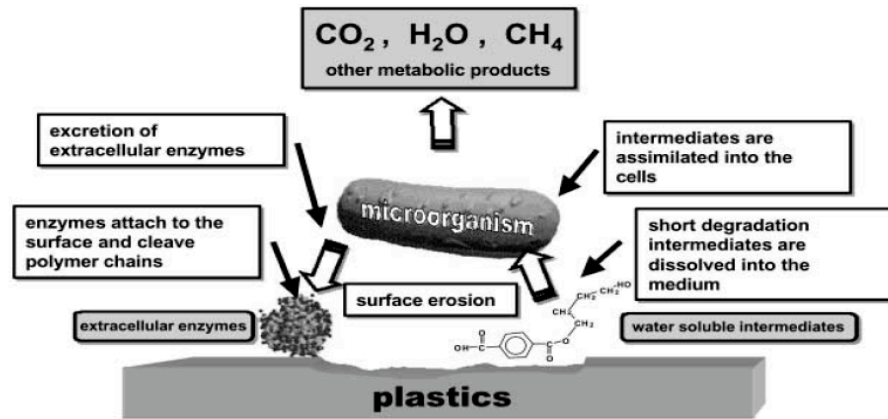


Fig. 1 General mechanism of plastics biodegradation.

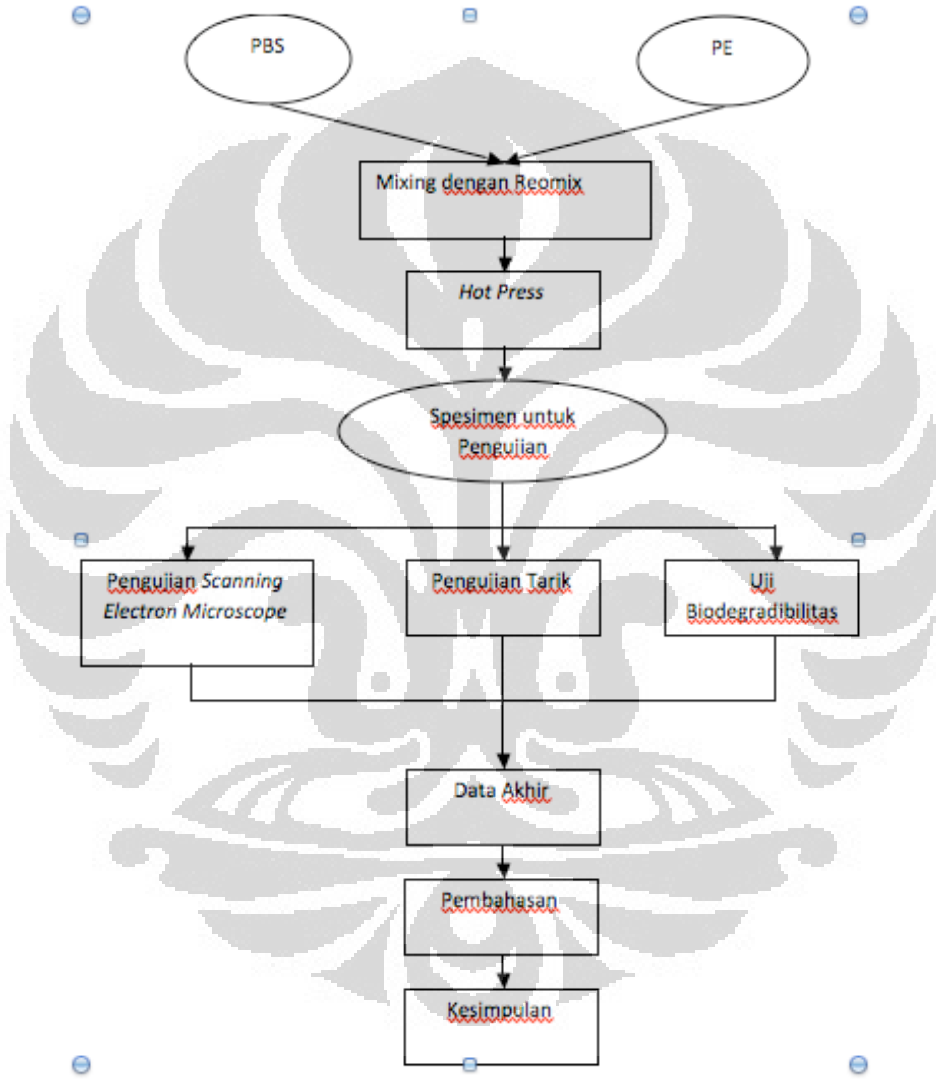
### Gambar 2.6. Cara kerja Mikroba (bakteri) dalam proses degradasi

Beberapa penelitian pembuatan plastik *biodegradable* ini telah dilakukan di Indonesia dengan menggunakan bahan dasar alam seperti pati, serat, selulosa dan lain-lain. Namun hasilnya belum bisa diaplikasikan untuk kemasan makanan. Penelitian terbaru juga telah dilakukan dengan membuat komposit antara polimer sintesis, tapioka dan CaCO<sub>3</sub> presipitat berukuran nano, namun penelitian ini masih merupakan penelitian dasar dengan hasil berupa lembaran plastik yang mempunyai sifat fisik, mekanik dan barrier belum sesuai untuk aplikasi kemasan makanan.

Mengingat hal tersebut di atas, perlu dilakukan penelitian lanjutan yang berbasis hasil penelitian sebelumnya dengan mengambil komposisi terbaik dengan melakukan modifikasi dan diaplikasikan pada kemasan makanan dalam bentuk kantong plastik sehingga diharapkan dapat memperpanjang umur simpan makanan dan *biodegradable*.

**BAB III**  
**METODOLOGI PENELITIAN**

**3.1. Diagram Alir Penelitian**



(Gambar 3.1 diagram alir penelitian)

Penelitian dilakukan di Laboratorium Kemasan Balai Besar Kimia dan Kemasan, pekayon, Jakarta.

### 3.2. Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi :

- Poli Butilen Suksinat (PBS) produksi Showa High Polymer, Jepang
- Poli Etilen (LLDPE) produksi PT Chandra Asri

### 3.3. Peralatan

Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah :

- Timbangan digital
- Rheomix single Screw Extruder
- Hot Press Molding
- Scanning Electron Microscope

### 3.4. Prosedur Penelitian

Penelitian ini dilakukan melalui beberapa metodologi penelitian, antara lain dengan pembuatan polymer blend dengan komposisi PBS/LLDPE 100/0,30/70, 50/50, 70/30, 0/100 pada mesin rheomix single screw extruder. Dari pencampuran ini diharapkan menghasilkan sifat yang diinginkan. Karakterisasi dilakukan untuk mengetahui sifat fisik dan biodegradabilitasnya, sehingga didapatkan hasil yang diinginkan untuk aplikasi kemasan makanan. Langkah - langkah penelitian sebagai berikut :

#### 3.4.1. Mixing Polimer Blend PBS-LLDPE

Polietilen dicampur dengan polimer polibutilen suksinat (PBS), dengan metode blending. Campuran PBS dan LLDPE diblending dengan menggunakan rheomix pada suhu 150 °C selama 8 menit dengan putaran mesin sebesar 30 rpm. Yang sebelumnya dilakukan penimbangan material yang akan dicampur. Polimer blend yang dibuat meliputi campuran (berbagai komposisi) :

- PBS : LLDPE = 100 : 0
- PBS : LLDPE = 30 : 70
- PBS : LLDPE = 50 : 50
- PBS : LLDPE = 70 : 30
- PBS : LLDPE = 0 : 100

### **3.4.2 Hot press**

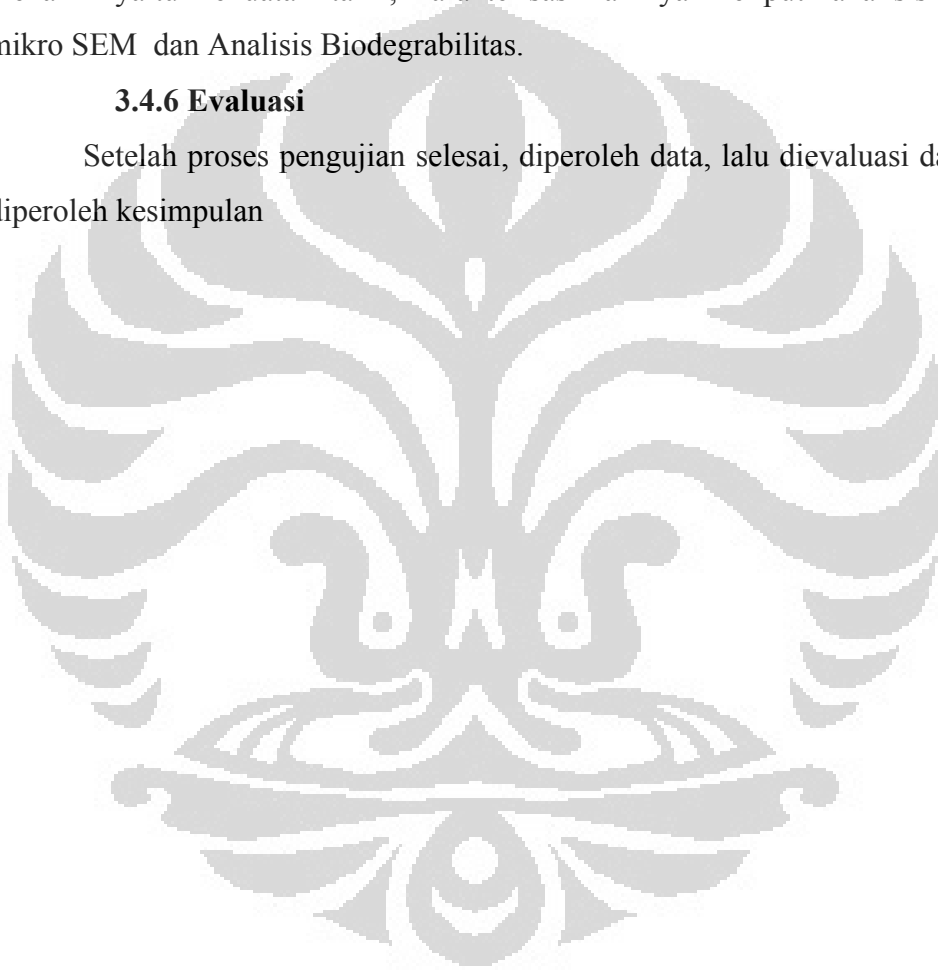
Polyblend hasil campuran ini kemudian di hot press dengan menggunakan mesin Collin Hot Press 300 P dengan temperatur 160 dengan tekanan 1 bar. dari proses ini menghasilkan sampel solid yang sudah diatur ketebalannya.

### **3.4.5 Pengujian sample**

Masing-masing sampel dari berbagai variasi pembuatan ditentukan sifat mekanik yaitu kekuatan tarik, karakterisasi lainnya meliputi analisis struktur mikro SEM dan Analisis Biodegradabilitas.

### **3.4.6 Evaluasi**

Setelah proses pengujian selesai, diperoleh data, lalu dievaluasi dan dapat diperoleh kesimpulan





## BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Pengolahan Data

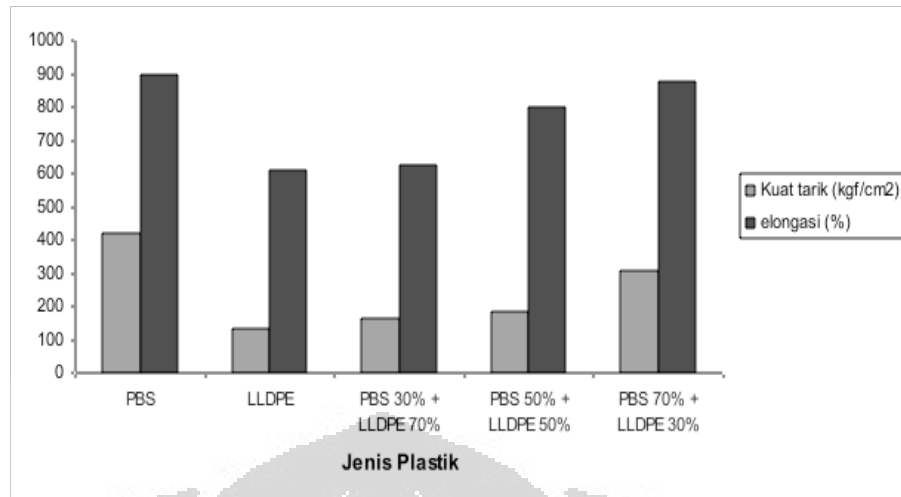
#### 4.1.1 Hasil uji kekuatan tarik dan elongasi

Tabel 4.1 Hasil uji kekuatan tarik dan Elongasi

Komposisi	Tensile Strength(kg/cm <sup>2</sup> )	Elongasi (%)
PBS 100%	423	900
PBS 70% + LLDPE 30%	308	876
PBS 50% + LLDPE 50%	184	798
PBS 30% + LLDPE 70%	164	624
LLDPE 100%	133	609

#### 4.1.2 Analisa hasil uji tarik dan elongasi

Berdasarkan komposisi, tensile strength tertinggi ada pada campuran PBS 100%. Tetapi dengan bertambahnya campuran LLDPE, tensile strength mengalami penurunan yang signifikan. Tensile strength terendah ada pada LLDPE murni. Ini dikarenakan PBS murni memiliki sifat mekanik yang lebih tinggi bila dibandingkan dengan LLDPE. Sedangkan berdasarkan hasil nilai elongasi juga sama dengan hasil tensile strength. Nilai elongasi tertinggi berada pada PBS murni dan terendah pada LLDPE murni. Penambahan LLDPE akan mengakibatkan penurunan sifat elongasi.



Gambar 4.1 Grafik Kekuatan tarik dan Elongasi

Berdasarkan gambar IV.4 nilai kuat tarik dan elongasi PBS murni lebih besar dibanding campuran PBS/LLDPE. Dengan bertambahnya jumlah LLDPE dalam komposisi campuran akan menurunkan nilai kuat tarik dan elongasi. Penurunan ini disebabkan karena nilai kuat tarik dan elongasi dari LLDPE yang lebih rendah dibandingkan dengan PBS sehingga pencampuran dari keduanya akan menghasilkan nilai kuat tarik dan elongasi di antara keduanya.

Berdasarkan grafik diatas dapat dilihat bahwa nilai kekuatan tariknya masih berada diantara LLDPE dan PBS murni akan tetapi lebih kecil dari nilai rata-rata yang semestinya didapat dari teori *Rule of Mixing (ROM)*, yaitu :

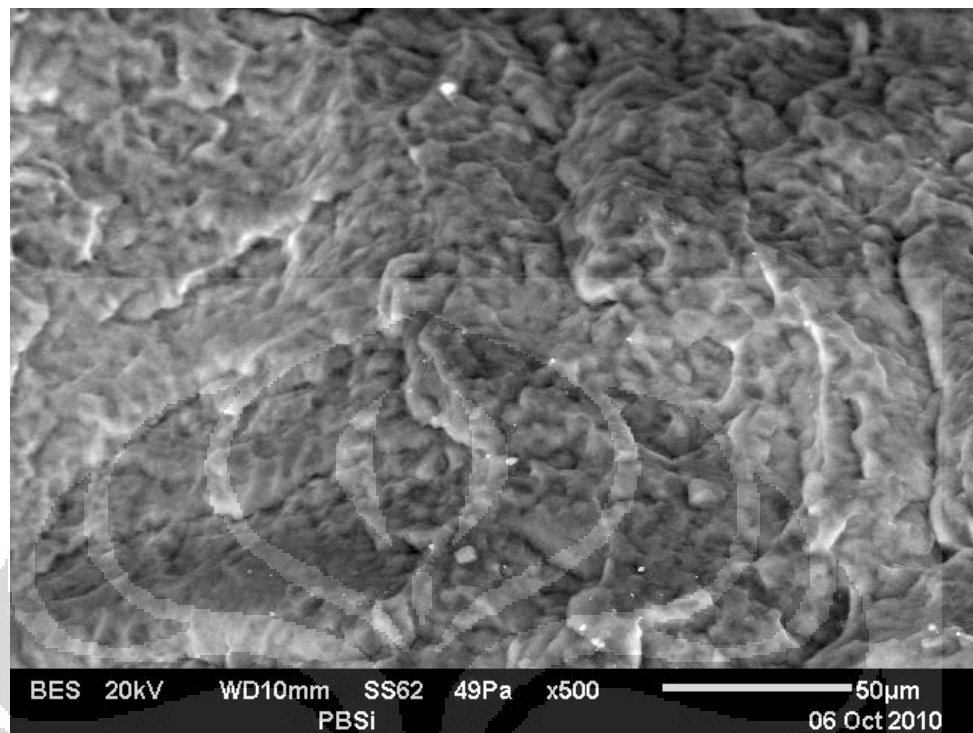
$$\text{PBS /LLDPE 70/30} = 0.7 \times 423 + 0.3 \times 133 = 336 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{PBS/LLDPE 50/50} = 0.5 \times 423 + 0.5 \times 133 = 278 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{PBS/LLDPE 30/70} = 0.3 \times 423 + 0.7 \times 133 = 220 \text{ kg/cm}^2$$

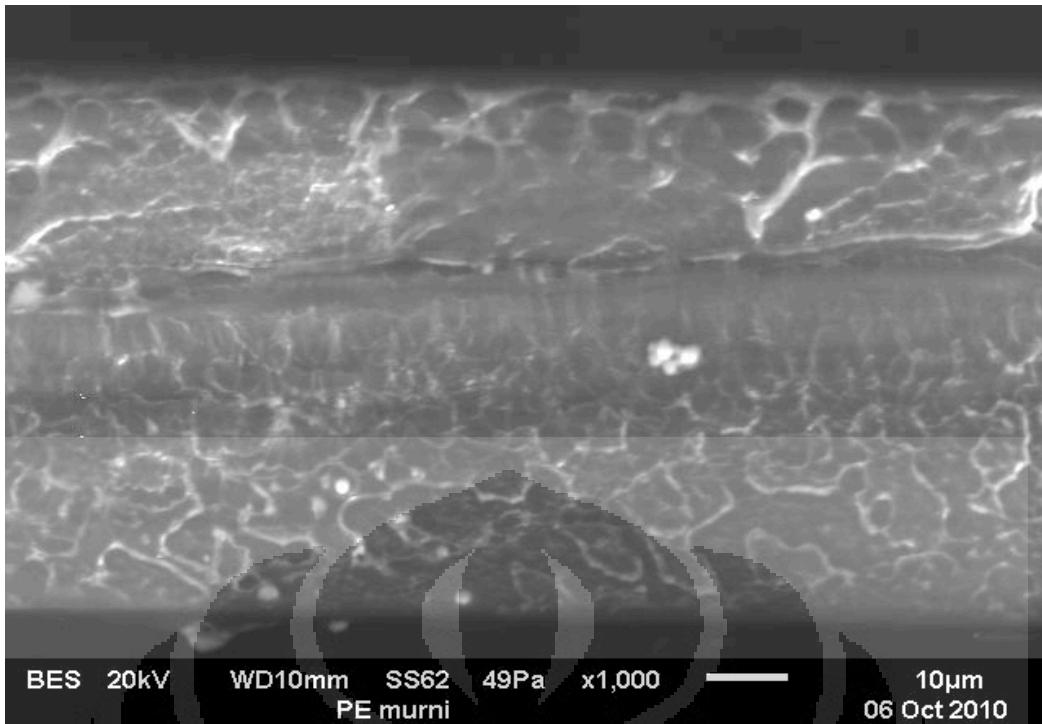
Perbedaan hasil kekuatan tarik berdasarkan aturan mixing ini dapat disebabkan oleh tidak adanya proses quenching setelah proses mixing. Fungsi dari quenching setelah lelehan polimer keluar yaitu untuk mempertahankan sifat dan morfologi. Efek dari tidak adanya quenching ini, maka pendinginan berlangsung lama dan akan membuat masing - masing komponen untuk memisahkan diri masing - masing dan akan cenderung mempertahankan sifat - sifatnya.

#### 4.1.3 Hasil uji SEM



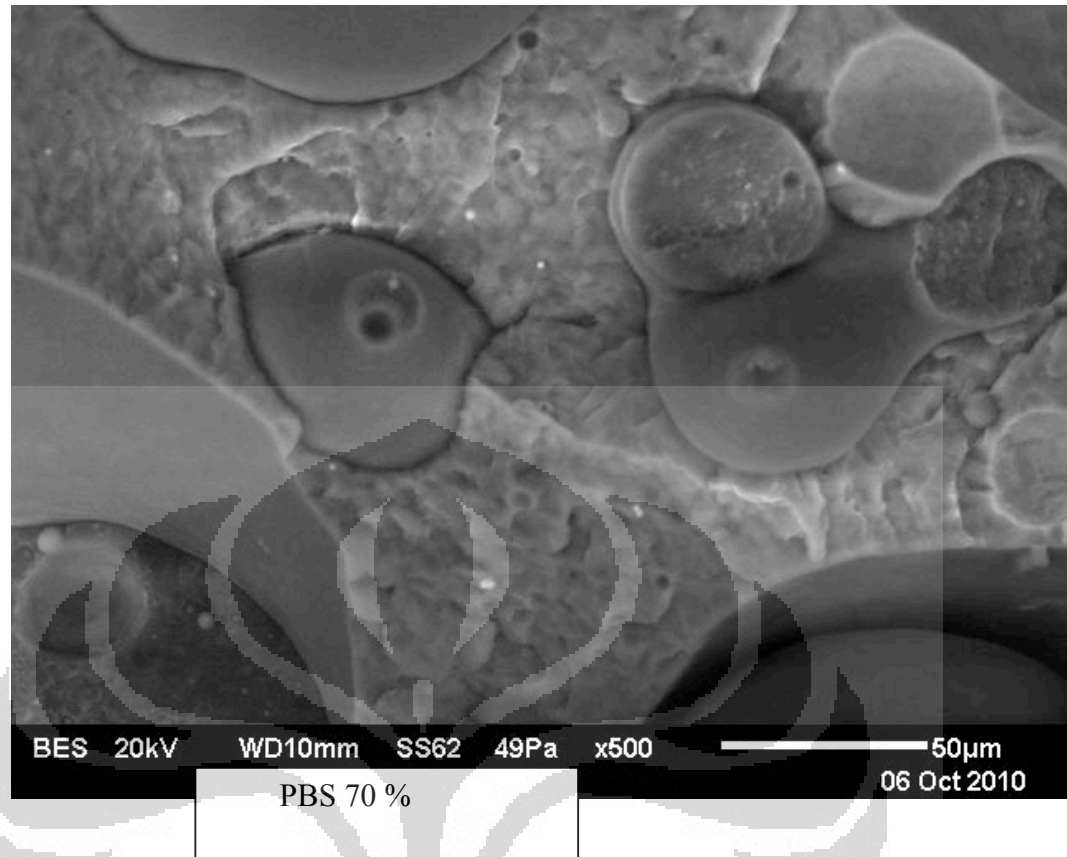
Gambar 4.2. Mikrostruktur patahan sampel PBS 100% perbesaran 500 X

Berdasarkan gambar SEM patahan sampel PBS 100 % dengan perbesaran 500 X, semua molekul - molekulnya terdispersi dan terdistribusi sempurna di setiap bagian. Dengan struktur mikrostruktur seperti ini PBS murni memiliki sifat mekanik yang tinggi seperti tensile strength dan elongasi.



Gambar 4.3. Mikrostruktur patahan sampel PE 100% perbesaran 1000 x

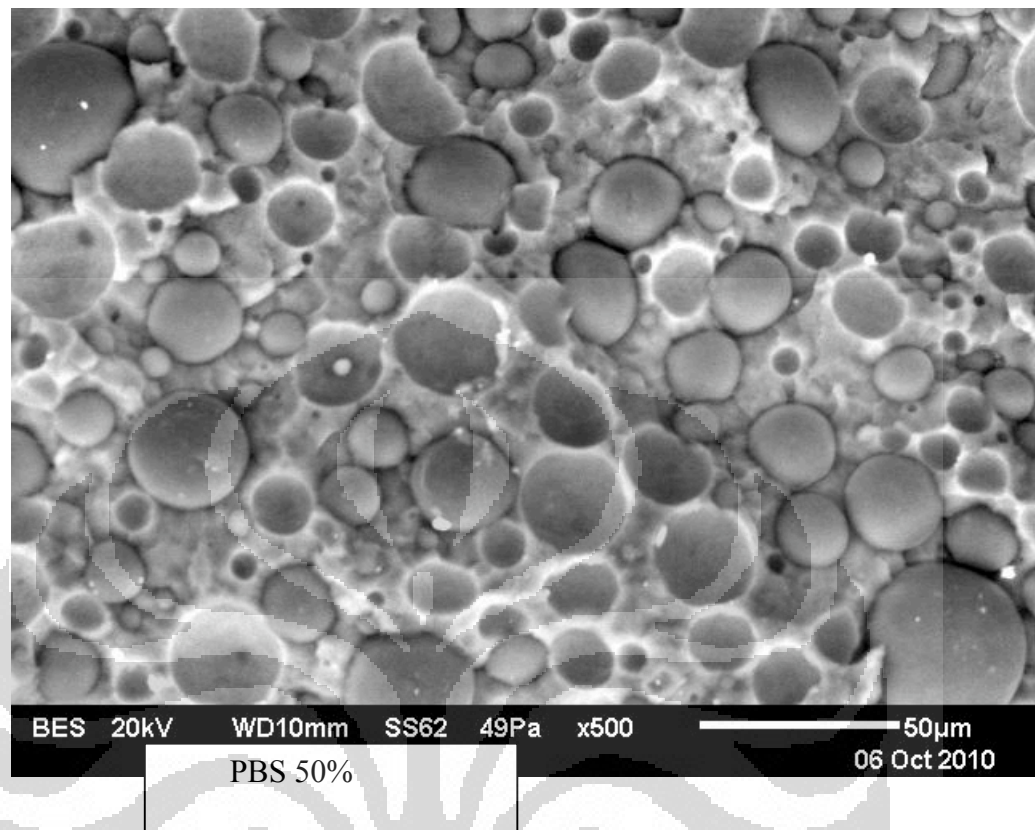
Berdasarkan gambar SEM patahan sampel LLDPE 100 % dengan perbesaran 1000 X, hampir semua molekul - molekulnya terdispersi dan terdistribusi sempurna disetiap bagiannya, tetapi mempunyai ikatan antar atom yang kurang kuat bila dibandingkan dengan PBS. Oleh karena itu memiliki sifat mekanik tidak se bagus PBS. Dengan struktur mikrostruktur seperti ini LLDPE murni memiliki sifat mekanik yang rendah seperti tensile strength dan elongasi.



Gambar 4.4. Mikrostruktur patahan sampel PBS 70% perbesaran 500 x

Pada dasarnya PBS dan LLDPE bersifat immiscible tetapi pada campuran PBS/LLDPE dengan komposisi LLDPE 30 % ini tidak diperlukan penambahan compatibilizer karena pencampurannya bersifat partially miscible yaitu apabila dicampur tetap akan menghasilkan dua fasa yang berbeda. Terbentuknya dua fasa tersebut menandakan bahwa energi bebas pencampurannya bernilai positif,  $\Delta G_{mix} > 0$  dan ini disebabkan oleh berat molekul PBS dan LLDPE yang cukup tinggi ( $M_w \text{ PBS} = 6,14 \times 10^4$  - dan  $M_w \text{ LLDPE} = 10^4 - 10^5$ )

Semakin tinggi berat molekul, maka rantai molekulnya akan semakin panjang dan tingkat ketidakteraturannya menjadi tinggi. Pada saat pencampuran, setiap segmen molekul akan mengatur diri. Oleh karena molekul setiap polimer berbeda-beda dan identik dengan karakteristik masing-masing, maka pada pencampuran polimer dengan berat molekul tinggi sangatlah sulit untuk mencapai keteraturan, sehingga perubahan entropi bernilai kecil.



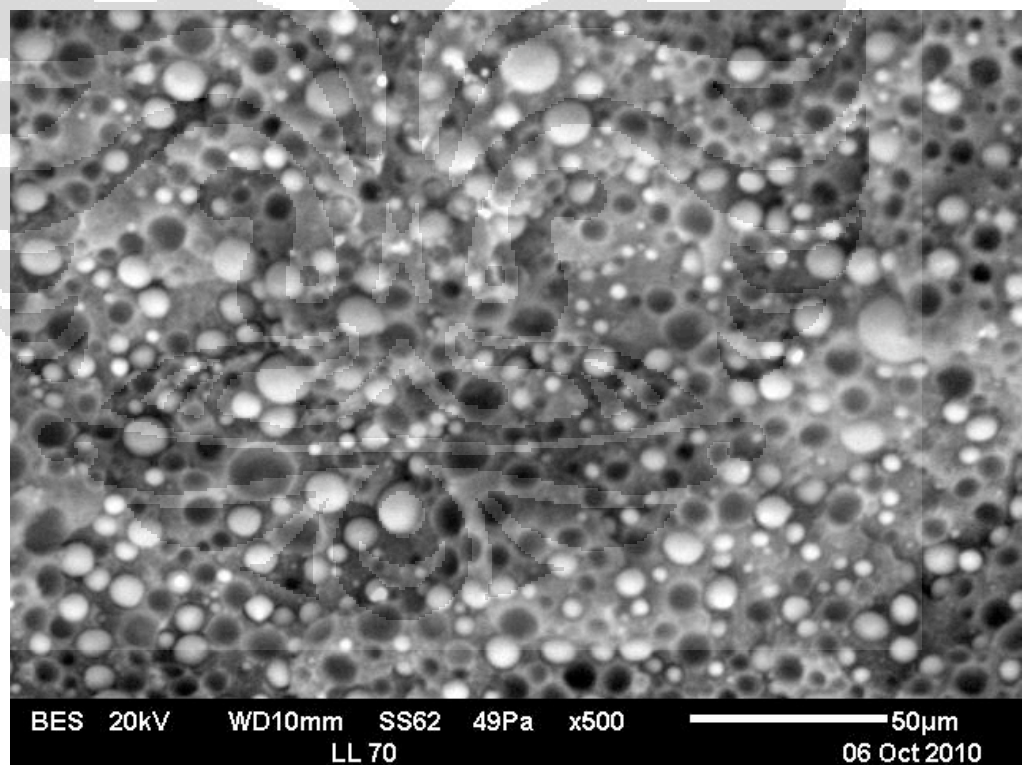
Gambar 4.5. Mikrostruktur patahan sampel PBS 50% perbesaran 500 x

Hasil SEM menunjukkan bahwa antara PBS dan LLDPE tidak bercampur atau tidak kompatibel. Secara kimia PBS yang berupa polimer poliester mempunyai muatan negatif yang dihasilkan dari gugus O pada strukturnya sedangkan LLDPE merupakan polimer alifatik yang hanya mempunyai C dan H dalam strukturnya, sehingga kedua polimer ini tidak bisa bereaksi secara kimia atau tidak menghasilkan struktur baru. Bertambahnya LLDPE dalam komposisi campuran dapat dilihat dengan banyaknya bentuk bulatan dalam data SEM.

Besarnya ukuran partikel yang terbentuk juga dipengaruhi oleh tegangan permukaan antara keduanya. Pada gambar diatas terlihat cukup banyak ruang kosong di sekeliling partikel LLDPE dan hal ini menandakan bahwa pada daerah tersebut tegangan permukaannya besar. Besarnya tegangan permukaan antar komponen disebabkan oleh tingginya tegangan permukaan dari PBS yang berat molekulnya lebih besar dari LLDPE. Dapat disimpulkan bahwa semakin besar

berat molekul maka tegangan permukaannya juga semakin besar. Berat molekul PBS lebih tinggi dari pada LLDPE, maka nilai permukaan matriks PBS akan lebih besar dari tegangan permukaan terdispersi, akibatnya tegangan permukaannya semakin besar. Jika dihubungkan dengan mekanisme pembasahan (wetting) maka semakin besar  $M_w$  maka matriks polimer tidak dapat membasahi partikel terdispersi sehingga masing-masing fasa akan berpisah untuk mempertahankan karakteristiknya atau dengan kata lain inkompatible.

Selain berat molekul, nilai tegangan permukaan juga disebabkan oleh besarnya ukuran partikel terdispersi yang terbentuk. Dapat disimpulkan bahwa semakin besar radius partikel terdispersi, maka tegangan permukaan antar komponen juga semakin besar.



Gambar 4.6. Mikrostruktur patahan sampel PBS 30% perbesaran 500 x

Berdasarkan hasil gambar diatas, terlihat bahwa terdapat dua fasa yang berbeda dimana fasa minor, yang berperan sebagai partikel terdispersi, berbentuk bola. Fasa minor tersebut adalah LLDPE yang terdispersi didalam matrik PBS yang merupakan fasa mayor. Partikel terdispersi tesebar cukup merata disetiap bagian, akan tetapi ukurannya tidak seragam. Terbentuknya dua fasa tersebut menandakan bahwa energi bebas pencampurannya bernilai positif,  $\Delta G_{mix} > 0$  dan disebabkan oleh berat molekul PE dan PBS yang cukup tinggi. Besarnya energi bebas pencampuran ditentukan oleh temperatur, perubahan entalpi dan entropi pencampuran. Pada polimer yang tidak mudah melarut, besarnya perubahan entalpi pada pencampuran adalah positif,  $\Delta H_{mix} > 0$ . Oleh karena berat molekul PBS dan LLDPE cukup tinggi, maka entropi  $\Delta S_{mix}$  menjadi bernilai kecil dan akibatnya  $\Delta G_{mix} > 0$ .

Pada gambar SEM diatas terlihat bahwa, ukuran terdispersinya rata - rata memiliki diameter lebih kecil dari 50  $\mu m$ . Semakin tinggi konsentrasi LLDPE, maka ukuran partikel yang terbentuk juga akan semakin besar. Oleh karena itu, permukaan kontak dengan fasa matriks PBS akan semakin kecil interfacenya menjadi semakin tajam dan sempit. Disamping itu partikel terdispersi akan memberikan penguatan sampai pada diameter maksimum 50  $\mu m$ . Jika ukurannya melebihi batas tersebut maka partikel terdispersi malah akan menyebabkan penurunan performa mekanik material.

Dari keempat gambar SEM tersebut, dapat disimpulkan bahwa rendahnya nilai elongasi disebabkan kecilnya gaya tarik menarik antar PBS dan LLDPE karena setelah diteliti ternyata PBS dan LLDPE bersifat immisible dan juga inkompatible, dengan pengecualian pada komposisi LLDPE 30% campuran bersifat partially miscible.



#### 4.1.5 Hasil uji biodegradabilitas

Tabel IV.2 Data Berat Plastik blend LLDPE/PBS

No	Jenis Plastik	Hari ke -			
		0	30	60	90
1	PBS murni	1,0143	1,0138	1,0127	1,0059
2	LLDPE murni	1,3807	1,3806	1,3805	1,3803
3	PBS 30% + LLDPE 70%	1,9679	1,9677	1,9673	1,9653
4	PBS 50% + LLDPE 50%	2,1706	2,1704	2,1698	2,1653
5	PBS 70% + LLDPE 30%	2,2098	2,2095	2,2086	2,2022

Tabel IV.3. Data Perubahan Berat Plastik blend LLDPE/PBS

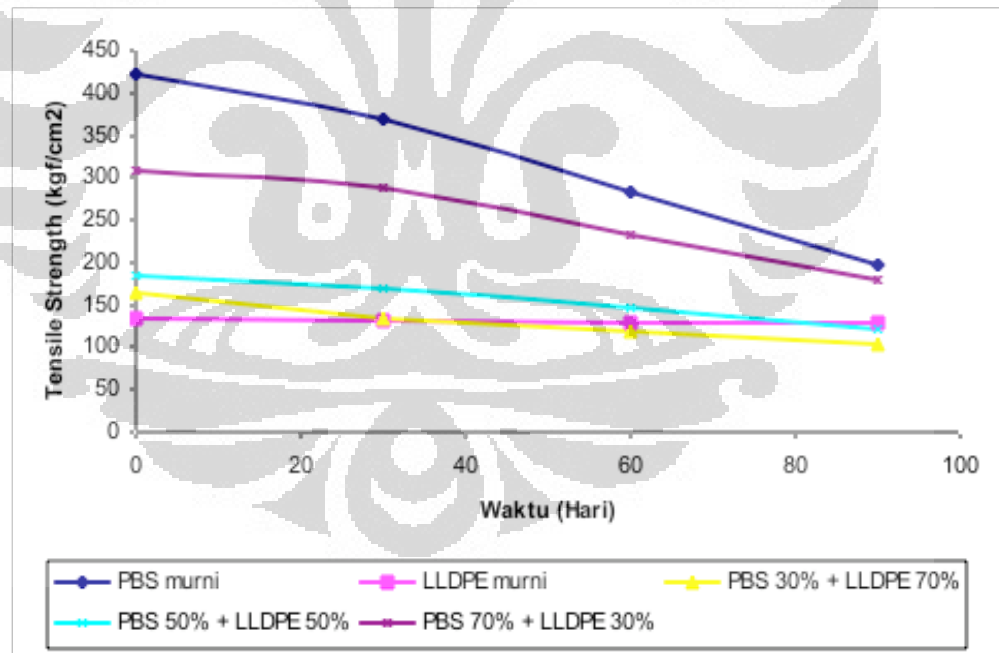
No	Jenis Plastik	Hari ke -			
		0	30	60	90
1	PBS murni	0	0,0005	0,0011	0,0068
2	LLDPE murni	0	0,0001	0,0001	0,0002
3	PBS 30% + LLDPE 70%	0	0,0002	0,0004	0,002
4	PBS 50% + LLDPE 50%	0	0,0002	0,0006	0,0045
5	PBS 70% + LLDPE 30%	0	0,0003	0,0009	0,0064

Tabel IV.4. Data Tensile Strength Plastik blend LLDPE/PBS

No	Jenis Plastik	Hari ke -			
		0	30	60	90
1	PBS murni	423	369	284	198
2	LLDPE murni	133	131	128	130
3	PBS 30% + LLDPE 70%	164	135	120	104
4	PBS 50% + LLDPE 50%	184	169	146	121
5	PBS 70% + LLDPE 30%	308	289	232	179

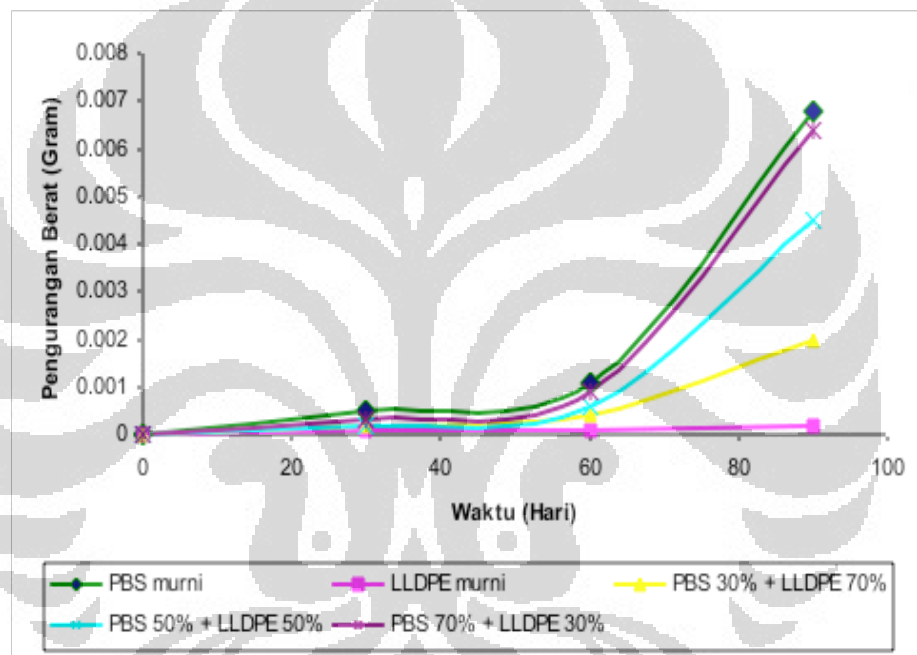
#### 4.1.6 Analisa Uji Biodegradabilitas

Uji biodegradabilitas dilakukan dengan metoda pemendaman langsung di tanah dengan evaluasi perubahan berat dan kekuatan fisik dari sample.



Gambar 4.7. Grafik perubahan nilai tensile strength uji biodegradabilitas metode soil burial

Pada gambar menunjukkan nilai tensile strength pada uji biodegradabilitas metode soil burial yang dilakukan pada sample dengan variasi yang ada. LLDPE tidak menunjukkan penurunan nilai tensile strength setelah dilakukan pemendaman sampai hari ke-90 atau selama 3 bulan, sedangkan PBS menunjukkan penurunan yang berarti. Hal ini menunjukkan bahwa PBS dapat terdegradasi dalam tanah sedangkan LLDPE tidak. Untuk campuran, semakin banyak PBS dalam komposisi akan menunjukkan sifat biodegradabilitas yang relatif lebih tinggi dibanding dengan jumlah PBS yang kecil dalam komposisinya.



Gambar 4.8. Grafik pengurangan berat uji biodegradabilitas plastik PBS/LLDPE

Berdasarkan grafik penurunan berat yang dapat dilihat pada gambar IV.6, penurunan berat yang signifikan terjadi pada PBS murni dan plastik blend PBS/LLDPE. Pada komposisi PBS 50% dan LLDPE 50% telah dihasilkan penurunan berat yang signifikan pada hari ke-90.

## **BAB V**

### **KESIMPULAN**

#### **V.1. KESIMPULAN :**

1. Polyblend Polibutilen Suksinat (PBS) dengan Poliolefin (PE) dengan berbagai komposisi yang diuji coba, dapat dibentuk dan digunakan untuk kemasan makanan.
2. Polyblend dengan campuran PBS/LLDPE :70/30 merupakan hasil yang optimum untuk dijadikan kemasan makanan yang mempunyai sifat mekanik dan biodegradasi yang bagus bila dilihat dari hasil uji SEM, uji tensile strength, dan biodegradabilitasnya.
3. Terjadi biodegradasi pada masa uji biodegradasi pada pemendaman selama 8 minggu, bila dilihat dari penurunan berat dan tensile strength. Hal ini menandakan bahwa polyblend bersifat biodegradable walaupun hanya PBS nya saja yang terbiodegradasi, sedangkan PE tidak.
4. Penambahan 30% LLDPE meningkatkan nilai tensile strength. Namun, penambahan 70% LLDPE malah akan menurunkan tensile strength.
5. Semua Campuran PBS dan LLDPE bersifat immisible dan juga inkompatible, dengan pengecualian pada komposisi LLDPE 30% campuran bersifat partially miscible.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Harper, Charles A. 2002. *Hand Book of Plastics, Elastomer, & Composites Fourth Edition*. McGraw-Hill Companies, Inc : New York, USA.
- [2] Gotsis, Alexander D. 2000. *Polymer Blends Topics on the Basics & Manufacturing*. Delf University of Technology
- [3] Callister, William D. *Materials Science and Engineering*. 1996. John Wiley & Sons, Inc.
- [4] Rudin, Alfred. 1999. *The Elements of Polymer Science and Engineering*. Academic Press. San Diego. USA.
- [5] Utracki, L. A. 1989. *Polymer Alloys and Blends : thermodynamycs and Rheology*, Hanser : Nordlingen, Germany.
- [6] Rollf Joachim Muller, *Biodegradability of Polymers : Regulations and Methods for Testing*, Gesellschaft fur Biotechnologische Forschung mbH, Braunschweig, Germany., p. 374.
- [7] Rollf Joachim Muller, *Biodegradability of Polymers : Regulations and Methods for Testing*, Gesellschaft fur Biotechnologische Forschung mbH, Braunschweig, Germany. p.368.
- [8] ENVIS, *Indian Centre For Plastics In The Enviroment*, Volume 1, Issue 4, August 2003, India.
- [9] Joseph C.Salamone, "Polymeric Materials Encyclopedia", Volume 1, CRC Press, New York, 1996.
- [10] Sudirman, Aloma K.K., Deswita, Grace Tj. S., Teguh Yulius SPP and Bambang S., *Nanocomposite Polymer As Master Batch For Biodegradable Polymer*, International Conference on Advanced and Sustainable Polymer, Bandung, August 4-5, 2008
- [11] Sudirman, Aloma Karo-karo, Gace Tj.Tulungbudi, Wiwik Pudjiastuti dan Isni Marlijanti, *Analysis of Physical and Mechanical Properties of Calcium Carbonate Thermoplastic Composite*, Proceeding Establishing a Research Network on Natural Polymer to Support the Development of Sustainable Industry in Indonesia, AIRD-MOIT, Jakarta, 2008.
- [12] Taufan Hidayat, Dhiah Nuraini, Sinta Rismayani, Wiwik Pudjiastuti dan Isananto Winursito, *Status of AIRD's R&D on Natural Polymer*, Proceeding Establishing a Research Network on Natural Polymer to Support the Development of Sustainable Industry in Indonesia, AIRD-MOIT, Jakarta 2008.
- [13] Fujimaki, Takashi. *Polymer Degradation and Stability*, 59, (1998) 209-214.
- [14] Laporan ristek BBKK, Wiwik pudjiastuti, 2010. pekayon, jakarta.